

ISSN 2072-8212

*Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии*

*Russian Federal Research Institute  
of Fisheries and Oceanography*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ  
РЕСУРСОВ КАМЧАТКИ  
И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ  
ТИХОГО ОКЕАНА**

**Научный рецензируемый журнал**

**Выпуск 55  
2019**

**THE RESEARCHES OF THE AQUATIC  
BIOLOGICAL RESOURCES  
OF KAMCHATKA  
AND THE NORTH-WEST PART  
OF THE PACIFIC OCEAN**

**Scientific peer-reviewed journal**

**Vol. 55  
2019**



**Главный редактор:** д.б.н. Ю.П. Дьяков, главный научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)  
**Зам. редактора:** д.б.н. В.В. Максименков, ведущий научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)  
**Ответственный секретарь:** М.В. Варкентин, зав. издательством Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)

**Редакционная коллегия:**

д.б.н. Н.В. Кловач, зав. лабораторией ВНИРО (Москва, Россия),  
д.б.н. В.Ф. Бугаев, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. А.М. Токранов, директор КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. В.И. Карпенко, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. Н.Г. Клочкова, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. А.М. Бурдин, старший научный сотрудник КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. П.А. Балыкин, главный научный сотрудник ЮНЦ РАН (Ростов-на-Дону, Россия),  
д.б.н. А.М. Каев, главный научный сотрудник Сахалинского филиала ВНИРО («СахНИРО») (Южно-Сахалинск, Россия),  
д.б.н. А.В. Бугаев, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.б.н. Т.А. Клочкова, доцент кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
д.т.н. О.М. Лапшин, ООО «АКВАРОС» (Москва, Россия),  
к.б.н. Е.А. Шевляков, зав. отделом Тихоокеанского филиала ВНИРО («ТИНРО») (Владивосток, Россия),  
к.б.н. С.Л. Рудакова, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.т.н. М.Н. Коваленко, советник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.б.н. Н.Ю. Шпигальская, руководитель Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.б.н. М.В. Коваль, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.б.н. Е.В. Лепская, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.б.н. А.И. Варкентин, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.б.н. С.И. Корнев, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),  
к.физ.-мат.н. И.М. Белкин, Университет Род-Айленда (США).

УДК 639.2.053.7(268.4)

**Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана.** Научный рецензируемый журнал. Вып. 55. 2019. 200 с.

Объектами исследований являются морские анадромные и пресноводные рыбы, промысловые беспозвоночные, морские млекопитающие, а также условия обитания видов. Рассматриваются проблемы структуры сообществ, дифференциации популяций, ихтиологии, экологии, трофологии, физиологии, гидробиологии, паразитологии, гидрологии и гидрохимии, рыбного хозяйства и экономики. Включенные в журнал работы будут интересны ихтиологам, гидробиологам, экологам, паразитологам, студентам биологических факультетов вузов, работникам рыбохозяйственных организаций, а также всем, кто связан с освоением, охраной и воспроизводством биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана.

**The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean.** Scientific peer-reviewed journal. Vol. 55. 2019. 200 p.

The objects of the researches made include marine, anadromous and freshwater fish species, commercial invertebrates, marine mammals and the habitats. The issues analyzed concern the structure of the communities, the differentiation of the populations, fish biology, ecology, trophology, physiology, hydrobiology, parasitology, hydrology and hydrochemistry fisheries and economics have analyzed. The articles selected in this collection are expected to be interesting for a wide circle of fish biologists, hydrobiologists, ecologists, students of high school and many other people working in the fishery institutions, i.e. to everyone whose activity might be connected to the exploration, protection and sustainable management of the aquatic biological resources in the north-west part of the Pacific Ocean.

© КамчатНИРО, 2019



## СОДЕРЖАНИЕ

Вып. 55, 2019

### Оригинальные научные статьи

- Варкентин А.И., Овчеренко Р.Т., Калугин А.А.** О некоторых результатах донных траловых съемок в тихоокеанских водах Камчатки в 1999, 2002, 2016–2018 гг. .... 5
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А., Василец П.М.** Сравнительный анализ видового состава уловов на различных видах промысла у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг. .... 44
- Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н.** Основные закономерности формирования пространственной структуры промысловых скоплений корюшки азиатской зубастой *Osmerus mordax* Западной Камчатки в весенне-летний период ..... 59
- Ильин О.И., Михайлова О.Г.** К оценке и прогнозу состояния запаса северной креветки *Pandalus eous* Makarov, 1935 у Юго-Западной Камчатки ..... 72
- Шагинян Э.Р.** Промысел синего краба в Западно-Камчатской подзоне Охотского моря в 2013–2018 гг. .... 92
- Сергеева Н.П.** Закономерности полового созревания тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Val.) на примере корфо-карагинской популяции ..... 107
- Саушкина Д.Я.** Ихтиопланктон Авачинской губы в 2014–2017 гг. .... 126
- Грунин С.И., Шестаков А.В.** Биология обыкновенной щуки *Esox lucius* L. озера Таловского (Северо-Западная Камчатка) ..... 138
- Горин С.Л., Коваль М.В.** Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова и в прилегающих водах Охотского моря в летний период ..... 146
- Ким Сен Ток.** Многолетняя динамика запасов рыб в тихоокеанских водах Северных Курильских островов по данным 1987–2015 гг. .... 174
- ### Краткие сообщения
- Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А., Слободскова В.В.** Рафидофитовая водоросль *Heterosigma akashiwo* в условиях загрязнения медью: динамика численности популяции, содержание фотосинтетических пигментов и степень изменения ДНК ..... 188

## CONTENTS

Vol. 55, 2019

### Full Articles

- Alexander A. Varkentin, Rinata T. Ovcherenko, Alexey A. Kalugin.** About some results of bottom trawl surveys in the pacific waters of Kamchatka in 1999, 2002, 2016–2018 ..... 5
- Andrey A. Matveev, Dmitry A. Terentyev, Petr M. Vasilets.** Comparative analysis for species composition of the catches from different fishing gears near the west coast of Kamchatka in 2003–2017 ..... 44
- Alexander V. Bugaev, Yury N. Amelchenko.** General patterns in forming the spatial structure of commercial spring/summer aggregations of Asian toothed smelt *Osmerus mordax* on Western Kamchatka ..... 59
- Oleg I. Ilyin, Oxana G. Mikhaylova.** On stock assessment and forecasting the stock abundance of North shrimp *Pandalus eous* Makarov, 1935 near South-Eastern Kamchatka ..... 72
- Eduard R. Shaginyan.** Fishery of blue king crab in the West-Kamchatka subzone of the Sea of Okhotsk in 2013–2018 ..... 92
- Nadezhda P. Sergeeva.** Maturation patterns of pacific herring *Clupea pallasii* (Val.) in case of the Corf-Karagin population ..... 107
- Daria Ya. Saushkina.** The ichthyoplankton of Avachinskaya Bay in 2014–2017 ..... 126
- Sergei I. Grunin, Alexander V. Shestakov.** Biology of Northern pike *Esox lucius* L. of Talovskoye Lake (North-Western Kamchatka) ..... 138
- Sergey L. Gorin, Maxim V. Koval.** Summer hydrological processes in the estuaries of the rivers Icha and Krutogorova and adjacent waters of the Sea of Okhotsk ..... 146
- Kim Sen Tok.** A long-term dynamics of fish resources in the Pacific Ocean waters off the Northern Kuril Islands for the period 1987–2015 ..... 174
- ### Short communications articles
- Zhanna V. Markina, Nina A. Aizdaicher, Valentina V. Slobodskova.** The raphidophyte microalgae *Heterosigma akashiwo* in terms of copper pollution: the dynamics of the number of cells, the content of the photosynthetic pigments and the level of the DNA damage ..... 188

УДК 639.2.053

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.5-43

## О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ДОННЫХ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ КАМЧАТКИ В 1999, 2002, 2016–2018 ГГ.

А.И. Варкентин, Р.Т. Овчеренко, А.А. Калугин



Зам. руководителя, канд. биол. наук; мл. н. с.; мл. н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел.: 8 (4152) 41-24-44  
E-mail: varkentin.a.i@kamniro.ru, madimarova.r.m@kamniro.ru, kalugin.a.a@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ВОДЫ КАМЧАТКИ, ПЕТРОПАВЛОВСКО-КОМАНДОРСКАЯ ПОДЗОНА, ДОННАЯ ТРАЛОВАЯ СЪЕМКА, СТАНДАРТНЫЙ ПОЛИГОН, ВИДОВОЙ СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ, БИОМАССА, ЧИСЛЕННОСТЬ, РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ, ИНДЕКС ЗАПАСА, МИНТАЙ, ТРЕСКА, КАМБАЛЫ, БЕЛОКОРЫЙ ПАЛТУС, СЕВЕРНЫЙ ОДНОПЕРЫЙ ТЕРПУГ, БЫЧКИ, СКАТЫ

На основе результатов донных траловых съёмок, выполненных на шельфе Петропавловско-Командорской подзоны в 1999, 2002, 2016–2018 гг., выделено три стандартных по площади полигона: в Кроноцком заливе, северной части Авачинского залива и у юго-востока Камчатки. Приведены данные о видовом составе уловов морских рыб на всей обследованной акватории, средней плотности на скоплениях, распределении, биомассе и численности основных промысловых видов и групп видов рыб на стандартных полигонах по годам наблюдений. Для минтая и северной двухлинейной камбалы приведены размерно-возрастные составы, оценки численности этих рыб по возрастным группам на стандартных полигонах. Полученные результаты планируется использовать в качестве индексов для настройки в модельных расчетах.

## ABOUT SOME RESULTS OF BOTTOM TRAWL SURVEYS IN THE PACIFIC WATERS OF KAMCHATKA IN 1999, 2002, 2016–2018

Alexander A. Varkentin, Rinata T. Ovcherenko, Alexey A. Kalugin

Deputy Director, Ph. D. (Biology); Researcher; Researcher; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO") 683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18. Tel.: +7 (4152) 42-19-35  
E-mail: varkentin.a.i@kamniro.ru, madimarova.r.m@kamniro.ru, kalugin.a.a@kamniro.ru

PACIFIC WATERS OF KAMCHATKA, PETROPAVLOVSK-COMMANDER SUBZONE, BOTTOM TRAWL SURVEY, STANDARD GROUND, SPECIES COMPOSITION, DISTRIBUTION, AVERAGE DENSITY, BIOMASS, NUMBER, SIZE-AGE COMPOSITION, STOCK INDEX, ALASKA POLLOCK, PACIFIC COD, FLOUNDERS, PACIFIC HALIBUT, ATKA MACKEREL, SCULPINS, SKATES

Based on results of the bottom trawl surveys on the shelf of the Petropavlovsk-Commander subzone in 1999, 2002, 2016–2018, three standard grounds of similar square were outlined: in Kronotsky Bay, in the northern part of Avachinsky Gulf and near Southeast Kamchatka. Data about species composition of marine fish in the catches in the whole area of the research, about average density of aggregations, distribution, stock abundance and biomass of major commercial fish species on the standard grounds are demonstrated by years of the research. Length-age composition and number by age groups is demonstrated for Alaska pollock and Northern rock sole. Using the results is planned as indexes in adjusting model calculations.

Шельф, примыкающий к тихоокеанскому побережью Камчатки, в пределах Петропавловско-Командорской подзоны (61.02.2) является районом обитания многих ценных промысловых гидробионтов и одним из значимых районов развитого рыболовства, особенно прибрежного, маломерными, малыми и средними судами, что связано, главным образом, с близостью порта Петропавловска-Камчатского к основным районам лова и, соответственно, возможностью ведения промысла практически круглогодично, хоро-

шо развитой береговой переработкой рыбного сырья. Достаточно сказать, что в 2017 г. в этом районе было добыто 133,1 тыс. т всех видов водных биологических ресурсов, в т. ч. в режиме прибрежного рыболовства — 85,5 тыс. т (64,2% общего вылова). По последнему показателю подзона 61.02.2 занимает первое место среди всех рыбопромысловых районов Дальнего Востока. Основным орудием лова прибрежного рыболовства в тихоокеанских водах Камчатки является снюрревод (81,6% всего вылова), а главными объ-

ектами лова — минтай (76,5%), камбалы дальневосточные (12,4%), треска (9,7%). В качестве прилова добывают бычков, скатов, белокорого палтуса. В подзоне ведется также специализированный донный траловый промысел северного одноперого терпуга, ярусный лов трески.

По всем основным промысловым объектам Петропавловско-Командорской подзоны (минтай, камбалы, треска, северный одноперый терпуг) уже несколько лет оценка текущего и перспективного состояния запасов и обоснование общего допустимого улова (ОДУ) выполняются с помощью когортной модели «Синтез» (Ильин и др., 2014), по белокорому палтусу — производственной модели Пелла–Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969), реализованной в программном комплексе «Combi 4.0» (Бабаян и др., 2017). Для настройки когортной модели, как правило, используются результаты учетных съемок, в т. ч. и донных траловых, а по бычкам и скатам результаты этих работ фактически являются единственным источником информации о состоянии их ресурсов.

В отличие от Охотского моря, донные траловые съемки в тихоокеанских водах Камчатки проводятся крайне нерегулярно. Некоторые результаты о встречаемости, величине обилия, численности и биомассе представителей донных ихтиоценов в 1977–2008 г. в статистических районах 1 (Камчатский залив), 2 (Кроноцкий залив), 3 (Авачинский залив), 4 (юго-восток Камчатки), 5 (Камчатская впадина) можно почерпнуть в работе В.П. Шунтова с соавторами (2014). В таблице 1 указанной работы нет информации о том, в каких районах выполняли исследования суда в те или иные годы. Известно, что наиболее полная съемка на шельфе Петропавловско-Командорской подзоны (от м. Лопатка до Камчатского залива включительно) была проведена в 2002 г. на РКМРТ «Фортуна», но, судя по данным, приведенным в указанной таблице, эта съемка для расчетов не использована. Во время съемки в 1984 г. на БМРТ «Мыс Тихий» (указана в таблице) не был обследован Авачинский залив в связи с тем, что доступ в акваторию был закрыт военными, а в 1999 г. на СРТМ «Шурша» (в таблице не указана) не полностью была обследована акватория, прилегающая к юго-востоку Камчатки.

Результаты исследований, выполненных в 1984, 1999, 2002 гг. относительно морских рыб, в той или иной степени нашли свое отражение и в

ряде других публикаций (Коростелев, 2000; Коростелев, Василец, 2004; Золотов, Захаров, 2008; Золотов и др., 2012; Золотов, Дубинина, 2013).

В 1999–2000 гг. у северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в диапазоне глубин 100–850 м в рамках совместной научной программы «СахНИРО», «КамчатНИРО», «ТИНРО-Центра» и ФГБНУ «ВНИРО» на японских траулерах было выполнено 17 учетных донных траловых съемок. Однако охватывали они только самый южный участок подзоны 61.02.2 (до 52°10' с. ш.), поэтому для целей наших исследований непригодны.

Следует отметить, что после съемки 2002 г. учетные работы на шельфе в тихоокеанских водах Камчатки долгое время вообще не проводились. В 2009–2014 гг. силами «КамчатНИРО» здесь выполнялись снюрреводные съемки по примеру тех, что практически ежегодно проводились в 1960–1970-е годы на судах типа МРС (Коростелев, 2000). Некоторые методические аспекты и результаты этих исследований обобщены в ряде статей (Терентьев, Чернова, 2010; Терентьев, 2011; Терентьев, Малых, 2012; Золотов и др., 2012). Из-за сложности определения площади облова учетного снюрревода, а самое главное, неопределенности в коэффициентах его уловистости, несмотря на то, что исследования в этом направлении в институте проводились (Кондрашенков, 2008, 2009), результаты снюрреводных съемок практического применения не получили, исследования в этом направлении были свернуты.

В 2016–2018 гг. «КамчатНИРО» возобновил учетные работы донным тралом на шельфе Петропавловско-Командорской подзоны силами собственных научно-исследовательских судов (НИС). Для этих целей были разработаны специальные учетные тралы, пригодные для использования на судах типа МРТК, отработана схема бесконтактной передачи трала с уловом с одного судна на другое.

Малая автономность судов «КамчатНИРО», не позволяющая обследовать Камчатский залив, «сложные» грунты и резкий свал глубин, препятствующие выполнению обловов у мысов, наличие запретных для проведения учетных тралений районов, регламентированных руководством «Режим плавания судов в водах, омывающих тихоокеанское побережье России» (Гидрографическая служба Тихоокеанского флота № 4440, 2010 г.), особенно в Авачинском заливе, практически недоступ-

ные для исследований прибрежные акватории северной части Кроноцкого залива и юго-востока полуострова, в связи с наличием здесь Кроноцкого заповедника и природного парка «Южно-Камчатский», соответственно, частое закрытие значительных по площади районов из-за военных учений, — не позволяют охватить исследованиями весь шельф Петропавловско-Командорской подзоны, не говоря уже о материковом склоне. В этой связи очевидно, что получаемые оценки запасов морских рыб заведомо занижены.

Дополнительную неопределенность в оценки обилия рыб вносят широко используемые в практике интерпретации результатов донных траловых съемок коэффициенты уловистости (КУ) по видам гидробионтов (Борец, 1985; Шунтов и др., 2005; Шунтов и др., 2014). Для некоторых из них применяются дифференцированные по размерам КУ: мелкие, или «личинки» — 0,01; средние, или «молодь» — 0,05–0,2; крупные, или «взрослые» — 0,1–0,5. Как указывает в своей работе Ю.В. Кадильников (1987), «современный уровень знаний со 100%-й уверенностью позволяет утверждать только то, что величина коэффициента уловистости всегда больше нуля и меньше единицы. Первый предел обусловлен тем, что животные с нулевым коэффициентом уловистости никогда бы не встречались в уловах. Второй следует из того, что уловистость, равная единице, может быть только у идеального орудия лова, зона действия которого стремится к бесконечности, а коэффициент вариации вылова за единицу промыслового усилия — к нулю».

Не ставя перед собой цель получить абсолютные величины запасов морских рыб, а лишь индексы обилия (по численности и биомассе) на стандартных полигонах, обследование которых выполняется ежегодно и которые, в той или иной степени, характеризуют общее состояние запасов эксплуатируемых популяций, в настоящей работе КУ для морских рыб не применяли.

Ранее А.О. Золотов (2009) стандартизировал результаты донных траловых съемок по полигону и времени в Карагинской подзоне, а А.О. Золотов с соавторами (2013) — у Западной Камчатки. Эти данные могут напрямую использоваться в качестве индексов состояния запасов, а при наличии сведений о возрастной структуре гидробионтов в уловах учетным тралом — в виде индекса численности (биомассы) по возрастным группам для на-

стройки модели при оценивании величины запасов рыб.

Таким образом, цель настоящей работы — получить индексы обилия основных морских промысловых видов или групп видов рыб на стандартных полигонах, выделенных на шельфе Петропавловско-Командорской подзоны по результатам донных траловых съемок «КамчатНИРО» в 1999, 2002, 2016–2018 гг., для последующего использования их в настройке модели для оценки запасов.

В этой связи для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- в пределах обследованной акватории выделить стандартные (по площади) полигоны, по которым в дальнейшем будут рассчитаны индексы обилия основных промысловых видов или групп видов рыб;
- исследовать видовой состав уловов морских рыб в районах исследований;
- изучить распределение основных промысловых видов или групп видов рыб и оценить плотность их скоплений на полигонах;
- получить оценки численности и биомассы основных промысловых видов или групп видов рыб, исследовать тенденции в их межгодовой динамике;
- для каждого промыслового объекта выделить реперные полигоны;
- оценить численность некоторых наиболее массовых видов морских рыб по возрастным группам на реперных полигонах для использования этих данных в качестве индекса, характеризующего мощность годовых классов для настройки в модельных расчетах;
- сделать предложения по усовершенствованию методики проведения донных траловых съемок в тихоокеанских водах Камчатки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положены результаты донных траловых съемок, выполненных специалистами ФГБНУ «КамчатНИРО» на шельфе в тихоокеанских водах Камчатки в 1999, 2002, 2016–2018 гг. Схема района работ, сведения о сроках исследований, количестве контрольных тралений и исполнителях работ приведены на рис. 1 и в таблице 1.

В 1999 и 2002 гг. съемки проводились на судах, обладающих значительной автономностью плавания, поэтому исследования были выполнены в т. ч. и в Камчатском заливе (рис. 2). В 2016–2018 гг.



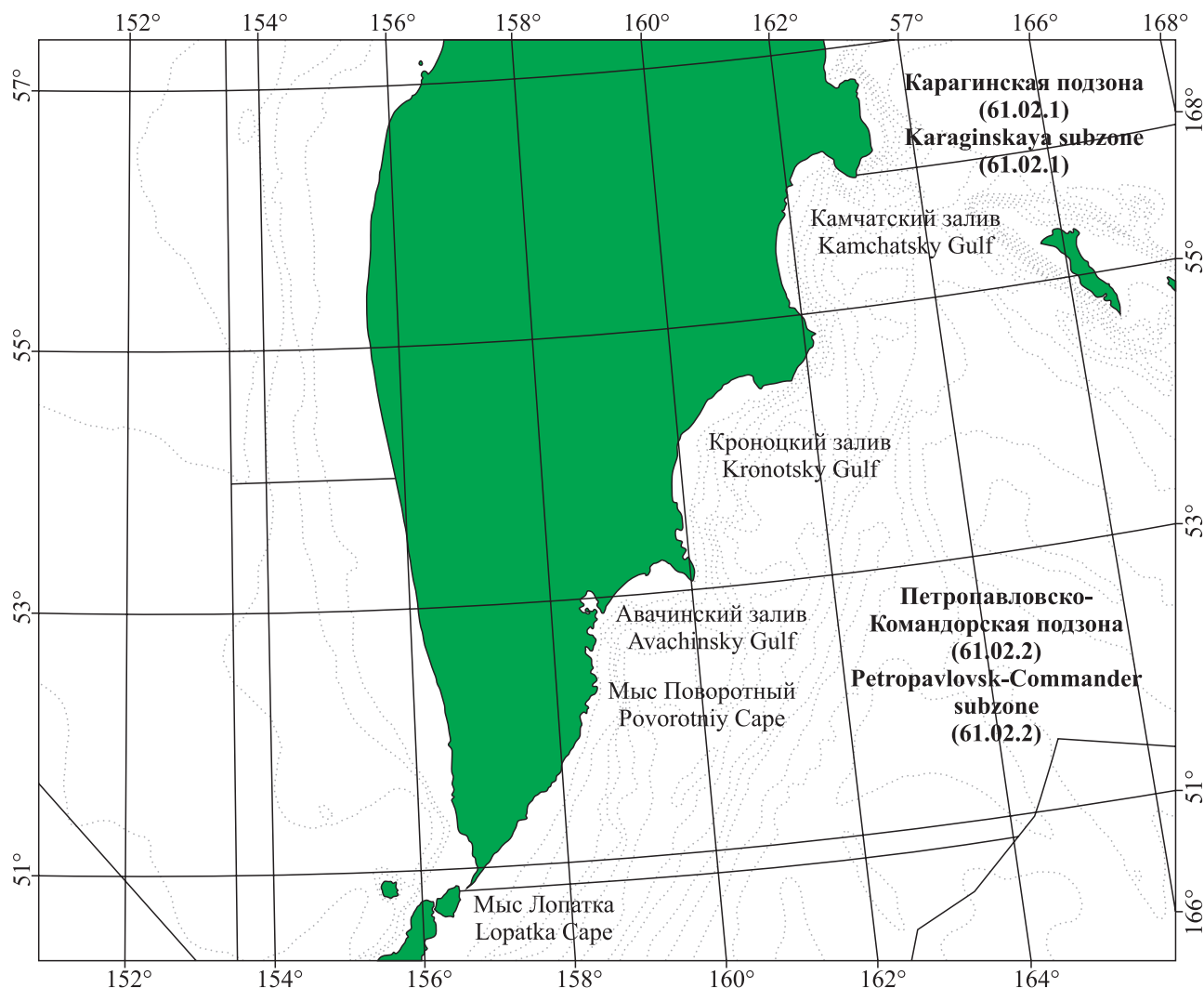


Рис. 1. Схема района исследований  
Fig. 1. The scheme of the research area

Таблица 1. Сведения о судах, сроках, количестве станций и исполнителях донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне в 1999, 2002, 2016–2018 гг.  
Table 1. Information about the vessels, time, number of stations of the trawl surveys and the researchers provided the work in the Petropavlovsk-Commander subzone in 1999, 2002 and 2016–2018

Год Year	Судно Vessel	Сроки Time	Кол-во тралений Number of trawling	Диапазон глубин, м Depth range, m	Исполнители Researchers
1999	СРТМ-К «Шурша» SRTM-K "Shursha"	26.08–14.09	103	202–288	<u>Коростелев С.Г.</u> , <u>Помигалов А.С.</u> Korostelev S.G., Pomigalov A.S.
2002	МРКТМ «Фортуна» MRKTM "Fortuna"	24.08–01.10	122	22–204	<u>Коростелев С.Г.</u> , <u>Архандеев М.В.</u> Korostelev S.G., Arkhandeev M.V.
2016	МРТК-316, МРТК «Инженер Мартынов» MRTK-316, MRTK "Inzhe- ner Martynov"	11.06–07.07	84	28–211	<u>Спирин И.Ю.</u> , <u>Гайдаев В.Э.</u> , <u>Малых К.М.</u> , <u>Сошин А.В.</u> Spirin I.Yu., Gaydaev V.E., Malykh K.M., Soshin A.V.
2017	МРТК-316, МРТК «Инженер Мартынов» MRTK-316, MRTK "Inzhe- ner Martynov"	29.06–13.09	47	27–206	<u>Терентьев Д.А.</u> , <u>Василец П.М.</u> , <u>Коробов С.А.</u> Terentyev D.A., Vasilets P.M., Korobov S.A.
2018	МРТК-316, МРТК «Инженер Мартынов» MRTK-316, MRTK "Inzhe- ner Martynov"	11.06–10.07	86	27–210	<u>Агафонов С.В.</u> , <u>Веселов С.А.</u> , <u>Морозов Т.Б.</u> , <u>Согрина А.В.</u> , <u>Виноградская А.В.</u> Agafonov S.V., Veselov S.A., Morozov T.B., Sogrina A.V., Vinogradskaya A.V.

Примечание: подчеркнуты фамилии начальников рейсов.  
Note: The names of the heads of the cruises are underlined.

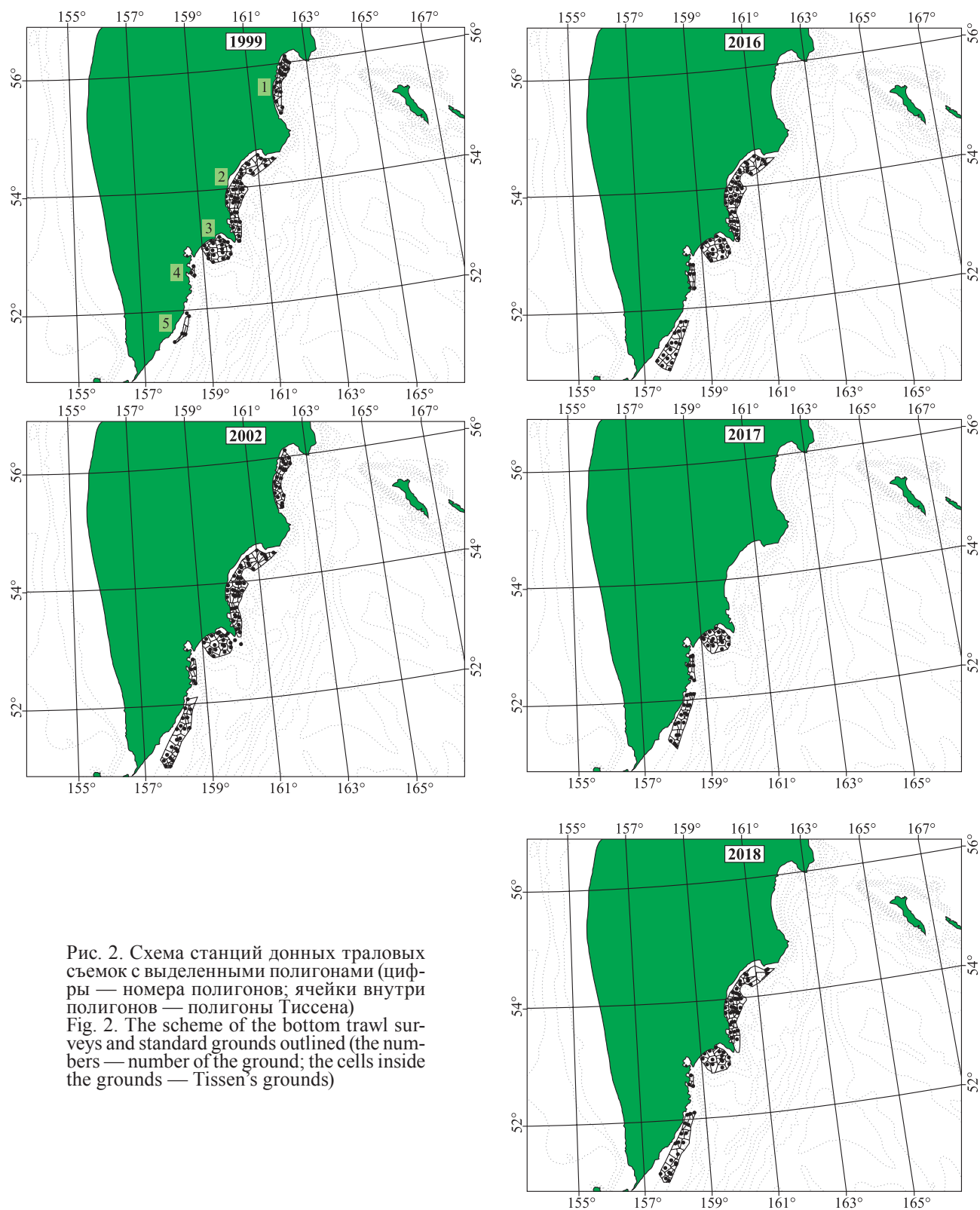


Рис. 2. Схема станций донных траловых съемок с выделенными полигонами (цифры — номера полигонов; ячейки внутри полигонов — полигоны Тиссена)  
 Fig. 2. The scheme of the bottom trawl surveys and standard grounds outlined (the numbers — number of the ground; the cells inside the grounds — Tissen's grounds)

донные съемки были сделаны на собственных НИС института на акватории Кроноцкого и Авачинского заливов, а также у Юго-Восточной Камчатки. Схема расположения контрольных станций во все годы была примерно одинаковой.

Из-за технических проблем с судами, сложных метеоусловий в 1999 и 2016 гг. не был полностью

обследован район у юго-востока Камчатки, а в 2017 г. не выполнены исследования в Кроноцком заливе.

В 1999 г. в качестве учетного орудия лова использовали донный трал ДТ 28,0/58,4 м с горизонтальным раскрытием 18,7 м, вертикальным — 6 м. Он был вооружен мягким грунтропом общим весом 300 кг. На верхней подборе крепились 50 ме-



таллических кухтылей. Куток длиной 20 м был с двойной «рубашкой» в кутце с ячеей верха 30 мм и вставки 10 мм. Трал подсоединялся по двухкабельной схеме, длина кабелей равнялась 30 м. В качестве распорных средств применялись сферические доски площадью по 3,2 м<sup>2</sup>.

В 2002 г. использовали стандартный учетный донный трал 27,1/33,7 м проекта 029 КЭБ с горизонтальным раскрытием 16 м, вертикальным — 6 м. Оснащение трала было аналогичным тралу ДТ 28,0/58,4 м в 1999 г.

В 2016 г. траловая съемка проводилась при параллельном участии обоих НИС института. В 2017 г. на полигоне Авачинского залива была отработана методика передачи улова по бесконтактной схеме, и, начиная с этого года, съемки проводили следующим образом: МРТК-316 выполнял траление, затем передавал мешок учетного трала на МРТК «Инженер Мартынов», где размещалась научная группа, далее производился разбор улова, выполнялись необходимые биологические анализы.

Во время съемок на судах института использовали учетный трал ДТ 18,8/28,5 м проекта 591, специально разработанный для судов данного типа. Он имеет четырехпластную переднюю часть длиной по топенанту 22,4 м и двухпластный мешок длиной 11,5 м. Верхняя подбора трала имеет длину 18,8 м и оснащена кухтылями общей подъемной силой 705 Н. Нижняя подбора длиной 23,8 м оснащена регулировочными и грунтопной цепями общей массой 99,5 кг. При скорости траления 3,0 узла расчетное раскрытие трала составляет 3,5 м по вертикали и 16 м по горизонтали. Вооружение трала представлено донными V-образными траловыми досками конструкции Кудрина, площадью 2,5 м<sup>2</sup>.

Во время съемки в 2018 г. после серьезного порыва трала ДТ 18,8/28,5 м проекта 591 и невозможности его использования в дальнейшем задействовали другой учетный трал, ДТ 14,3/24,2, который имеет четырехпластную переднюю часть длиной по топенанту 18,3 м. Верхняя подбора трала имеет длину 14,3 м и оснащена кухтылями общей подъемной силой 705 Н. Нижняя подбора длиной 17,3 м оснащена регулировочными и грунтопной цепью общей массой 99,5 кг. При скорости траления от 1,5 до 3,0 узла вертикальное раскрытие трала составляет 3,0 м, горизонтальное — 12,0 м.

В 2016–2017 гг. во время тралений параметры учетного орудия лова оценивали при помощи ги-

дроакустического комплекса «СканМар», датчики которого устанавливали на сетной части трала, на верхней подборе и траловых досках. При этом фиксировали горизонтальное раскрытие трала по крыльям и по доскам, вертикальное раскрытие, плотность контакта с грунтом, симметричность сетной оболочки относительно набегающего потока, угол атаки, крен и дифферент траловых досок, натяжение ваеров.

Во все годы исследования проводили по стандартным методикам. Траления выполняли только в светлое время суток. Их продолжительность составляла, как правило, 30 мин (с момента взятия на стопор и до отдачи стопора). В случае очень плотных «эхозаписей», с целью избежать чрезмерных уловов, а также в сложных навигационных и метеоусловиях продолжительность тралений уменьшалась до 15–20 мин. Средняя скорость тралений составляла 3,0 узла.

Общую величину улова определяли следующим образом. Если улов небольшой (как правило, до 500 кг), его провешивали полностью при определении видового состава. В случае больших уловов (более 500 кг) величину определяли объемным методом после поступления улова в бункер-накопитель.

Для определения видового состава гидробионтов в случае общего вылова менее 500 кг улов разбирали полностью. Если улов более 500 кг, из него брали случайную выборку. Для этого от улова отделяли какую-то его часть массой до 500 кг, и ее разбирали по видам, рассортировывая по отдельным емкостям. Все инородные включения, так называемый непромысловый улов (камни, обрывки снастей, мусор и т. д.), складывали в одну емкость. Их общую массу потом отнимали от общей массы улова. Просматривали остальную часть улова на предмет наличия в ней не попавших в выборку видов.

Определение видов рыб выполняли с использованием различных определителей, таких, например, как «Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России» (Тупоногов, Кодолов, 2014).

Затем каждый вид, непромысловую часть улова в выборке взвешивали на весах, устойчивых к морским условиям, фирмы «Marell» (в 2016–2018 гг.), отняв при этом массу пустой емкости.

Собственно видовой состав улова (более 500 кг) получали следующим образом:

1) от общей массы улова отнимали общий вылов не попавших в выборку объектов;

2) определяли относительную значимость каждого вида по массе в выборке;

3) полученные на втором этапе значения экстраполировали на весь улов.

Как правило, все основные промысловые виды рыб в каждом улове подвергали массовым промерам (МП). При этом измеряли длину по Смитту (от кончика рыла до конца средних лучей хвостового плавника, шаг по длине — 1 см). Количество промеров по минтаю и северной двухлинейной камбале по годам приведено в таблице 2. По другим массовым промысловым видам рыб количество выполненных МП оказалось недостаточным для исследования размерного состава.

На акватории исследований выделили пять полигонов, отдаленных друг от друга значительным расстоянием:

полигон 1 — Камчатский залив;

полигон 2 — Кроноцкий залив;

полигон 3 — северная часть Авачинского залива;

полигон 4 — акватория, прилегающая к м. Поворотному;

полигон 5 — Юго-Восточная Камчатка.

Плотность рыб и величину запасов оценивали отдельно для каждого полигона методом зональных средних (Аксютин, 1968), предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen), называемые также диаграммами Дирихле (Dirichlet diagrams) или диаграммами Вороного (Voronoi diagrams). Полигоны Тиссена используются для разделения точечного покрытия на районы. Суть

метода заключается в том, что каждый полигон содержит только одну входную точку, и любое место в пределах этого полигона находится ближе к связанной с ним точке, чем к точке любого другого полигона. Алгоритмы создания полигонов Тиссена разрабатывались на протяжении десятилетий, как для систем компьютерной картографии, так и для ГИС, как векторных (Brassel, Reif, 1979), так даже и на структуре данных. Подробнее об использовании метода полигонов Вороного в рыбохозяйственных исследованиях в сравнении с другими известными методами интерполяции данных, такими как сплайн, кригинг, триангуляция Делоне, можно ознакомиться в работе В.А. Бизикова с соавторами (2007).

Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. Проекция — Albers Equal-Area Conic, сфероид Красовского.

Для расчетов принимали только безаварийные траления либо траления с незначительными неполадками. При расчете площади облова вертикальное раскрытие трала считали равным 1. При оценке запасов коэффициент уловистости для всех видов рыб принимали равным 1.

Выбранные в каждом районе полигоны, а также построенные внутри них полигоны Тиссена представлены на рисунке 2, а площади каждого полигона по годам — в таблице 3. В северной части Авачинского залива стандартные по площади полигоны удалось выделить во все годы, а у юго-востока Камчатки — только в 2002 и 2018 гг. В Кроноцком заливе отсутствуют сведения за 2017 г. На акватории, прилегающей к

Таблица 2. Количество массовых промеров (экз.) основных видов рыб, по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне в 1999, 2002, 2016–2018 гг.  
Table 2. The number of the mass measuring (specs) of the major fish species in the catches of bottom trawl surveys in the Petropavlovsk-Commander subzone in 1999, 2002 and 2016–2018

Год / Вид Year / Species	Северная двухлинейная камбала Northern rock sole	Минтай Walleye pollock
1999	3018	1191
2002	3193	2187
2016	919	2016
2017	952	484
2018	4057	5337

Таблица 3. Площади полигонов (км<sup>2</sup>) в тихоокеанских водах Камчатки по годам исследований  
Table 3. The squares of the standard grounds (km<sup>2</sup>) in the Pacific waters of Kamchatka by years of the research

Год / Полигон Year / Standard ground	1	2	3	4	5
1999	1555,2	4592,8	2108,5	122,9	408,6
2002	1793,5	4592,8	2108,5	463,9	3201,6
2016	—	4592,8	2108,5	486,5	2556,0
2017	—	—	2108,5	452,6	2232,1
2018	—	4592,8	2108,5	175,6	3201,6

Примечание: Номера полигонов соответствуют номерам на рис. 2; серым выделены стандартные по площади полигоны.  
Note: The numbers of the standard grounds are the same in Fig. 2; the standard grounds of the similar square are marked in grey.

м. Поворотному, обследовалась незначительная по площади акватория, причем каждый год разная. В Камчатском заливе исследования проводили только в 1999, 2002 гг., поэтому данные не стандартизировали.

Размерный состав минтая и северной двухлинейной камбалы получали для каждого стандартного полигона отдельно через улов на 1 час траления в количественном выражении.

Возрастной состав указанных видов рассчитывали путем пересчета размерного состава через размерно-возрастные ключи, составленные по летним определениям возраста рыб по отолидам. Размерно-возрастной ключ по двухлинейной камбале насчитывает 1140 определений возраста, по минтаю — 1368.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Видовой состав уловов

В результатах исследования приведены только сведения о видовом составе и распределении рыб.

По результатам донной траловой съемки, выполненной в 1999 г., в уловах зарегистрирован 71 вид рыб, принадлежащий 19 семействам (приложение 1, стр. 33). Абсолютно доминировал минтай *Theragra chalcogramma*. Уловы этого вида варьировали от 0 до 9,479 т/час трал. (среднее — 0,602 т/час трал.), или от 0 до 96,9% общей ихтиомассы (среднее — 53,1%). Вторым по значимости был широколобый шлемоносец *Gymnocanthus detrisus*. Его уловы в пересчете на 1 час траления изменялись от 0 до 2,960 т (среднее — 0,119 т), относительная масса варьировала от 0 до 69,7% (среднее — 10,5%). Тройку основных видов замыкала северная двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxustra* с уловами от 0 до 1,183 т/час трал. (среднее — 0,087 т/час трал.), или от 0 до 59,4% (среднее — 7,7%).

В 2002 г. в учетных тралениях отмечено 74 вида рыб из 21 семейства (приложение 2, стр. 34). Как и в 1999 г., основу уловов составлял минтай. В пересчете на 1 час траления его уловы изменялись от 0 до 6,002 т (среднее — 0,224 т), относительная масса варьировала от 0 до 98,9% (среднее — 47,7%). Уловы широколобого шлемоносца в абсолютном выражении изменялись от 0 до 1,036 т/час трал. (среднее — 0,027 т), в относительном — от 0 до 63,1% (среднее — 5,9%). На третьем месте была узкозубая палтусовидная камбала *Hippoglossoides elassodon*. Уловы ее варьировали от 0 до 0,939 т/час трал. (среднее — 0,025 т) или от 0 до 62,3% (среднее — 5,3%).

Следует отметить, что полученные нами результаты согласуются с опубликованными ранее данными (Коростелев, 2000; Коростелев, Василец, 2004).

По результатам донной съемки в 2016 г., в уловах зарегистрировано меньшее количество видов — 61 из 17 семейств (приложение 3, стр. 36). Лидером по величине уловов и относительному вкладу в общую ихтиомассу был минтай. В пересчете на единицу усилия уловы этого вида варьировали от 0 до 3,988 т/час трал. (среднее — 0,229 т/час трал.), или от 0 до 95,9% (среднее — 39,4%). Как и в прежние годы, вторую позицию занимал широколобый шлемоносец. Его уловы в абсолютном выражении изменялись от 0 до 1,762 т/час трал. (среднее — 0,098 т/час трал.), в относительном — от 0 до 66,5% (среднее — 16,8%). Замыкала тройку лидеров северная двухлинейная камбала с уловами от 0 до 0,542 т/час трал. (среднее — 0,075 т/час трал.), или от 0 до 50,1% (среднее — 13,0%).

В 2017 г. в учетных тралениях отмечено 58 видов рыб из 17 семейств (приложение 4, стр. 37). Основу уловов составляли те же виды, что и в 1999, 2016 гг.: минтай, широколобый шлемоносец и двухлинейная камбала. Уловы первого достигали 7,771 т/час трал. (среднее — 0,771 т/час трал.), или 84,2% общей массы улова (среднее — 36,5%), второго — 2,253 т/час трал. (среднее — 0,426 т/час трал.) и 56,9% (среднее — 20,2%), третьего — 2,422 т/час трал. (среднее — 0,416 т/час трал.) и 70,8% (среднее — 19,7%) соответственно.

Видовой состав уловов по результатам донной съемки 2018 г. насчитывал 66 видов рыб из 18 семейств (приложение 5, стр. 39). Основу уловов составляли те же виды, что и в 2017 г. Уловы минтая изменялись от 0 до 5,461 т/час трал. (среднее — 0,379 т/час трал.), или от 0 до 92,6% (среднее — 35,0%). На втором месте по уловам была двухлинейная камбала. В абсолютном выражении уловы варьировали от 0,001 до 3,436 т/час трал. (среднее — 0,230 т/час трал.), в относительном — от 0,1 до 63,3% (среднее — 21,4%). Широколобый шлемоносец занимал третье место с уловами от 0 до 1,872 т/час трал. (среднее — 0,123 т/час трал.), или от 0 до 66,7% (среднее — 11,4%).

Таким образом, в рассматриваемые годы в уловах учетного донного трала отмечен 101 вид рыб из 23 семейств, еще 8 видов рыб определены до рода. Доминировали, в основном, одни и те же виды рыб: минтай, северная двухлинейная камбала и широколобый шлемоносец.

### Распределение и плотность основных промысловых рыб

Наибольшие уловы и средние плотности распределения всех рыб практически во все годы наблюдались у Юго-Восточной Камчатки (рис. 3, табл. 4). По численности максимальная плотность зафиксирована в 2002 г. (192,190 тыс. экз./км<sup>2</sup>), по

биомассе — в 2017 г. (44,433 т/км<sup>2</sup>), а в среднем за все годы исследований значения плотности распределения рыб в этом районе составляли 103,116 тыс. экз./км<sup>2</sup> и 21,384 т/км<sup>2</sup> соответственно. На втором месте по данным показателям был Кроноцкий залив (67,247 тыс. экз./км<sup>2</sup> и 11,513 т/км<sup>2</sup>), на третьем — северная часть Авачинского залива (51,122 тыс. экз./км<sup>2</sup>

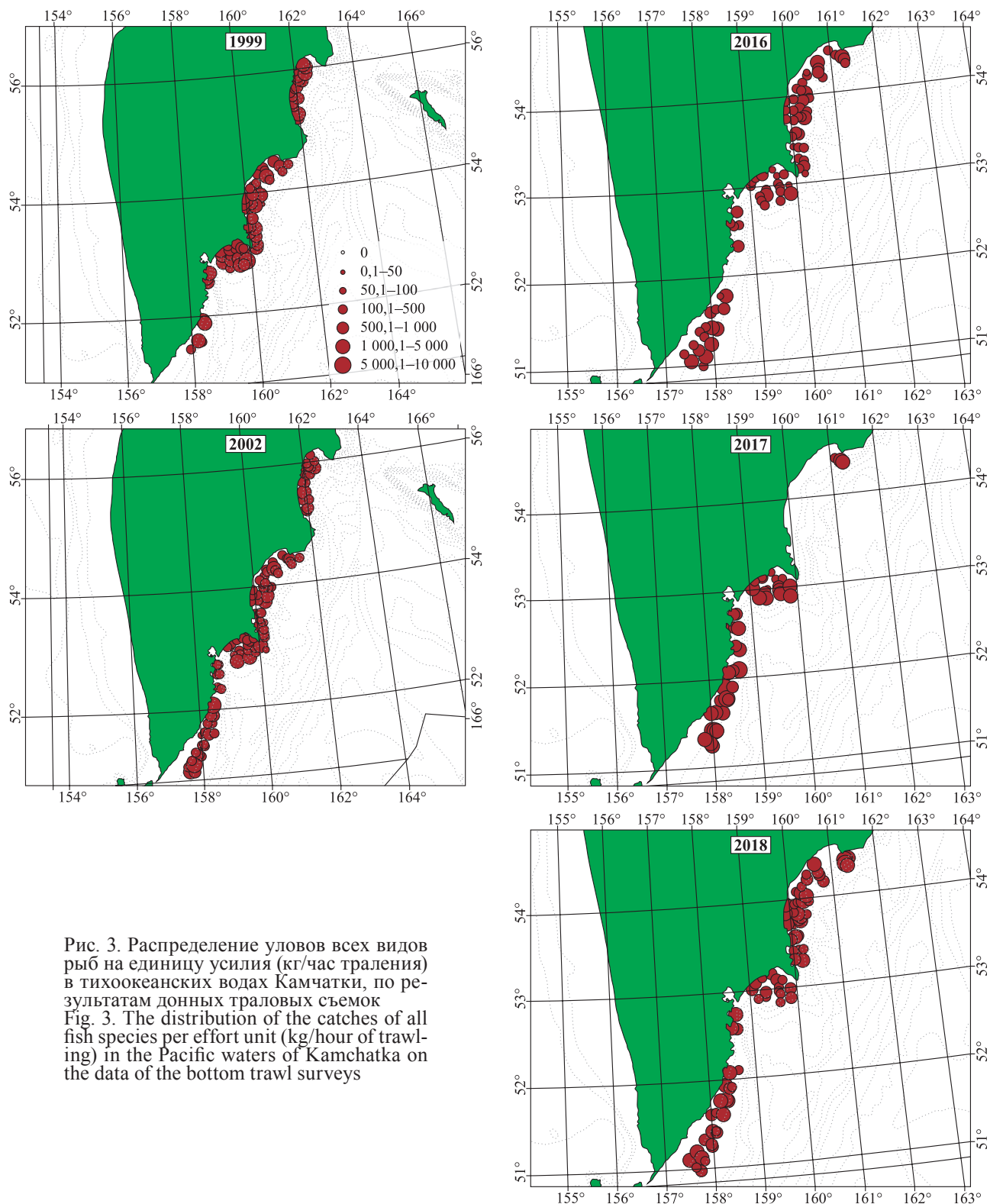


Рис. 3. Распределение уловов всех видов рыб на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 3. The distribution of the catches of all fish species per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of the bottom trawl surveys



и 9,174 т/км<sup>2</sup>). В Камчатском заливе в 1999, 2002 гг. средняя плотность рыб была сопоставима с таковой в северной части Авачинского залива.

В Петропавловско-Командорской подзоне к промысловым видам или группам видов рыб, в отношении которых устанавливается ОДУ, отно-

Таблица 4. Средняя плотность распределения основных промысловых видов рыб по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок  
Table 4. The average density of the distribution of the major commercial fish species by the standard grounds and years in the Petropavlovsk-Commander subzone on the bottom trawl survey data

Годы / Полигоны Years / Standard grounds	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Плотность, тыс. экз./км <sup>2</sup> Density, thous. specs/km <sup>2</sup>					Плотность, т/км <sup>2</sup> Density, t/km <sup>2</sup>				
Все рыбы / All species										
1999	17,940	32,218	27,006	26,835	44,207	10,080	12,158	12,811	9,601	22,795
2002		146,600	112,785	18,241	192,190	4,666	5,193	5,410	2,218	11,814
2016		25,513	26,588	20,761	65,538		7,152	6,367	4,277	12,281
2017			60,048	58,374	164,938			13,149	16,562	44,433
2018		64,656	29,184	80,974	48,705		21,549	8,132	13,650	15,597
Среднее / Average		67,247	51,122	41,037	103,116		11,513	9,174	9,262	21,384
Минтай / Walleye pollock										
1999	8,475	18,773	7,606	13,263	29,971	5,163	6,661	5,962	4,451	17,102
2002		127,401	62,366	5,844	176,272	1,410	2,101	0,836	0,216	10,007
2016		10,713	6,864	8,615	25,090		3,586	3,020	2,261	4,166
2017			3,451	9,837	88,962			1,849	1,240	21,220
2018		16,071	3,384	42,472	15,375		6,504	1,437	8,343	5,303
Среднее / Average		43,239	16,734	16,006	67,134		4,713	2,621	3,302	11,560
Северная двухлинейная камбала / Northern rock sole										
1999	3,346	3,079	4,397	1,985	4,251	1,085	0,744	1,401	0,627	1,831
2002		2,328	1,377	0,509	0,675	0,611	0,445	0,241	0,162	0,169
2016		2,793	1,495	0,676	7,291		0,658	0,333	0,249	2,578
2017			6,289	10,946	25,813			2,026	3,882	9,514
2018		19,534	5,123	4,038	13,978		6,009	1,245	0,900	4,611
Среднее / Average		6,933	3,736	3,631	10,402		1,964	1,049	1,164	3,741
Треска / Pacific cod										
1999	0,448	0,325	0,209	0,822	0,252	0,907	0,397	0,314	0,464	0,269
2002		0,828	0,558	0,050	0,021	0,327	0,049	0,179	0,073	0,042
2016		0,329	0,465	0,185	0,137		0,114	0,327	0,010	0,070
2017			0,959	0,676	0,219			0,548	0,915	0,515
2018		0,487	0,229	0,040	0,153		0,708	0,238	0,051	0,200
Среднее / Average		0,492	0,484	0,354	0,156		0,317	0,321	0,303	0,219
Палтус белокорый / Pacific halibut										
1999	0,128	0,037	0,127	0,000	0,015	0,120	0,274	0,192	0,146	0,059
2002		0,020	0,012	0,000	0,000	0,049	0,229	0,229	0,024	0,073
2016		0,019	0,007	0,000	0,002		0,394	0,459	0,129	0,189
2017			0,057	0,002	0,000			0,525	0,223	0,619
2018		0,238	0,048	0,006	0,000		0,504	0,430	0,137	0,445
Среднее / Average		0,079	0,050	0,002	0,003		0,350	0,367	0,132	0,277
Северный одноперый терпуг / Atka mackerel										
1999	0,673	0,251	2,024	0,553	0,330	0,541	0,199	1,248	0,366	0,252
2002		1,527	0,223	0,045	0,278	0,017	0,420	0,083	0,032	0,214
2016		0,007	0,011	0,031	0,008		0,003	0,005	0,014	0,004
2017			0,028	1,171	0,232			0,015	0,513	0,129
2018		0,064	0,027	1,116	0,017		0,017	0,013	0,604	0,010
Среднее / Average		0,462	0,463	0,583	0,173		0,160	0,273	0,306	0,122
Бычки / Sculpins										
1999	0,966	6,004	2,639	5,069	2,616	0,488	2,520	1,324	2,067	1,549
2002		1,949	2,807	2,229	1,968	0,417	0,890	1,451	0,901	0,652
2016		3,914	4,264	3,877	8,156		1,182	0,868	0,964	2,878
2017			15,286	20,957	27,794			3,361	6,441	9,308
2018		9,367	5,887	6,241	7,517		2,846	1,586	1,657	2,757
Среднее / Average		5,309	6,177	7,675	9,610		1,860	1,718	2,406	3,429
Скаты / Skates										
1999	0,024	0,099	0,039	0,065	0,034	0,120	0,274	0,192	0,146	0,059
2002		0,098	0,100	0,004	0,052	0,049	0,229	0,229	0,024	0,073
2016		0,165	0,163	0,053	0,092		0,394	0,459	0,129	0,189
2017			0,199	0,071	0,288			0,525	0,223	0,619
2018		0,166	0,130	0,046	0,197		0,504	0,430	0,137	0,445
Среднее / Average		0,132	0,126	0,048	0,133		0,350	0,367	0,132	0,277

Примечание: Номера полигонов, как на рис. 1 (the numbers of the standard grounds like in Fig. 1); серым цветом выделены стандартные по площади полигоны (the standard grounds of a similar square are in grey).

сятся: минтай, треска, камбалы дальневосточные, палтусы (черный и белокорый), окуни морские, шипошеки, терпуги; к тем, в отношении которых ОДУ не устанавливается: сельдь тихоокеанская, навага, угольная рыба, мойва, корюшка азиатская зубастая, бычки и скаты.

Среди первой группы промысловых объектов, в среднем за рассматриваемые годы, наибольшие по плотности скопления, по результатам донных траловых съемок, образовывал минтай. По литературным данным (Шунтов и др., 1993), в пелагиали, как правило, обитает молодь этого вида, а средне- и крупноразмерные особи больше тяготеют к придонным слоям воды, поэтому полученные только по донным съемкам оценки характеризуют лишь часть запаса этого вида.

Практически во все годы наибольшие уловы на единицу усилия и плотность скоплений минтая отмечены на полигоне у юго-востока Камчатки. Максимальная плотность по численности зарегистрирована в 2002 г. (176,272 экз./км<sup>2</sup>), по массе — в 2017 г. (21,220 т/км<sup>2</sup>) (рис. 4, табл. 4). Средние за весь период исследований значения составили соответственно 67,134 экз./км<sup>2</sup> и 11,560 т/км<sup>2</sup>. На втором месте и по максимальным, и по средним показателям был Кроноцкий залив. Средняя плотность рыб в единицах численности составляла 43,239 экз./км<sup>2</sup>, в единицах массы — 4,713 т/км<sup>2</sup>. Очевидно, что упомянутые выше полигоны для минтая являются основными. Достаточно высокой плотность скоплений этого вида была отмечена в Камчатском заливе в 1999 г. Однако промысел минтая здесь практически не ведется (Буслов, 2005), поэтому применительно к этому виду ежегодное обследование залива нецелесообразно.

Какой-либо четкой закономерности в межгодовой динамике плотности минтая на полигоне у юго-востока Камчатки установить не удалось, т. к. за пять лет исследований только дважды работы были выполнены на стандартном полигоне. В Кроноцком заливе плотность рыб в 2018 г. по сравнению с 2016 г. возросла, а на полигоне в северной части Авачинского залива — снизилась.

В Петропавловско-Командорской подзоне встречается несколько промысловых видов камбал (северная двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxystra*, узкозубая палтусовидная камбала *Hippoglossoides elassodon*, сахалинская *Limanda sakhalinensis* и желтоперая *L. aspera* лиманды,

хоботная *L. proboscidea*, звездчатая *Platichthys stellatus*, четырехбугорчатая *Pleuronectes quadrituberculatus*), среди которых преобладает северная двухлинейная (см. приложения 1–5, стр. 33–40). Именно этот вид составляет основу промысловых уловов камбал дальневосточных в Петропавловско-Командорской подзоне (Антонов, 2011; Золотов и др., 2012; Овчеренко, 2019), по нему выполняются оценка запасов с помощью модели «Синтез» и определение вылова. Зная долю северной двухлинейной камбалы в промысловых уловах от массы всех камбал, впоследствии определяется ОДУ для всей группы видов камбал.

Наибольшие уловы на единицу усилия и плотность распределения этого вида практически во все годы наблюдалась на полигоне у Юго-Восточной Камчатки (рис. 5, табл. 4). В 2017 г. средняя плотность камбалы в этом районе составляла 25,813 тыс. экз./км<sup>2</sup>, или 9,514 т/км<sup>2</sup>, а средние за весь период исследований значения равны 10,402 тыс. экз./км<sup>2</sup> и 3,741 т/км<sup>2</sup>. На полигоне в Кроноцком заливе средние показатели были ниже — 6,933 тыс. экз./км<sup>2</sup> и 1,964 т/км<sup>2</sup>. Очевидно, что, с точки зрения учета северной двухлинейной камбалы, полигоны 2 и 5 являются обязательными для ежегодного обследования. Заметим, что в Камчатском заливе в 1999 и 2002 гг. средняя плотность этого вида была сопоставима с таковой в других районах. Однако промысел северной двухлинейной камбалы здесь практически не ведется (Овчеренко, 2019), поэтому применительно к этому виду проводить учетные работы в заливе нецелесообразно.

В межгодовом аспекте в 2018 г. по сравнению с 2016 г. плотность северной двухлинейной камбалы на указанных выше полигонах возросла многократно. Сравнение с более ранними годами (1999 и 2002 гг.) большого интереса не представляет, учитывая значительный разрыв во времени.

Основные скопления трески в большинство рассматриваемых лет наблюдались на полигоне 2 (рис. 6, табл. 4). Максимальная плотность вида по численности зарегистрирована в 2002 г. (0,828 тыс. экз./км<sup>2</sup>), по биомассе — в 2018 г. (0,708 т/км<sup>2</sup>), а средние показатели за все исследуемые годы равны 0,492 тыс. экз./км<sup>2</sup> и 0,317 т/км<sup>2</sup> соответственно. Значимые по плотности скопления трески отмечены также на полигоне 3. В 1999 и 2002 гг. максимальные по плотности скопления трески были отмечены в Камчатском заливе.

Таким образом, с точки зрения учета этого вида, приоритетными являются полигоны, расположенные в Кроноцком и северной части Авачинского заливов, а также в Камчатском заливе. К сведению, в последнем довольно интенсивно ведется ярусный промысел этого вида (Василец, Терентьев, 2008).

По данным таблицы 4 видно, что по сравнению с 2016 г. средняя плотность трески на полигоне в Кроноцком заливе, как в количественном, так и в весовом выражениях, возросла. На полигоне в северной части Авачинского залива максимальные показатели отмечены в 2017 г., а в 2018 г. они несколько снизились.

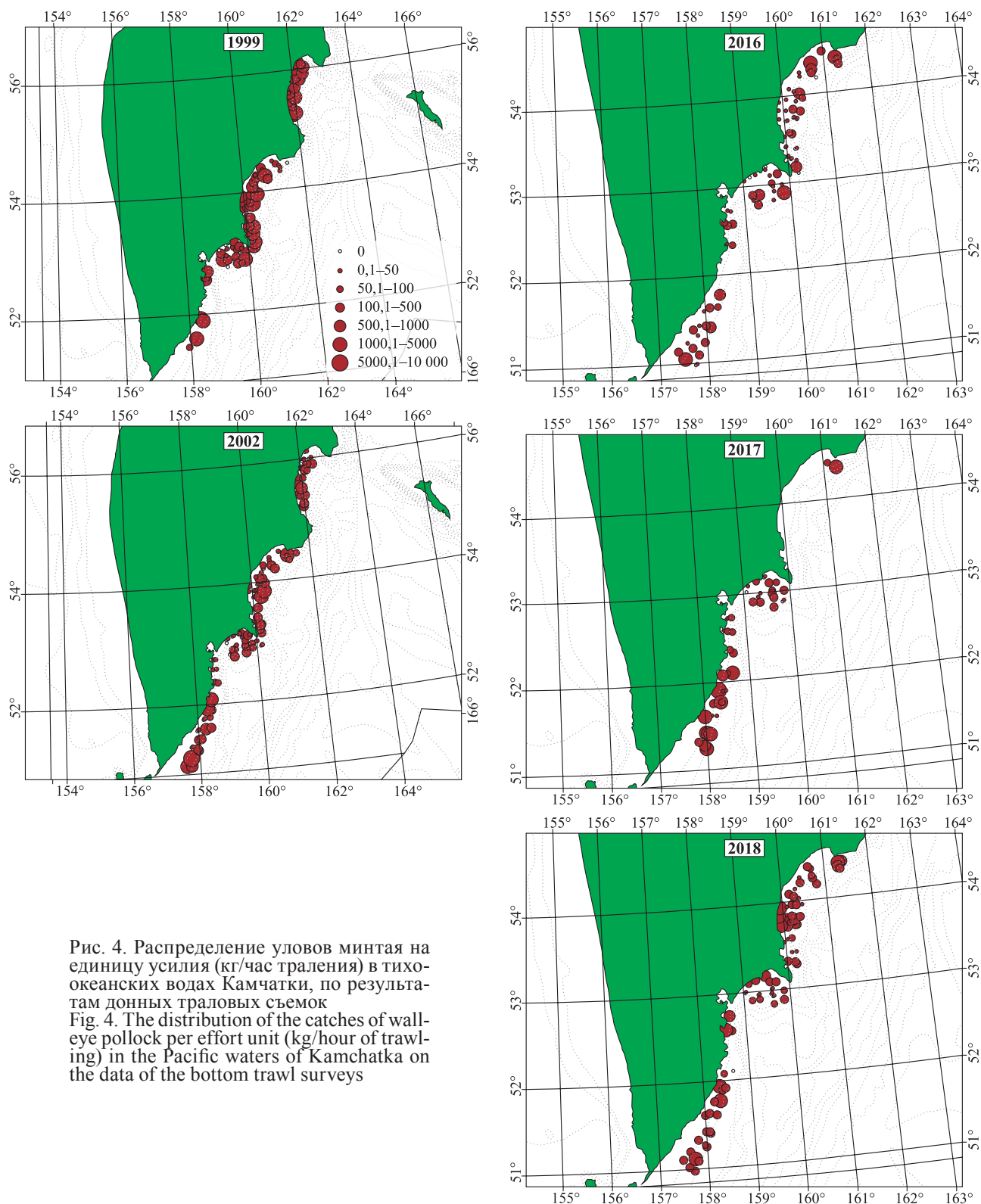


Рис. 4. Распределение уловов минтая на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 4. The distribution of the catches of walleye pollock per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of the bottom trawl surveys



Среди палтусов промысловое значение в Петропавловско-Командорской подзоне имеет только белокорый палтус *Hippoglossus stenolepis*. Черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*, как и два вида стрелозубых палтусов (азиатский *Atheresthes evermanni* и американский *A. stomias*), промысловых скоплений в этом районе не образу-

ют, хотя регулярно в небольших количествах встречаются во время донных траловых съемок. Стрелозубые палтусы ввиду малочисленности в этом районе вообще не являются объектами промысла.

Максимальные уловы на 1 час траления и плотность белокорого палтуса, как правило, наблюда-

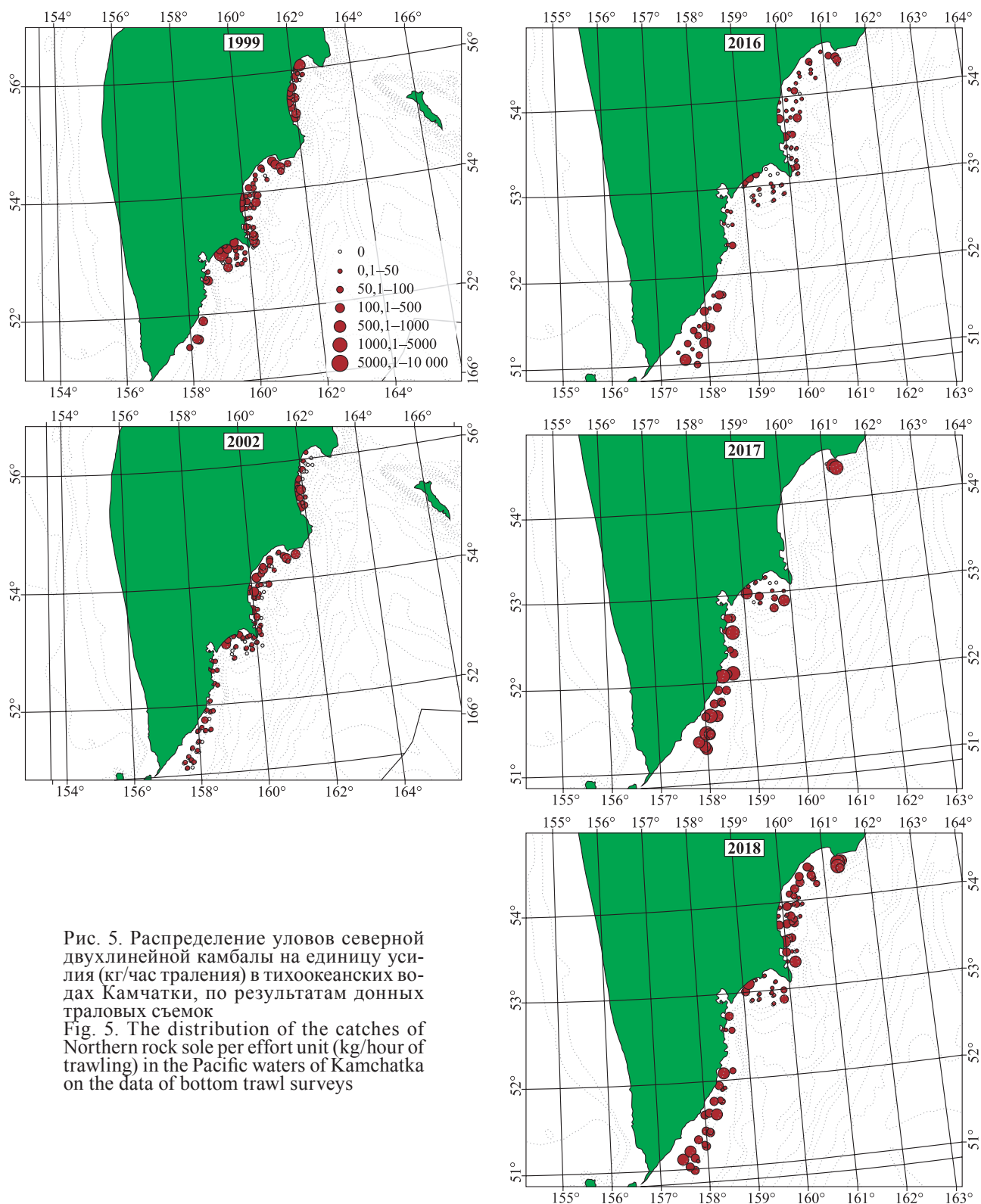


Рис. 5. Распределение уловов северной двухлинейной камбалы на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок

Fig. 5. The distribution of the catches of Northern rock sole per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys

лись на полигонах 2 и 3 (рис. 7, табл. 4). Средняя плотность по численности здесь составляла 0,079 и 0,050 экз./км<sup>2</sup>, по биомассе — 0,350 и 0,367 т/км<sup>2</sup> соответственно. Принимая во внимание, что основная часть половозрелых особей этого вида постоянно обитает на материковом склоне (Новиков, 1974; Фадеев, 2005), в учет при выполнении съемок

только на шельфе (до 200 м) попадает около трети от общего запаса белокорого палтуса. Тем не менее, получив оценки численности и биомассы на выбранных полигонах за ряд лет, очевидно, можно косвенно судить о состоянии запасов этого вида и, прежде всего, мощности ближнего и дальнего пополнения. По данным, приведенным в таблице

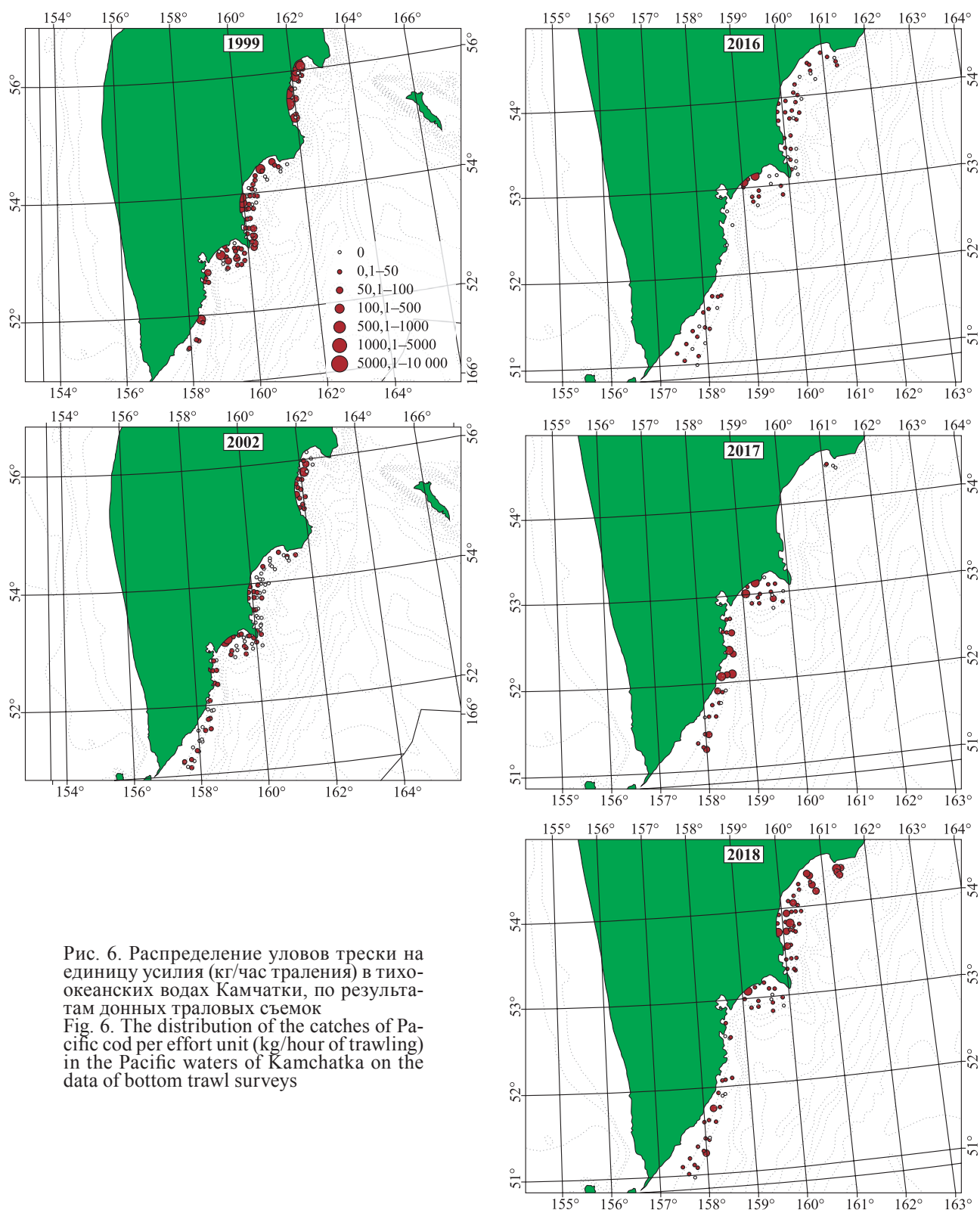


Рис. 6. Распределение уловов трески на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 6. The distribution of the catches of Pacific cod per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys

4, видно, что на полигоне в Кроноцком заливе средняя плотность палтуса в 2018 г. по сравнению с 2016 г. существенно возросла, в северной части Авачинского заливов — к 2017 г. увеличилась, а терминальном году снизилась.

Среди терпугов в Петропавловско-Командорской подзоне промысловым является только

северный одноперый терпуг *Pleurogrammus monopterygius*. Зайцеголовый *Hexagrammos lagocephalus* и южный одноперый *Pleurogrammus azonus* терпуги промысловых скоплений не образуют, в научных уловах встречаются единично и не во все годы (см. приложения 1–5, стр. 33–40). Что касается северного одноперого тер-

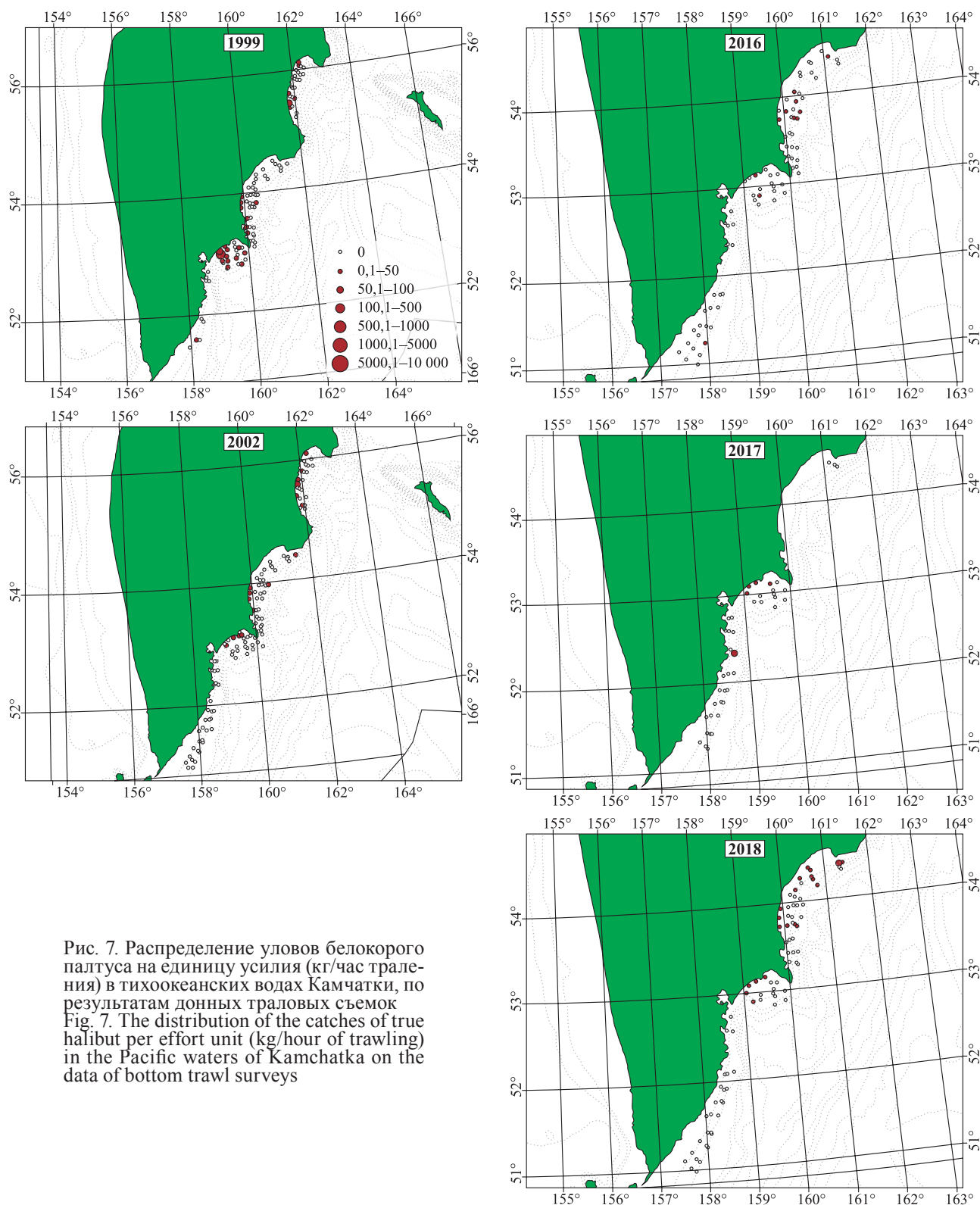


Рис. 7. Распределение уловов белокорого палтуса на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 7. The distribution of the catches of true halibut per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys

пуга, то стабильно высокие уловы на единицу усилия и плотность скоплений этого вида отмечены на полигоне у м. Поворотного (рис. 8, см. табл. 4). Сравнить полученные значения по годам не представляется возможным, т. к. площадь полигонов в этом районе в разные годы различалась (см. табл. 3).

Значимые уловы и плотность скоплений этого вида зарегистрированы также на полигонах 2 и 3. Средняя плотность по численности здесь составляла 0,466 и 0,463 экз./км<sup>2</sup>, по биомассе — 0,160 и 0,273 т/км<sup>2</sup> соответственно. Следует иметь в виду, что донные траловые съемки, проводимые в Петропавловско-Командорской подзоне, полного

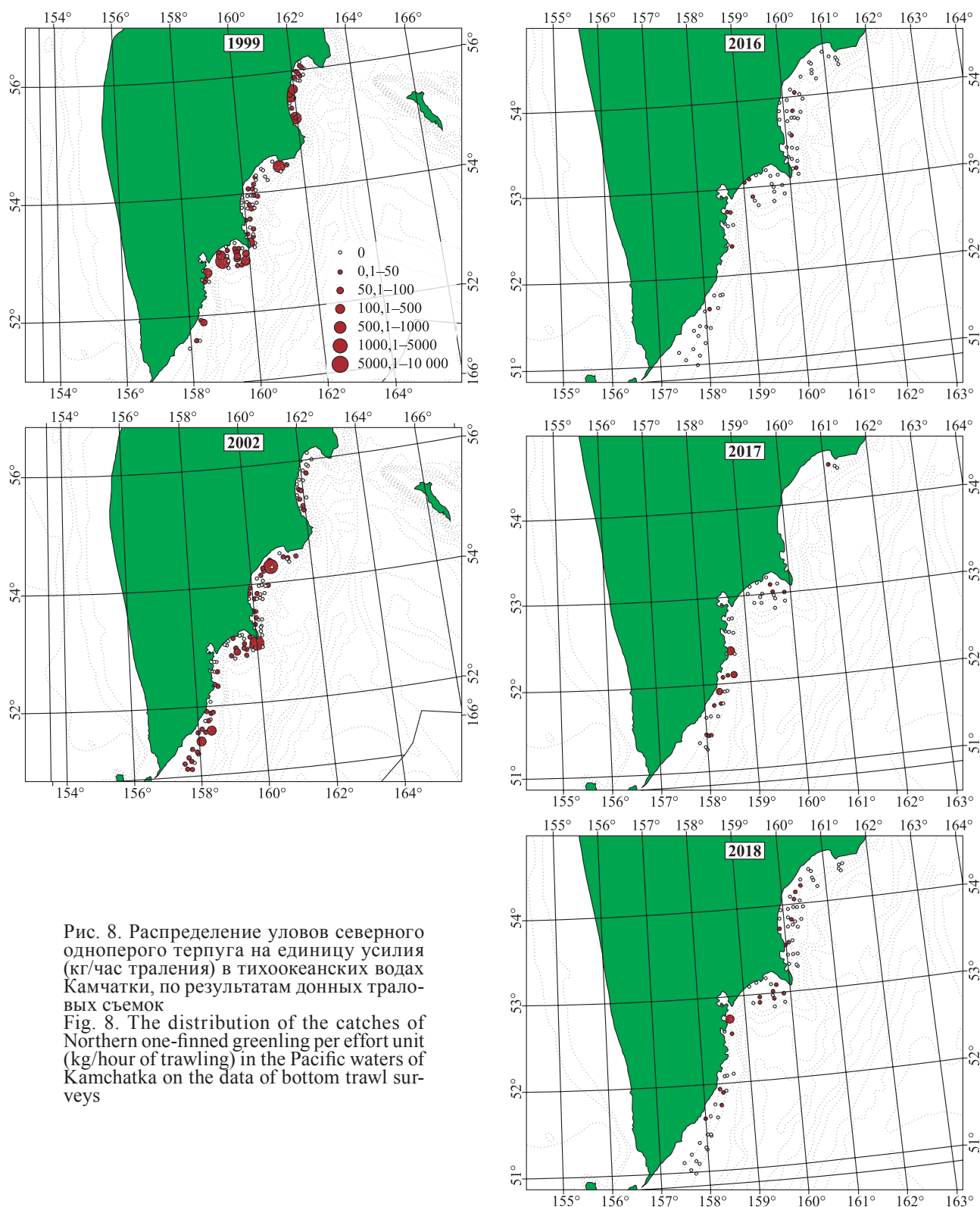


Рис. 8. Распределение уловов северного одноперого терпуга на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок

Fig. 8. The distribution of the catches of Northern one-finned greenling per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys



представления о состоянии запасов северного одноперого терпуга не дают. Основные его скопления на всем ареале приурочены к локальным участкам дна с каменистыми или скалистыми грунтами и сильно расчлененным рельефом дна (Золотов и др., 2015). В тихоокеанских водах Камчатки такие районы расположены у п-вов Камчатский, Кроноцкий, Шипунский, где традиционные донные траловые съемки, как правило, не проводятся. На рисунке 8 видно, что в 2002 г. максимальный улов был отмечен на станции, расположенной на траверзе м. Шипунского. Однако в другие годы исследования здесь не проводились, в стандартный полигон эта точка не попала (см. рис. 2). Тем не менее получение ежегодных сведений о численности и биомассе запаса на стандартных полигонах (в данном случае, в Кроноцком и северной части Авачинского заливов), очевидно, в будущем может использоваться в качестве одного из индексов состояния запаса этого вида.

По данным таблицы 4 хорошо заметно, что после минимальной средней плотности терпуга на всех полигонах в 2016 г. она к 2018 г. практически повсеместно увеличилась.

Среди других промысловых объектов, в отношении которых в Петропавловско-Командорской подзоне устанавливается ОДУ, единично во время донных траловых съемок встречаются представители морских окуней (тихоокеанский морской окунь *Sebastes alutus* и широколобый морской окунь *Sebastes glaucus*) и шипощек (длиннопёрый шипошек *Sebastolobus macrochir*) (см. приложения 1–5). Однако, как и в случае с белокорым палтусом, донные съемки, проводимые только на шельфе, полного представления о состоянии их запасов не дают, в настоящем исследовании они не рассматриваются.

Из второй группы промысловых объектов, в отношении которых ОДУ не устанавливается, наиболее массовыми в Петропавловско-Командорской подзоне являются бычки и скаты.

Из группы бычков условно промысловыми можно считать только белобрюхого *Hemilepidotus jordani* и пестрого *H. gilberti* получешуйников, узколобого *Gymnocanthus galeatus*, широколобого *G. detritus* и нитчатого *G. pistilliger* шлемоносцев. По данным наблюдателей «КамчатНИРО», более крупные виды бычков (керчаки) промыслом не используются и, как правило, выбрасываются за борт еще в море, а мелкие в уловах встречаются в

незначительных количествах (см. приложения 1–5, стр. 33–40) и также промыслом не используются. Учитывая вышеизложенное, ниже приведены сведения только по пяти указанным видам бычков.

Они отмечаются практически повсеместно, но наибольшие по плотности скопления, как правило, регистрируются на полигоне у юго-востока Камчатки (см. табл. 4; рис. 9). Среднемноголетняя плотность распределения рыб по численности составляла здесь 9,610 экз./км<sup>2</sup>, по массе — 3,429 т/км<sup>2</sup>. Высокая плотность бычков также отмечена на полигонах у м. Поворотного и в Кроноцком заливе. В Камчатском заливе в 1999 и 2002 гг. их плотность значительно уступала таковой в других районах. Очевидно, что реперными для этого объекта промысла являются полигоны 2 и 5.

По сравнению с 2016 г., плотность скоплений бычков на стандартном полигоне 2 выросла почти в 3 раза (данных за 2017 г. нет), на полигоне 5 в 2017 г. она возросла, а в 2018 г. снизилась. Близкая картина наблюдалась и на полигоне 3.

К промысловым видам скатов, постоянно встречающимся в качестве прилова при тралово-снюрреводном и ярусном промысле минтая, трески, палтусов и камбал, как на шельфе, так и над верхней частью материкового склона, относятся: щитоносный *Bathyraja parmifera*, алеутский *B. aleutica*, пятнистый *B. maculata*, бесшипый *B. violacea* и прерывчатый *B. interrupta* скаты.

Основные скопления скатов указанных видов по результатам съемок, как правило, фиксировались на полигоне в Кроноцком заливе (рис. 10, см. табл. 4). Максимальная плотность скатов и по численности, и по биомассе отмечена в 2018 г. и составила 0,166 экз./км<sup>2</sup> и 0,504 т/км<sup>2</sup> соответственно, а средние за период исследований величины равны 0,132 экз./км<sup>2</sup> и 0,350 т/км<sup>2</sup>. Значимым также является полигон, расположенный в северной части Авачинского залива.

На полигоне 2 плотность скоплений скатов от 2016 г. к 2018 г. возрастала, а на полигоне 3 — к 2017 г. увеличилась, а в 2018 г. снизилась.

Тихоокеанская сельдь, навага, мойва, угольная рыба, азиатская зубастая корюшка большого промыслового значения в Петропавловско-Командорской подзоне не имеют, в уловах учетным донным тралом хоть и встречаются довольно регулярно, но в незначительных количествах (см. приложения 1–5, стр. 33–40), поэтому в настоящей работе не рассматриваются.

Таким образом, наибольшие уловы на единицу усилия и средние плотности распределения минтая, северной двухлинейной камбалы, бычков практически во все годы наблюдались на полигоне у юго-востока Камчатки, на втором месте был полигон, расположенный в Кроноцком заливе. Основные скопления и наибольшие

средние плотности трески, северного одноперого терпуга, белокорого палтуса, скатов в большинстве рассматриваемых лет наблюдались на полигоне в Кроноцком заливе. Значимые по плотности скопления указанных видов отмечены также на полигоне в северной части Авачинского залива.

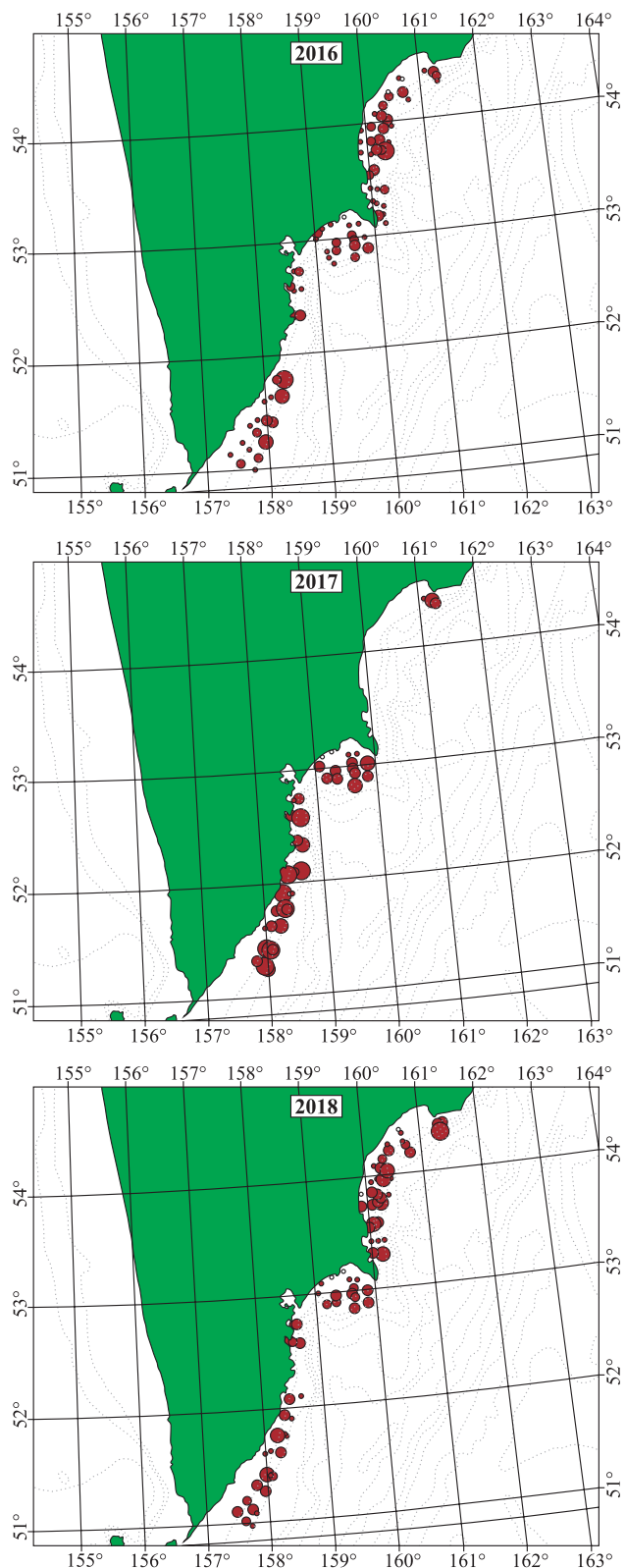
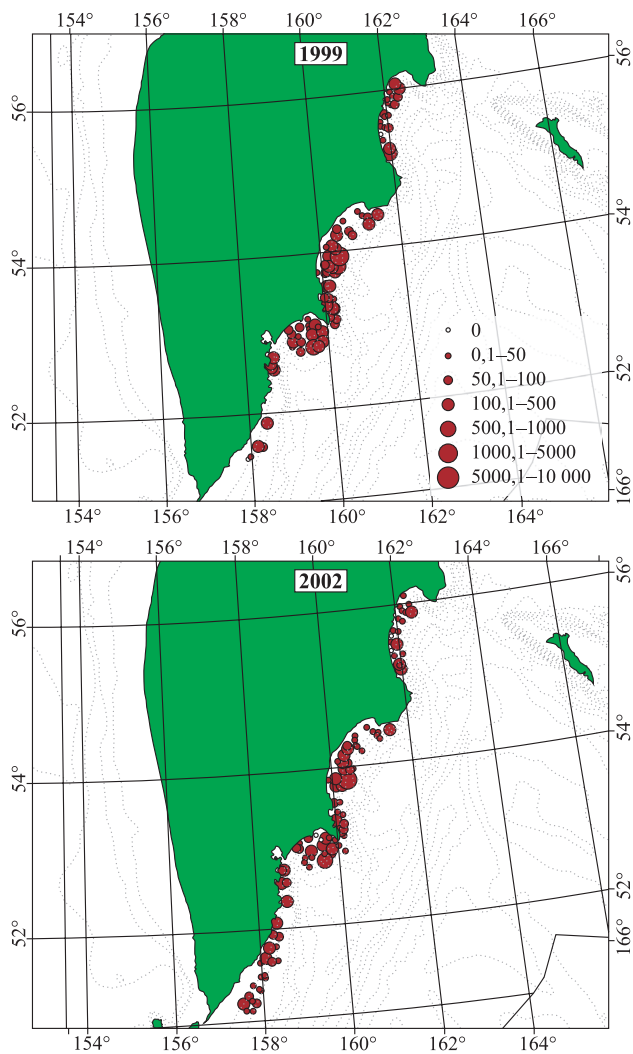


Рис. 9. Распределение уловов бычков на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 9. The distribution of the catches of sculpins per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys

### Оценка запасов основных промысловых рыб

Несмотря на меньшую, по сравнению, например, с юго-востоком Камчатки, среднюю плотность, из-за большой площади полигона, практически во все годы исследований основные запасы рыб были учтены в Кроноцком заливе (см. табл. 4, табл. 5). Без Камчатского залива, в котором в

2016–2018 гг. исследования не проводились, здесь учитывалось в среднем 49,7% всей численности и 48,0% всей биомассы рыб. На втором месте был полигон у юго-востока Камчатки — 31,3 и 32,5% соответственно, на третьем — полигон в северной части Авачинского залива — 17,1 и 17,8% соответственно. Учетная численность и био-

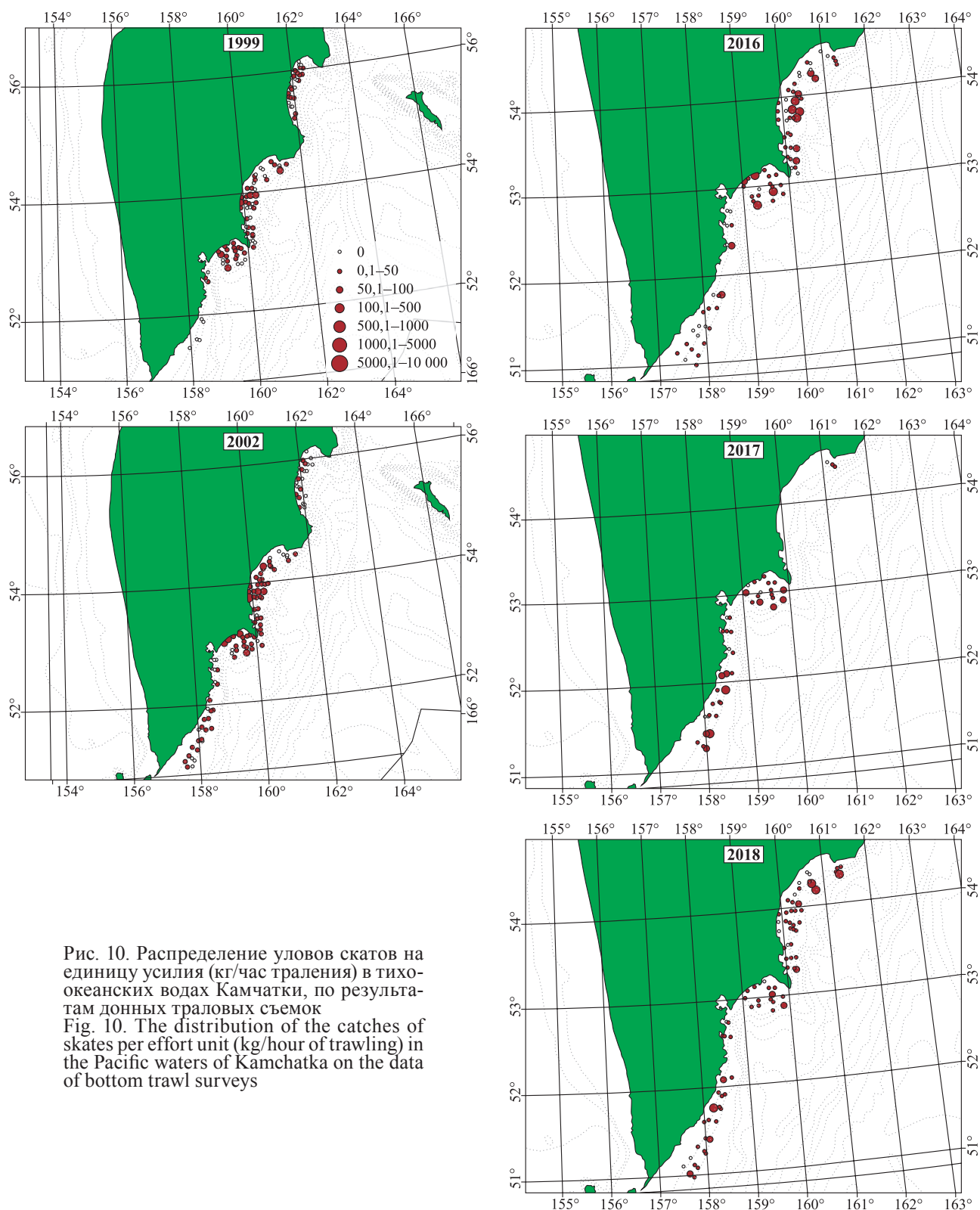


Рис. 10. Распределение уловов скатов на единицу усилия (кг/час траления) в тихоокеанских водах Камчатки, по результатам донных траловых съемок  
Fig. 10. The distribution of the catches of skates per effort unit (kg/hour of trawling) in the Pacific waters of Kamchatka on the data of bottom trawl surveys



Таблица 5. Динамика общей численности (N) и биомассы (B) основных промысловых видов рыб по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок  
Table 5. The dynamics of the total number (N) and biomass (B) of the major commercial fish species by standard grounds and years in the Petropavlovsk-Commander subzone on the bottom trawl survey data

Годы / Полиго- ны* Years / Standard grounds*	1	2	3	4	5	Итого Total	Годы / Полиго- ны / Years / Standard grounds	1	2	3	4	5	Итого Total
<b>Все рыбы / All species</b>													
N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t						
1999	27,900	147,973	56,943	3,298	18,063	254,177	1999	15,677	55,840	27,013	1,180	9,314	109,024
2002		673,306	237,808	8,462	615,315	1534,891	2002	8,369	23,852	11,406	1,029	37,825	82,481
2016		117,174	56,061	10,100	167,515	350,850	2016		32,850	13,424	2,081	31,391	79,746
2017		126,611	26,420	368,159	521,190		2017			27,725	7,496	99,180	134,401
2018		296,950	61,534	14,219	155,935	528,638	2018		98,969	17,147	2,397	49,935	168,448
N, %							B, %						
1999**		65,4	25,2	1,5	8,0	100,0	1999		59,8	28,9	1,3	10,0	100,0
2002**		43,9	15,5	0,6	40,1	100,0	2002		32,2	15,4	1,4	51,0	100,0
2016		33,4	16,0	2,9	47,7	100,0	2016		41,2	16,8	2,6	39,4	100,0
2017							2017						
2018		56,2	11,6	2,7	29,5	100,0	2018		58,8	10,2	1,4	29,6	100,0
Среднее Average		49,7	17,1	1,9	31,3		Среднее Average		48,0	17,8	1,7	32,5	
<b>Минтай / Walleye pollock</b>													
N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t						
1999	13,180	86,220	16,037	1,630	12,246	129,313	1999	8,029	30,591	12,570	0,547	6,988	58,725
2002		585,128	131,498	2,711	564,351	1283,688	2002	2,528	9,648	1,762	0,100	32,038	46,076
2016		49,203	14,473	4,191	64,129	131,996	2016		16,472	6,367	1,100	10,649	34,588
2017			7,276	4,452	198,571	210,299	2017			3,898	0,561	47,365	51,824
2018		73,809	7,135	7,458	49,223	137,625	2018		29,872	3,030	1,465	16,979	51,346
N, %							B, %						
1999		74,2	13,8	1,4	10,5	100,0	1999		60,3	24,8	1,1	13,8	100,0
2002		45,6	10,2	0,2	44,0	100,0	2002		22,2	4,0	0,2	73,6	100,0
2016		37,3	11,0	3,2	48,6	100,0	2016		47,6	18,4	3,2	30,8	100,0
2017							2017					0,0	
2018		53,6	5,2	5,4	35,8	100,0	2018		58,2	5,9	2,9	33,1	100,0
Среднее Average		52,7	10,1	2,6	34,7		Среднее Average		47,1	13,3	1,8	37,8	
<b>Двухлинейная камбала / Northern rock sole</b>													
N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t						
1999	5,203	14,140	9,271	0,244	1,737	30,595	1999	1,688	3,418	2,955	0,077	0,748	8,886
2002		10,690	2,903	0,236	2,161	15,990	2002	1,095	2,042	0,509	0,075	0,542	4,263
2016		12,828	3,152	0,329	18,637	34,946	2016		3,024	0,702	0,121	6,590	10,437
2017			13,260	4,954	57,618	75,832	2017			4,272	1,757	21,237	27,266
2018		89,715	10,801	0,709	44,752	145,977	2018		27,598	2,626	0,158	14,764	45,146
N, %							B, %						
1999		55,7	36,5	1,0	6,8	100,0	1999		47,5	41,1	1,1	10,4	100,0
2002		66,9	18,2	1,5	13,5	100,0	2002		64,5	16,1	2,4	17,1	100,0
2016		36,7	9,0	0,9	53,3	100,0	2016		29,0	6,7	1,2	63,1	100,0
2017							2017						
2018		61,5	7,4	0,5	30,7	100,0	2018		61,1	5,8	0,3	32,7	100,0
Среднее Average		55,2	17,8	1,0	26,1		Среднее Average		50,5	17,4	1,2	30,8	
<b>Треска / Pacific cod</b>													
N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t						
1999	0,697	1,491	0,44	0,101	0,103	2,832	1999	1,41	1,824	0,663	0,057	0,11	4,064
2002		3,805	1,176	0,023	0,068	5,072	2002	0,587	0,227	0,377	0,034	0,135	1,36
2016		1,510	0,981	0,090	0,349	2,93	2016		0,525	0,690	0,005	0,178	1,398
2017			2,022	0,306	0,489	2,817	2017			1,156	0,414	1,15	2,72
2018		2,236	0,483	0,007	0,491	3,217	2018		3,250	0,501	0,009	0,639	4,399
N, %							B, %						
1999		69,8	20,6	4,7	4,8	100,0	1999		68,7	25,0	2,1	4,1	100,0
2002		75,0	23,2	0,5	1,3	100,0	2002		29,4	48,8	4,4	17,5	100,0
2016		51,5	33,5	3,1	11,9	100,0	2016		37,6	49,4	0,4	12,7	100,0
2017							2017						
2018		69,5	15,0	0,2	15,3	100,0	2018		73,9	11,4	0,2	14,5	100,0
Среднее Average		66,5	23,1	2,1	8,3		Среднее Average		52,4	33,6	1,8	12,2	

Таблица 5. Окончание. Начало на с. 24  
Table 5. The end. Beginning on page 24

Годы / Полиго- ны* Years / Standard grounds*	1	2	3	4	5	Итого Total	Годы / Полиго- ны / Years / Standard grounds	1	2	3	4	5	Итого Total
<b>Палтус белокорый / True halibut</b>													
		N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t				
1999	0,199	0,169	0,267	0	0,006	0,641	1999	0,142	0,14	0,403	0	0,021	0,706
2002		0,094	0,026	0	0	0,120	2002	0,152	0,49	0,018	0	0	0,660
2016		0,088	0,014	0	0,004	0,106	2016		0,039	0,018	0	0,008	0,065
2017			0,121	0,001	0	0,122	2017			0,115	0,014	0	0,129
2018		1,092	0,102	0,001	0	1,195	2018		0,511	0,057	0,0001	0	0,568
		N, %							B, %				
1999	31,0	26,4	41,7	0,0	0,9	100,0	1999	20,1	19,8	57,1	0,0	3,0	100,0
2002		78,3	21,7	0,0	0,0	100,0	2002	23,0	74,2	2,7	0,0	0,0	100,0
2016		83,0	13,2	0,0	3,8	100,0	2016		60,0	27,7	0,0	12,3	100,0
2017							2017						
2018		91,4	8,5	0,1	0,0	100,0	2018		89,9	10,0	0,0	0,0	100,0
Среднее Average		72,7	26,0	0,0	1,3		Среднее Average		67,8	28,2	0,0	4,0	
<b>Северный одноперый терпуг / Atka mackerel</b>													
		N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t				
1999	1,046	1,152	4,267	0,068	0,135	6,668	1999	0,841	0,915	2,631	0,045	0,103	4,535
2002		7,014	0,471	0,021	0,890	8,396	2002	0,031	1,927	0,175	0,015	0,686	2,834
2016		0,032	0,023	0,015	0,021	0,091	2016		0,015	0,010	0,007	0,009	0,041
2017			0,059	0,530	0,517	1,106	2017			0,032	0,232	0,287	0,551
2018		0,293	0,057	0,196	0,053	0,599	2018		0,079	0,028	0,106	0,032	0,245
		N, %							B, %				
1999		20,5	75,9	1,2	2,4	100,0	1999		24,8	71,2	1,2	2,8	100,0
2002		83,5	5,6	0,3	10,6	100,0	2002		68,7	6,2	0,5	24,5	100,0
2016		35,2	25,3	16,5	23,1	100,0	2016		36,6	24,4	17,1	22,0	100,0
2017							2017		0,0	5,8	42,1	52,1	
2018		48,9	9,5	32,7	8,8	100,0	2018		32,2	11,4	43,3	13,1	100,0
Среднее Average		47,0	29,1	12,7	11,2		Среднее Average		32,5	23,8	20,8	22,9	
<b>Бычки / Sculpins</b>													
		N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t				
1999	1,502	27,577	5,565	0,623	1,069	36,336	1999	0,759	11,575	2,792	0,254	0,633	16,013
2002		8,951	5,919	1,034	6,300	22,204	2002	0,748	4,088	3,060	0,418	2,086	10,4
2016		17,976	8,990	1,886	20,846	49,698	2016		5,428	1,830	0,469	7,355	15,082
2017			32,231	9,485	62,038	103,754	2017			7,086	2,915	20,777	30,778
2018		43,021	12,412	1,096	24,068	80,597	2018		13,072	3,345	0,291	8,827	25,535
		N, %							B, %				
1999		79,2	16,0	1,8	3,1	100,0	1999		75,9	18,3	1,7	4,1	100,0
2002		40,3	26,7	4,7	28,4	100,0	2002		42,4	31,7	4,3	21,6	100,0
2016		36,2	18,1	3,8	41,9	100,0	2016		36,0	12,1	3,1	48,8	100,0
2017							2017						
2018		53,4	15,4	1,4	29,9	100,0	2018		51,2	13,1	1,1	34,6	100,0
Среднее Average		52,3	19,0	2,9	25,8		Среднее Average		51,4	18,8	2,6	27,3	
<b>Скаты / Skates</b>													
		N, млн шт. / mln specs							B, тыс. т / thous. t				
1999	0,037	0,456	0,082	0,008	0,014	0,597	1999	0,186	1,260	0,405	0,018	0,024	1,893
2002		0,448	0,210	0,002	0,165	0,825	2002	0,088	1,053	0,482	0,011	0,234	1,868
2016		0,758	0,343	0,026	0,235	1,362	2016		1,811	0,968	0,063	0,482	3,324
2017			0,420	0,032	0,643	1,095	2017			1,106	0,101	1,381	2,588
2018		0,762	0,275	0,008	0,632	1,677	2018		2,314	0,906	0,024	1,424	4,668
		N, %							B, %				
1999		81,4	14,6	1,4	2,5	100,0	1999		73,8	23,7	1,1	1,4	100,0
2002		54,3	25,5	0,2	20,0	100,0	2002		59,2	27,1	0,6	13,1	100,0
2016		55,7	25,2	1,9	17,3	100,0	2016		54,5	29,1	1,9	14,5	100,0
2017							2017						
2018		45,4	16,4	0,5	37,7	100,0	2018		49,6	19,4	0,5	30,5	100,0
Среднее Average		59,2	20,4	1,0	19,4		Среднее Average		59,3	24,8	1,0	14,9	

\* — номера полигонов как на рис. 1 (the numbers of the standard grounds like in Fig. 1); \*\* — без учета полигона 1 (without the standard ground 1); серым цветом выделены реперные полигоны для каждого объекта (the benchmark standard grounds for each object is in grey).

масса на небольшом полигоне у м. Поворотного в среднем не превышала 2%. Исследования, проведенные в Камчатском заливе в 1999 и 2002 гг., показали, что в этом районе может учитываться до 11,0% всех рыб по численности и до 14,4% — по биомассе.

Всего в 2018 гг. общая численность всех рыб на обследованной акватории составила 528,638 млн экз., биомасса — 168,448 тыс. т, что почти в два раза превышает показатели 2016 г. На полигоне 2 в терминальном году по сравнению с 2016 г. численность и биомасса многократно возросла, а на полигонах 3 и 5 после максимума в 2017 г. — снизилась.

Главным образом, из-за большей площади основные запасы минтая практически во все годы фиксировали в Кроноцком заливе (по численности в среднем 52,7%, по биомассе — 47,1%) (табл. 5). На втором месте был полигон 5, где отмечена максимальная средняя плотность скоплений этого вида. В Камчатском заливе запасы минтая невелики. Таким образом, реперными для данного вида являются полигоны 2 и 5. Последний необходимо обследовать ежегодно и в полном объеме. Дополнительно для оценки состояния запасов минтая можно использовать данные о численности и биомассе, учтенных на полигоне 3, поскольку он обследуется ежегодно и в полном объеме.

Всего в терминальном году на всей обследованной акватории было учтено 137,625 млн экз., или 51,346 тыс. т минтая. По сравнению с 2016 г., численность вида после максимума в 2017 г. снизилась, а биомасса осталась примерно на уровне 2017 г. На полигоне 2 в 2018 г. эти показатели увеличились, а на полигоне 5 в 2017 г. увеличились, а в 2018 г. снизились.

В среднем, 55,2% по численности и 50,5% по биомассе северной двухлинейной камбалы учитывалось в Кроноцком заливе, притом что наибольшей плотности скопления этого вида зарегистрированы, в основном, в районе у юго-востока Камчатки (см. табл. 4–5). Последний по оцененным ресурсам занимает второе место со среднесулетним вкладом, равным 26,1 и 30,8% соответственно по численности и биомассе. Для сведения, в Камчатском заливе в 1999 и 2002 гг. регистрировалось до 17% двухлинейной камбалы по численности и до 25,7% по биомассе. В предыдущем разделе в качестве реперных для

данного вида выделили полигоны 2 и 5. Дополнительно можно использовать данные о численности и биомассе, учтенных на полигоне 3, поскольку он обследуется ежегодно и в полном объеме.

Всего в 2018 гг. общая численность северной двухлинейной камбалы на обследованной акватории составила 145,977 млн экз., биомасса — 45,146 тыс. т, что в разы больше, чем в 2016 г. На полигоне 2 в терминальном году по сравнению с 2016 г. численность и биомасса многократно возросли, а на полигонах 3 и 5 после максимума в 2017 г. — снизились.

Основные запасы трески, как и северной двухлинейной камбалы, в большинство лет были сосредоточены на полигоне 2 (по численности, в среднем, 66,2%, по биомассе — 52,4%) (см. табл. 5). Здесь же, как правило, отмечена и максимальная плотность скоплений этого вида (см. табл. 4). Значимым также был полигон 3 (23,1 и 33,6% соответственно). Интересно отметить, что в годы, когда проводились исследования в Камчатском заливе, здесь учитывалось до 24,6% всей трески по численности и до 43,2% по биомассе. Таким образом, в качестве реперных для данного вида выступают полигоны 2 и 3. Очевидно, что 1 раз в 3–5 лет целесообразно обследовать также полигон, расположенный в Камчатском заливе.

Всего в 2018 г. учтено 3,217 млн экз., или 4,399 тыс. т, трески, что выше, чем в 2016 г. Отдельно по полигонам ситуация выглядела следующим образом: в Кроноцком заливе (без данных 2017 г.) в 2018 г. по сравнению с 2016 г. показатели обилия увеличились, на полигоне в северной части Авачинского залива в 2017 г. возросли, а в 2018 г. снизились.

Практически во все годы наибольшие запасы белокорого палтуса отмечены в Кроноцком заливе (см. табл. 5), где, как правило, была наибольшая средняя плотность вида (см. табл. 4). Здесь, в среднем, учитывалось 72,7% палтуса по численности и 67,8% по биомассе. Вторым по значимости был полигон в северной части Авачинского залива. Вклад Камчатского залива в 1999 и 2002 гг. по биомассе достигал 23,0%. Реперными для данного вида можно считать полигоны 2 и 3. Один раз в 3–5 лет целесообразно обследовать также полигон, расположенный в Камчатском заливе.

Всего в 2018 г. на всей обследованной акватории было учтено 1,195 млн экз. белокорого палтуса, или 0,568 тыс. т. Очевиден существенный рост как численности, так и биомассы вида по сравнению с 2016 г. На полигоне в Кроноцком заливе запасы палтуса в 2018 г. по сравнению с 2016 г. увеличились, на полигоне в северной части Авачинского залива в 2017 г. возросли, а в 2018 г. снизились.

Наибольшие запасы северного одноперого терпуга практически во все годы были оценены в Кроноцком заливе (в среднем, по численности 47,0%, по биомассе 32,5%) (см. табл. 5). На втором месте по вкладу в общий оцененный ресурс был полигон в северной части Авачинского залива. Для сведения, в Камчатском заливе в 1999 г. было учтено 18,5% общей биомассы вида на всей обследованной акватории. Таким образом, реперными для данного вида являются полигоны 2 и 3. Очевидно, что 1 раз в 3–5 лет целесообразно обследовать также полигон, расположенный в Камчатском заливе.

В терминальном году общая оцененная численность северного одноперого терпуга составила 0,599 млн экз., биомасса — 0,245 тыс. т, что многократно выше, чем в 2016 г., но ниже, чем в 2017 г. На полигоне 2 численность и биомасса в 2018 г. по сравнению с 2016 г. увеличились, на полигонах 3 и 5 эти показатели в 2017 г. возросли, а в 2018 г. снизились.

В среднем, 52,3% бычков указанных в предыдущем разделе видов по численности и 51,4% по биомассе учитывалось в Кроноцком заливе (см. табл. 5). Значимым был также полигон у юго-востока Камчатки, где зарегистрирована их максимальная средняя плотность (см. табл. 4). Вклад Камчатского залива в общую численность и биомассу бычков в 1999 и 2002 гг. был невысок. Таким образом, в качестве реперных для данного объекта промысла выступают полигоны 2 и 5. Как и для других объектов, дополнительно для оценки состояния запасов можно использовать данные о численности и биомассе бычков, учтенных на полигоне 3, поскольку он обследуется ежегодно и в полном объеме.

В 2018 г. общая оцененная численность бычков равна 80,597 млн экз., биомасса — 25,535 тыс. т. Отмечены рост ресурсов этого объекта промысла от 2016 г. к 2017 г. и снижение запасов в терминальном году. На полигоне 2 численность и биомасса

в 2018 г., по сравнению с 2016 г., увеличились многократно, а на полигонах 3 и 5 эти показатели в 2017 г. возросли, а в 2018 г. снизились.

Как и по другим объектам, основные ресурсы промысловых видов скатов были оценены на полигоне в Кроноцком заливе (в среднем, по численности — 59,2%, по биомассе — 59,3%) (см. табл. 5). Весомым был вклад полигона в северной части Авачинского залива. Таким образом, реперными для скатов являются полигоны 2 и 3.

В 2018 г. численность скатов на всей обследованной акватории составила 1,677 млн экз., биомасса — 4,688 тыс. т. В Кроноцком заливе численность и биомасса к 2018 г. увеличились, а в северной части Авачинского залива после максимума в 2017 г. снизились.

Таким образом, в Петропавловско-Командорской подзоне приоритетными, с точки зрения оценки запасов, для северной двухлинейной камбалы, минтая, бычков являются полигоны в Кроноцком заливе и у юго-востока Камчатки. Дополнительно по указанным объектам целесообразно использовать данные о численности и биомассе рыб, учтенных на полигоне в северной части Авачинского залива. Реперными для трески, северного одноперого терпуга, белокорого палтуса, скатов являются полигоны в Кроноцком и северной части Авачинского заливов.

Полученные оценки запасов основных промысловых видов рыб на реперных полигонах планируется использовать в качестве показателей обилия при оценке запасов методами математического моделирования.

С целью получения более достоверных сведений о состоянии запасов трески, северного одноперого терпуга, палтуса белокорого, считаем целесообразным 1 раз в 3–5 лет выполнять исследования в Камчатском заливе, а исследования на акватории, прилегающей к м. Поворотному, не проводить, сосредоточив при этом большие усилия на полном обследовании полигона у юго-востока Камчатки. Улучшить результаты съемок в будущем позволит проведение их в стандартные и более короткие сроки.

#### **Размерно-возрастной состав северной двухлинейной камбалы и минтая**

Размерно-возрастной состав северной двухлинейной камбалы и минтая рассматривали для выделенных реперных полигонов 2 и 5, а также

дополнительно для полигона 3, по которому данные есть за все годы наблюдений.

В 1999 г. на полигоне в Кроноцком заливе встречалась северная двухлинейная камбала длиной 9–46 см, а доминировали особи длиной 24–29 см (34,1%) (рис. 11). 78,3% всех рыб были в возрасте 9 лет и младше, а модальной возрастной группой была 6+. В северной части Авачинского залива и размерный, и возрастной составы были близки к таковым в Кроноцком заливе, но в уловах было меньше молодых рыб в возрасте 2+–4+.

В 2002 г. основу уловов на полигонах 2 и 3 составляли более мелкие и младше-возрастные рыбы: 21–24 см (50,0%) и 4+...5+ лет соответственно. На полигоне у юго-востока Камчатки превалировали рыбы длиной 25–28 см (36,2%). Модальной возрастной группой была 6+.

В 2016 г. в Кроноцком и в северной части Авачинского заливов размерно-возрастной состав рыб в уловах был близким. Доминировали особи длиной 24–29 см в возрасте 5+...7+ лет.

За 2017 г. в нашем распоряжении есть данные только с полигона, расположенного в северной части Авачинском залива. Превалировали особи двух размерных групп: 17–19 см (11,6%) и 29–34 см (42,4%). Первая группа ассоциируется с 4-летками, вторая — с 9-летками.

В 2018 г. в Кроноцком заливе основу уловов составляла камбала длиной 28–33 см (34,4%) в возрасте 6+...8+ лет (35,5%). В северной части Авачинского залива размерный состав рыб отличался. Доминировали рыбы двух размерных групп: 14–16 см (8,9%) и 23–30 см (52,1%). Превалирующими возрастными группами были 5+...8+ (53,5%). Наиболее крупные рыбы отмечены на полигоне у юго-востока Камчатки, где доминировали особи длиной 25–28 см (36,2%) в возрасте 6+...9+ лет (65,9%).

В 2016–2018 гг. к поколениям повышенной численности, очевидно, можно отнести рыб генерации 2014 г. Их отно-

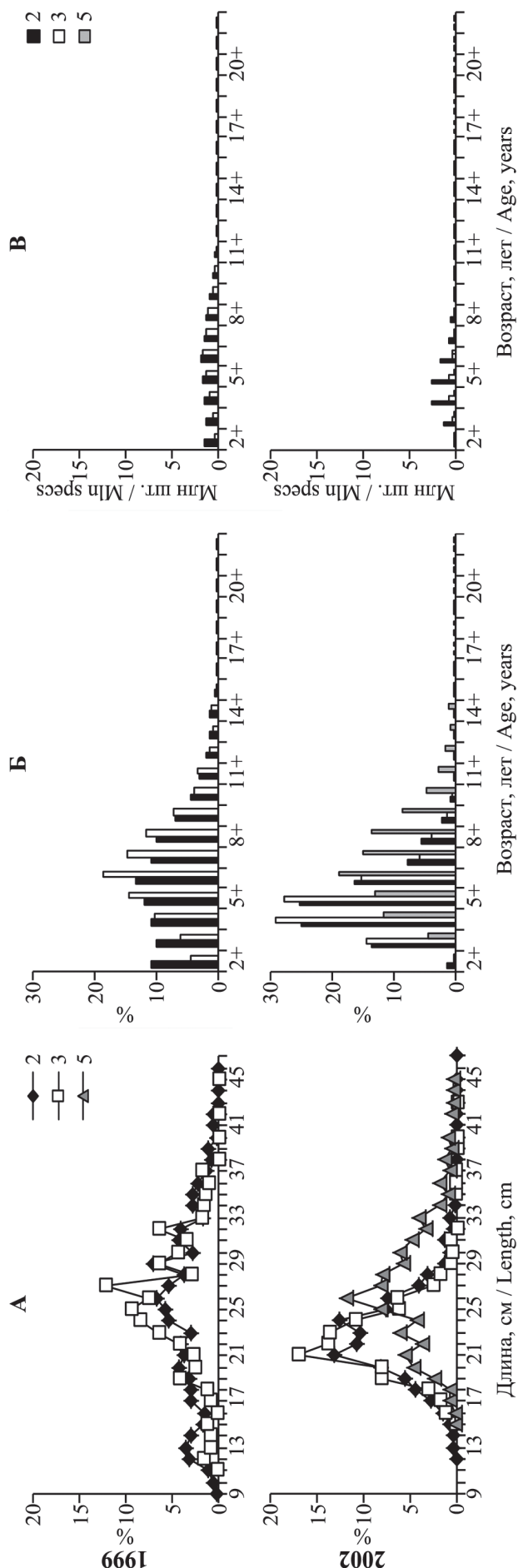


Рис. 11 (начало). Размерный (А), возрастной состав в относительных (Б) и абсолютных величинах (В) северной двухлинейной камбалы на реперных полигонах в тихоокеанских водах Камчатки  
Fig. 11 (beginning). The size (А) and age composition of northern flounder on the standard grounds in the Pacific waters of Kamchatka in conventional (Б) and absolute mean-ings (В)



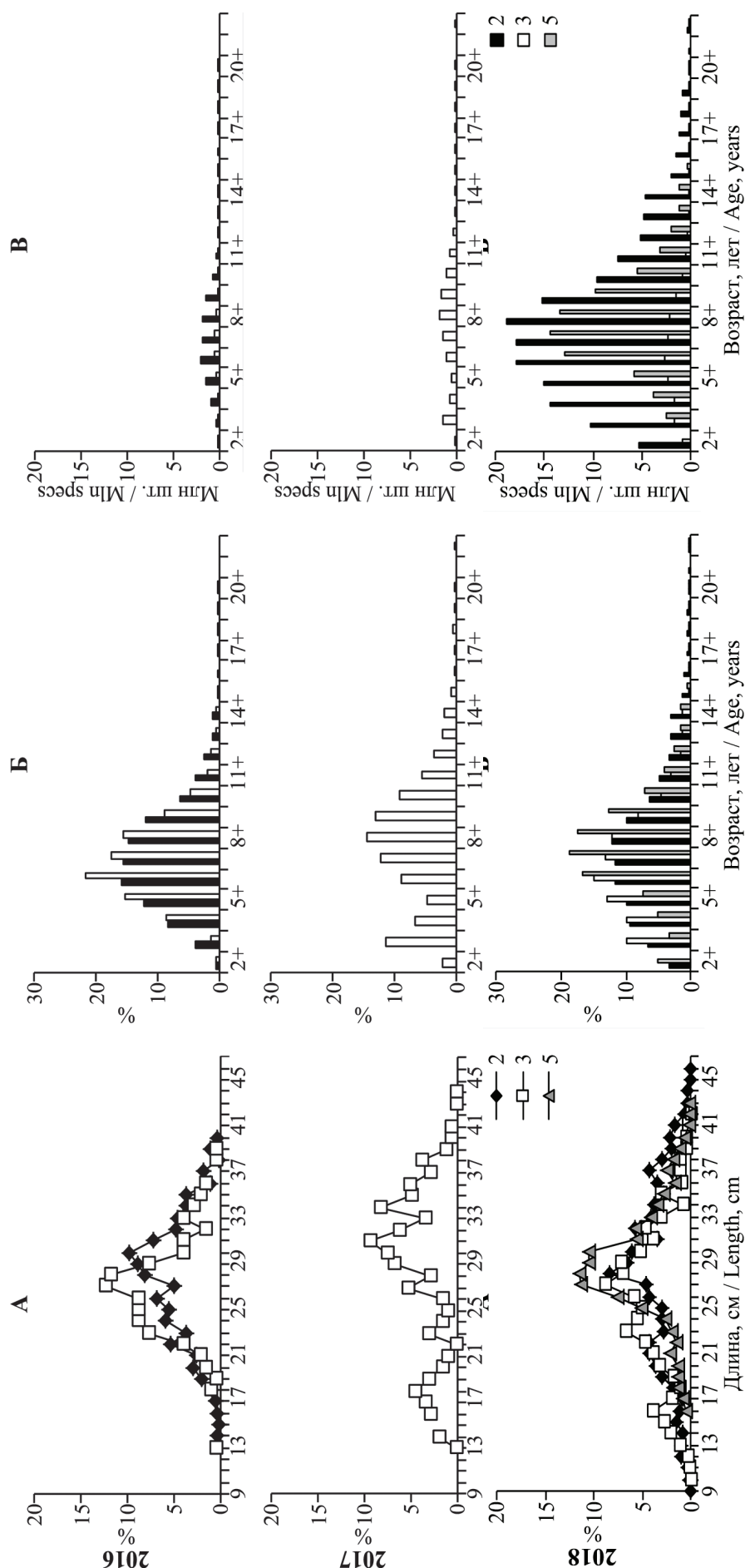


Рис. 11. Окончание. Начало на с. 28  
Fig. 11. The end. Beginning on page 28

сительная численность на полигоне 3 в 2017 г. составляла 11,4%, что в несколько раз выше, чем в том же возрасте в смежные годы.

Статистические показатели оценки размерного и возрастного состава северной двухлинейной камбалы приведены в таблице 6.

Возрастной состав северной двухлинейной камбалы по годам исследований, выраженный в абсолютных величинах, представлен на рисунке 11В. Обращает на себя внимание многократно большее количество учтенных рыб в 2018 г. по сравнению с 2016–2017 гг., что может быть связано, во-первых, с ростом запасов этого вида, а во-вторых, с возможным недоучетом камбал в прошлые годы.

В 1999 г. в уловах встречался минтай длиной от 16 до 79 см. В Кроноцком заливе доминировали особи длиной 25–27 см (56,6%), преимущественный возраст которых составил 2+...3+ лет (рис. 12). В северной части Авачинского залива преобладали рыбы длиной 49–57 см (52,6%) в возрасте 7+...9+ лет.

В 2002 г. в Кроноцком заливе уловы минтая были представлены рыбами длиной тела от 5 до 75 см, а основу со-

ставляли особи длиной 41–44 см (28,9%). Доминирующей возрастной группой была 6+. В северной части Авачинского залива превалировал минтай длиной 49–52 см (34,1%). Примерно в равном соотношении основу уловов составляли особи в возрасте 7+...9+ лет. На полигоне у юго-востока Камчатки размерно-возрастной состав рыб в уловах существенно отличался от других полигонов. Доминировали молодые рыбы длиной 25–29 см (73,1%), а модальной возрастной группой были трехлетки.

В 2016 г. на полигоне в Кроноцком заливе основу составлял минтай длиной 30–34 см (53,1%). Модальной возрастной группой была 2+. В северной части Авачинского залива доминировали рыбы длиной 43–46 см (53,2%). Основными возрастными группами были 4+...6+.

В 2018 г. в Кроноцком заливе на кривой размерного состава отчетливо выделялись три размерные группы: 25–27 см (15,1%), 35–38 см (27,9%) и 43–46 см (14,9%). В возрастном составе примерно в равных долях доминировали трех- и четырехлетки. Молодь минтая размерных групп 23–26 см

(26,0%) отмечена и на полигоне в северной части Авачинского залива.

Значимыми в уловах в этом районе были также рыбы длиной 48–53 см (33,9%). В возрастном составе превалировали трехлетки (23,1%), а также рыбы в возрасте 7+...9+ (39,2%). На полигоне у юго-востока Камчатки основу уловов составляли рыбы длиной 32–36 см (43,7%). Как и в Кроноцком заливе, основными возрастными группами были 2+...3+.

Статистические показатели оценки размерного и возрастного состава минтая приведены в таблице 6, а возрастной состав вида по годам исследований, выраженный в абсолютных величинах, представлен на рисунке 12В.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

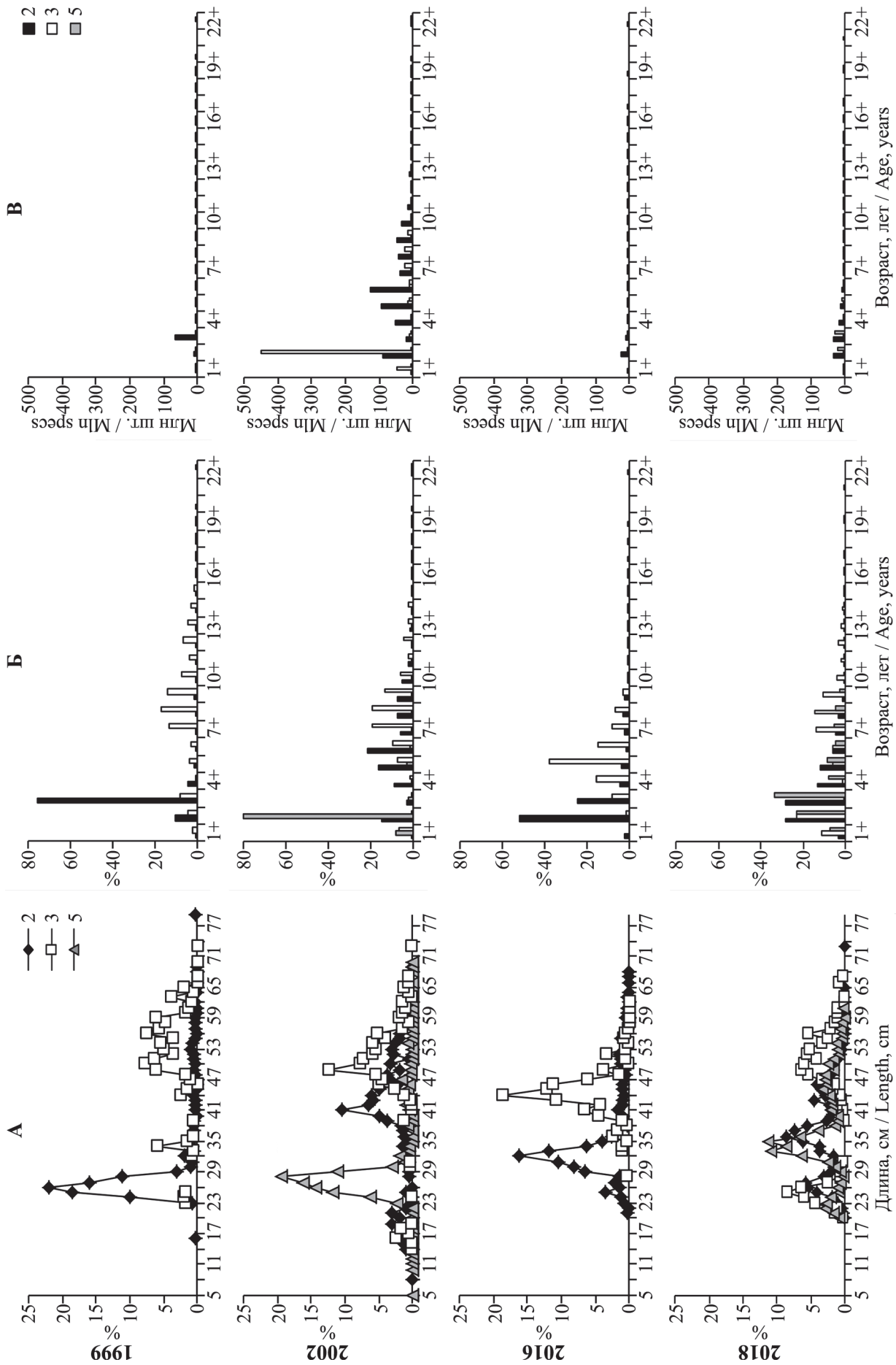
На основе результатов донных траловых съемок, выполненных на шельфе Петропавловско-Командорской подзоны в 1999, 2002, 2016–2018 гг., выделено три стандартных по площади полигона: в Кроноцком заливе, северной части Авачинского залива и у юго-востока Камчатки.

Таблица 6. Статистические характеристики размерного и возрастного состава северной двухлинейной камбалы и минтая на реперных полигонах, по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне  
Table 6. The size and age composition statistical indices of Northern rock sole and walleye pollock in the standard grounds on the bottom trawl survey data in the Petropavlovsk-Commander subzone

Год / Полигон Year / Standard ground	Показатели Indicators	2	3	5
<b>Северная двухлинейная камбала / Northern rock sole</b>				
1999	N, шт.*	1818	413	—
	M, см**	24,8 ± 0,44	25,3 ± 0,37	—
	T, лет***	6,10	6,50	—
2002	N, шт.	1254	457	556
	M, см	22,5 ± 0,27	22,1 ± 0,27	26,7 ± 0,60
	T, лет	5,2	5,0	7,1
2016	N, шт.	541	26,6 ± 0,16	—
	M, см	27,4 ± 0,29	6,9	—
	T, лет	7,3	—	—
2017	N, шт.	—	346	—
	M, см	—	28,4 ± 0,18	—
	T, лет	—	7,7	—
2018	N, шт.	1900	795	1247
	M, см	27,9 ± 0,20	25,3 ± 0,20	28,3 ± 0,14
	T, лет	7,5	6,5	7,7
<b>Минтай / Walleye pollock</b>				
1999	N, шт.	681	267	—
	M, см	28,6 ± 0,11	49,5 ± 0,12	—
	T, лет	2,5	8,1	—
2002	N, шт.	867	153	716
	M, см	40,5 ± 0,09	47,7 ± 0,11	29,0 ± 0,11
	T, лет	5,1	7,7	2,4
2016	N, шт.	859	218	—
	M, см	34,3 ± 0,18	43,1 ± 0,07	—
	T, лет	3,3	5,4	—
2018	N, шт.	2252	510	1541
	M, см	36,1 ± 0,17	42,1 ± 0,60	36,4 ± 0,24
	T, лет	3,7	6,0	3,8

\* — количество промеров (the number of measurements), \*\* — средняя длина (the average length), \*\*\* — средний возраст (the average age)





В рассматриваемые годы в уловах учетного донного трала отмечен 101 вид рыб из 23 семейств, еще 8 видов рыб определены до рода. Доминировали, в основном, одни и те же виды рыб: минтай, северная двухлинейная камбала и широколобый шлемоносец.

Наибольшие уловы на единицу усилия и средние плотности распределений массовых промысловых видов в Петропавловско-Командорской подзоне: северной двухлинейной камбалы, минтая, бычков — практически во все годы наблюдались на полигоне у юго-востока Камчатки, на втором месте был полигон, расположенный в Кроноцком заливе. Основные скопления и наибольшая средняя плотность трески, северного одноперого терпуга, белокорого палтуса, скатов в большинство рассматриваемых лет наблюдались на полигоне в Кроноцком заливе. Значимые по плотности скопления указанных видов отмечены также на полигоне в северной части Авачинского залива.

В Петропавловско-Командорской подзоне приоритетными, с точки зрения оценки запасов, для северной двухлинейной камбалы, минтая, бычков являются полигоны в Кроноцком заливе и у юго-востока Камчатки. Дополнительно по указанным объектам для оценки состояния запасов целесообразно использовать данные о численности и биомассе, учтенные на полигоне в северной части Авачинского залива, поскольку

он обследуется ежегодно. Реперными для трески, северного одноперого терпуга, белокорого палтуса, скатов являются полигоны в Кроноцком и северной части Авачинского заливов. Полученные оценки запасов основных промысловых видов рыб на реперных полигонах планируется использовать в качестве индексов состояния запасов в модельных расчетах.

В работе приведены результаты оценки возрастного состава северной двухлинейной камбалы и минтая в относительных и абсолютных величинах на реперных полигонах для последующего использования в качестве дополнительного индекса состояния запаса в модельных расчетах.

С целью получения более достоверных сведений о состоянии запасов трески, терпуга, палтуса белокорого, необходимо 1 раз в 3–5 лет выполнять исследования в Камчатском заливе, а исследования на акватории, прилегающей к м. Поворотному, не проводить, сосредоточив при этом большие усилия на полном обследовании полигона у юго-востока Камчатки. Улучшить результаты съемок в будущем позволит проведение их в стандартные и более короткие сроки.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность всем участникам донных траловых съемок в исследуемые годы.

## ПРИЛОЖЕНИЯ / APPLICATIONS

Приложение 1. Видовой состав уловов морских рыб по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне на СТМ «Шурша» в 1999 г.

Application 1. The species composition of the catches of marine fish species on the results of the bottom trawl survey by the STRM “Shursha” in 1999 in the Petropavlovsk-Commander subzone

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE*, кг/час траления (kg/hour of trawling*)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Rajidae</b>											
<i>Bathyraja matsubarae</i>	55		2,200	2,700	2,467	0	5,400	2,467	0	1,96	0,22
<i>Bathyraja parmifera</i>	33	106	0,700	10,00	5,142	0	72,000	11,396	0	17,82	1,01
<i>Bathyraja interrupta</i>	42	72	0,870	5,500	1,962	0	38,920	4,258	0	5,65	0,38
<i>Bathyraja taranetzi</i>	65		2,000	2,000	2,000	0	4,000	2,000	0	0,18	0,18
<i>Bathyraja aleutica</i>	51	115	1,500	9,000	4,975	0	27,000	4,975	0	6,51	0,44
<b>Сем. Clupeidae</b>											
<i>Clupea pallasii</i>	25		0,150	0,340	0,245	0	0,680	0,245	0	0,06	0,02
<b>Сем. Osmeridae</b>											
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	5	16	0,003	0,030	0,018	0	80,000	1,219	0	12,84	0,11
<i>Osmerus mordax dentex</i>	20	36	0,110	0,330	0,204	0	4,940	0,204	0	0,68	0,02
<b>Сем. Salmonidae</b>											
<i>Oncorhynchus keta</i>	64	66	3,500	4,000	3,750	0	16,000	3,750	0	0,83	0,33
<i>Oncorhynchus nerka</i>	15	17	0,150	4,000	2,075	0	8,000	2,075	0	1,40	0,18
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	48		1,600	1,600	1,600	0	3,200	1,600	0	0,83	0,14
<b>Сем. Gadidae</b>											
<i>Theragra chalcogramma</i>	10	79	0,070	2,050	0,848	0	9479,68	601,577	0	96,86	53,17
<i>Eleginus gracilis</i>	21	38	0,100	0,460	0,303	0	3,600	0,303	0	0,48	0,03
<i>Gadus macrocephalus</i>	12	96	0,200	8,000	2,392	0	837,900	51,255	0	43,58	4,53
<b>Сем. Sebastidae</b>											
<i>Sebastolobus macrochir</i>	40		1,000	1,000	1,000	0	1,500	1,000	0	0,03	0,09
<i>Sebastes alutus</i>	15		0,050	0,050	0,050	0	0,100	0,050	0	0,01	+
<b>Сем. Hexagrammidae</b>											
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	49		2,500	2,500	2,500	0	5,000	2,500	0	0,28	0,22
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	22	50	0,450	1,700	0,826	0	1599,600	52,590	0	71,72	4,65
<b>Сем. Cottidae</b>											
<i>Gymnocanthus pistilliger</i>	11	23	0,010	0,200	0,069	0	9,600	0,189	0	1,81	0,02
<i>Gymnocanthus galeatus</i>	11	42	0,070	0,830	0,490	0	228,000	6,233	0	23,83	0,55
<i>Gymnocanthus detritus</i>	11	45	0,130	0,750	0,431	0	2960,000	118,553	0	69,68	10,48
<i>Enophrys diceraus</i>	13		0,050	0,050	0,050	0	0,100	0,050	0	0,03	+
<i>Icelus spiniger</i>	8	23	0,010	0,100	0,046	0	4,800	0,206	0	0,75	0,02
<i>Artediellus ochotensis</i>	10	12	0,020	0,025	0,022	0	0,080	0,022	0	0,03	+
<i>Artediellus miacanthus</i>	7	12	0,015	0,050	0,024	0	0,100	0,024	0	0,02	+
<i>Triglops scepticus</i>	10	25	0,020	0,160	0,098	0	39,060	1,132	0	6,93	0,10
<i>Hemilepidotus jordani</i>	14	51	0,030	0,730	0,251	0	78,840	1,580	0	8,13	0,14
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	12	54	0,090	2,200	0,721	0	306,000	18,773	0	24,87	1,66
<i>Triglops pingelii</i>	5	19	0,003	0,050	0,025	0	0,900	0,025	0	0,45	+
<i>Triglops forficatus</i>	11	31	0,010	0,250	0,111	0	59,400	2,740	0	12,03	0,24
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	23	82	0,170	9,330	3,204	0	259,700	14,135	0	22,82	1,25
<i>Artediellus camchaticus</i>	6	15	0,008	0,100	0,024	0	28,800	0,333	0	1,46	0,03
<i>Myoxocephalus jaok</i>	13	62	0,170	4,000	2,042	0	60,000	3,642	0	13,74	0,32
<b>Сем. Hemitriptidae</b>											
<i>Blepsias bilobus</i>	6		0,010	0,020	0,013	0	0,040	0,013	0	0,01	+
<b>Сем. Psychrolutidae</b>											
<i>Dasycottus setiger</i>	20	41	0,400	2,000	1,093	0	6,000	1,093	0	2,15	0,10
<i>Malacocottus zonurus</i>	7	32	0,015	0,670	0,295	0	30,000	0,821	0	0,97	0,07
<b>Сем. Agonidae</b>											
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	12	23	0,010	2,500	0,163	0	5,000	0,163	0	0,41	0,01
<i>Sarritor frenatus</i>	13	26	0,010	0,080	0,045	0	3,200	0,206	0	0,76	0,02
<i>Podothecus acipenserinus</i>	8	34	0,010	0,250	0,123	0	22,800	1,858	0	4,18	0,16
<i>Percis japonica</i>	33	40	0,350	0,550	0,450	0	3,000	0,450	0	0,53	0,04
<i>Pallasina barbata</i>	14		0,010	0,010	0,010	0	0,020	0,010	0	0,00	+
<i>Occella dodecaedron</i>	7		0,010	0,015	0,013	0	0,060	0,013	0	0,01	+
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	14		0,025	0,025	0,025	0	0,100	0,025	0	0,02	+
<b>Сем. Cyclopteridae</b>											
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	20		0,850	1,200	1,025	0	2,400	1,025	0	0,77	0,09
<i>Eumicrotremus orbis</i>	5		0,010	0,050	0,030	0	0,100	0,030	0	0,04	+

Приложение 1. Окончание. Начало на с. 33  
Application 1. The end. Beginning on page 33

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE*, кг/час траления (kg/hour of trawling*)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Liparidae</b>											
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	10	40	0,020	1,050	0,584	0	8,000	0,584	0	0,62	0,05
<i>Careproctus rastrinus</i>	7	46	0,070	4,330	0,986	0	64,800	1,341	0	11,50	0,12
<i>Careproctus furcellus</i>	38	60	1,160	1,800	1,552	0	51,000	1,552	0	3,30	0,14
<i>Liparis ochotensis</i>	18	65	0,100	4,660	2,086	0	50,960	3,222	0	6,07	0,28
<b>Сем. Bathymasteridae</b>											
<i>Bathymaster signatus</i>	12	30	0,030	0,300	0,159	0	3,600	0,159	0	0,33	0,01
<b>Сем. Zoarcidae</b>											
<i>Lycodes palearis</i>	35	49	0,250	0,500	0,350	0	8,000	0,350	0	2,33	0,03
<i>Bothrocara hollandi</i>	14	18	0,020	0,030	0,025	0	0,100	0,025	0	0,01	+
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	34	66	0,300	2,800	1,309	0	25,120	1,309	0	3,55	0,12
<i>Lycodes fasciatus</i>	13	50	0,030	0,300	0,124	0	15,600	0,791	0	5,69	0,07
<i>Lycodes varidens</i>	33	77	0,750	2,300	1,702	0	52,000	1,702	0	18,96	0,15
<i>Lycodes diapterus</i>	20	36	0,140	0,140	0,140	0	2,520	0,140	0	0,18	0,01
<b>Сем. Stichaeidae</b>											
<i>Lumpenus sagitta</i>	11	18	0,010	0,020	0,017	0	0,120	0,017	0	0,03	+
<i>Anisarchus medius</i>	12		0,010	0,010	0,010	0	0,020	0,010	0	0,00	+
<b>Сем. Trichodontidae</b>											
<i>Trichodon trichodon</i>	10	29	0,025	0,250	0,111	0	119,980	1,301	0	32,48	0,12
<b>Сем. Ammodytidae</b>											
<i>Ammodytes hexapterus</i>	14	26	0,030	0,100	0,064	0	7,680	0,200	0	4,35	0,02
<b>Сем. Pleuronectidae</b>											
<i>Atheresthes evermanni</i>	10	81	0,040	1,800	0,550	0	59,840	4,611	0	4,73	0,41
<i>Atheresthes stomias</i>	20	63	0,080	3,700	0,819	0	7,400	0,819	0	2,19	0,07
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	7	45	0,030	0,750	0,311	0	572,000	50,822	0	69,20	4,49
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	16	132	0,050	40,00	2,924	0	116,000	6,750	0	15,10	0,60
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	9	50	0,080	1,150	0,406	0	1183,200	86,565	0	59,39	7,65
<i>Limanda sakhalinensis</i>	9	38	0,018	0,330	0,102	0	110,080	5,002	0	12,93	0,44
<i>Limanda proboscidea</i>	17	38	0,250	0,800	0,482	0	38,016	1,102	0	8,65	0,10
<i>Platichthys stellatus</i>	19	45	0,270	1,000	0,611	0	205,840	5,605	0	38,85	0,50
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	12	58	0,290	2,600	1,027	0	246,400	34,122	0	34,35	3,02
<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>	14	77	0,025	5,000	1,194	0	15,000	1,194	0	4,29	0,11
<i>Limanda aspera</i>	13	43	0,060	0,750	0,344	0	70,073	5,459	0	10,82	0,48

\* — улов на единицу усилия / catch per effort unit.

Приложение 2. Видовой состав уловов морских рыб по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне на СТМ «Фортуна» в 2002 г.  
Application 2. The species composition of the catches of marine fish on the bottom trawl survey data by the STRM "Fortuna" in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2002

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Rajidae</b>											
<i>Bathyraja parmifera</i>			0,160	7,000	2,966	0	124,000	6,866	0	72,26	1,46
<i>Bathyraja aleutica</i>			1,020	9,600	3,963	0	64,000	3,963	0	10,73	0,84
<i>Bathyraja interrupta</i>	71		0,260	1,900	1,322	0	45,000	3,955	0	52,88	0,84
<b>Сем. Clupeidae</b>											
<i>Clupea pallasii</i>			0,220	0,300	0,260	0	0,600	0,260	0	0,44	0,06
<b>Сем. Microstomatidae</b>											
<i>Lipolagus ochotensis</i>			0,240	2,233	1,465	0	13,400	1,465	0	5,55	0,31
<b>Сем. Osmeridae</b>											
<i>Osmerus mordax dentex</i>	22	31	0,142	0,233	0,179	0	7,400	0,179	0	3,37	0,04
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	9	14	0,002	0,023	0,009	0	332,000	4,660	0	42,02	0,99
<b>Сем. Salmonidae</b>											
<i>Oncorhynchus keta</i>			3,600	4,360	3,980	0	8,720	3,980	0	10,88	0,85
<b>Сем. Gadidae</b>											
<i>Gadus macrocephalus</i>	17	89	0,004	5,800	2,086	0	201,280	10,965	0	30,12	2,33
<i>Eleginus gracilis</i>	11	41	0,087	0,540	0,270	0	1,600	0,270	0	4,20	0,06
<i>Theragra chalcogramma</i>	5	77	0,000	2,600	0,493	0	6001,800	223,938	0	98,88	47,69
<b>Сем. Gasterosteidae</b>											
<i>Gasterosteus aculeatus</i>						0			0	0,19	+
<b>Сем. Sebastidae</b>											
<i>Sebastes glaucus</i>	50	52	0,780	2,470	1,625	0	9,880	1,625	0	1,60	0,35



Приложение 2. Продолжение. Начало на с. 34  
Application 2. Continuation. Beginning on page 34

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Hexagrammidae</b>											
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	24	49	0,160	1,050	0,518	0	2000,000	38,124	0	93,84	8,12
<i>Pleurogrammus azonus</i>			0,272	0,272	0,272	0	2,720	0,272	0	0,15	0,06
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>			1,340	1,400	1,370	0	2,800	1,370	0	1,20	0,29
<b>Сем. Cottidae</b>											
<i>Triglops pingelii</i>	15	22	0,010	0,070	0,032	0	4,120	0,066	0	1,12	0,01
<i>Icelus spiniger</i>			0,002	0,040	0,016	0	0,640	0,034	0	0,46	0,01
<i>Triglops forficatus</i>	11	20	0,005	0,620	0,067	0	76,000	1,890	0	12,86	0,40
<i>Hemilepidotus papilio</i>			0,360	0,700	0,525	0	2,080	0,525	0	0,66	0,11
<i>Hemilepidotus hemilepidotus</i>			0,210	0,210	0,210	0	0,840	0,210	0	0,28	0,04
<i>Artediellus camchaticus</i>	9	15	0,001	0,300	0,023	0	14,580	0,477	0	4,90	0,10
<i>Hemilepidotus sp.</i>			0,003	0,015	0,009	0	0,060	0,009	0	0,02	0,00
<i>Hemilepidotus jordani</i>	23	51	0,200	1,520	0,488	0	213,000	21,123	0	51,14	4,50
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	17	36	0,020	0,620	0,241	0	51,600	1,081	0	8,02	0,23
<i>Triglops scepticus</i>			0,007	0,370	0,080	0	24,240	0,579	0	10,16	0,12
<i>Gymnocanthus galeatus</i>	14	38	0,010	0,900	0,371	0	581,000	12,418	0	54,22	2,64
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	15	40	0,083	0,900	0,359	0	1036,000	27,482	0	63,12	5,85
<i>Myoxocephalus sp.</i>			0,003	0,005	0,004	0	0,010	0,004	0	0,00	+
<i>Myoxocephalus jaok</i>			0,900	3,150	1,790	0	94,400	2,158	0	25,41	0,46
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	24	80	0,211	5,380	1,219	0	154,000	9,507	0	53,74	2,02
<b>Сем. Hemitriptidae</b>											
<i>Hemitripterus villosus</i>			1,960	1,960	1,960	0	11,760	1,960	0	1,22	0,42
<i>Blepsias bilobus</i>			0,010	0,050	0,024	0	0,100	0,024	0	0,59	0,01
<b>Сем. Psychrolutidae</b>											
<i>Dasycottus setiger</i>			0,240	1,680	0,700	0	6,440	0,700	0	3,91	0,15
<i>Malacocottus zonurus</i>			0,020	0,725	0,213	0	7,240	0,222	0	5,56	0,05
<b>Сем. Agonidae</b>											
<i>Occella dodecaedron</i>			0,020	0,050	0,035	0	0,200	0,035	0	0,12	0,01
<i>Sarritor leptorhynchus</i>			0,010	0,040	0,022	0	0,380	0,022	0	0,18	0,00
<i>Sarritor frenatus</i>			0,020	0,084	0,036	0	8,600	0,259	0	13,89	0,06
<i>Podothecus sturioides</i>			0,100	0,100	0,100	0	0,400	0,100	0	0,01	0,02
<i>Podothecus acipenserinus</i>	18	26	0,040	0,147	0,092	0	16,900	0,752	0	7,95	0,16
<i>Percis japonica</i>			0,020	0,400	0,223	0	1,520	0,223	0	1,85	0,05
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>			0,003	0,020	0,009	0	0,040	0,009	0	0,93	+
<b>Сем. Cyclopteridae</b>											
<i>Eumicrotremus orbis</i>			0,010	0,040	0,027	0	0,080	0,027	0	0,02	0,01
<i>Eumicrotremus birulai</i>			0,050	0,050	0,050	0	0,100	0,050	0	0,02	0,01
<i>Aptocyclus ventricosus</i>			1,800	1,800	1,800	0	3,600	1,800	0	0,58	0,38
<b>Сем. Liparidae</b>											
<i>Crystallichthys mirabilis</i>			0,005	1,400	0,621	0	53,800	1,975	0	18,38	0,42
<i>Careproctus sp.</i>			0,002	0,002	0,002	0	0,004	0,002	0	+	+
<i>Careproctus rastrinus</i>			0,020	1,695	0,584	0	423,600	6,325	0	24,04	1,35
<i>Careproctus furcellus</i>			0,293	1,602	1,004	0	384,600	4,370	0	18,30	0,93
<i>Crystallichthys sp.</i>			0,005	0,030	0,018	0	0,060	0,018	0	0,03	+
<i>Liparis sp.</i>			0,020	0,420	0,220	0	0,840	0,220	0	1,26	0,05
<i>Liparis ochotensis</i>	39	60	0,067	2,940	1,505	0	38,800	4,734	0	27,78	1,01
<b>Сем. Bathymasteridae</b>											
<i>Bathymaster signatus</i>			0,060	0,500	0,241	0	1,840	0,241	0	0,82	0,05
<b>Сем. Zoarcidae</b>											
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	46	74	1,317	2,600	1,713	0	70,400	1,713	0	29,50	0,36
<i>Lycodes fasciatus</i>			0,068	0,251	0,149	0	15,240	0,885	0	5,73	0,19
<i>Lycodes raridens</i>						0			0	10,08	+
<i>Lycodes sp.</i>			0,010	0,010	0,010	0	0,040	0,010	0	0,93	+
<i>Bothrocara hollandi</i>						0			0	0,02	+
<i>Acantholumpenus mackayi</i>						0			0	2,36	+
<b>Сем. Stichaeidae</b>											
<i>Lumpenus sagitta</i>			0,005	0,050	0,018	0	0,600	0,038	0	1,39	0,01
<b>Сем. Trichodontidae</b>											
<i>Trichodon trichodon</i>			0,020	0,160	0,063	0	6,880	0,207	0	6,68	0,04
<b>Сем. Ammodytidae</b>											
<i>Ammodytes hexapterus</i>	14	21	0,015	0,060	0,040	0	105,000	0,874	0	21,42	0,19
<b>Сем. Pleuronectidae</b>											
<i>Atheresthes stomias</i>	30	58	0,100	1,570	0,690	0	8,840	0,690	0	1,50	0,15

## Приложение 2. Окончание. Начало на с. 34 / Application 2. The end. Beginning on page 34

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<i>Atheresthes evermanni</i>	10	82	0,070	1,540	0,448	0	8,200	0,506	0	16,67	0,11
<i>Glyptocephalus zachirus</i>						0			0	0,15	0,00
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	7	44	0,067	0,700	0,195	0	938,600	24,843	0	62,25	5,29
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	12	48	0,056	0,910	0,292	0	200,800	19,252	0	57,55	4,10
<i>Limanda aspera</i>	10	44	0,080	0,800	0,283	0	27,800	1,701	0	12,65	0,36
<i>Limanda sakhalinensis</i>	9	36	0,014	0,310	0,105	0	53,800	2,156	0	21,66	0,46
<i>Limanda proboscidea</i>	24	37	0,180	0,540	0,371	0	5,200	0,371	0	2,44	0,08
<i>Platichthys stellatus</i>	24	45	0,040	0,800	0,486	0	243,600	3,452	0	53,70	0,74
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	19	57	0,200	2,390	0,758	0	110,400	8,533	0	42,30	1,82
<i>R. hippoglossoides matsuurae</i>	11	50	0,020	0,340	0,169	0	4,600	0,169	0	1,56	0,04
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	19	74	0,290	1,340	0,577	0	14,000	0,577	0	21,98	0,12

## Приложение 3. Видовой состав уловов морских рыб по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне на МРТК-316 в 2016 г.

Application 3. The species composition of the catches of marine fish on the bottom trawl survey data by the MRTK-316 in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2016

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Rajidae</b>											
<i>Bathyraja maculata</i>	55	115	1,383	9,600	5,357	0	48,500	5,476	0	19,37	0,94
<i>Bathyraja</i> sp.	25	25	0,118	0,118	0,118	0	0,472	0,118	0	0,14	0,02
<i>Bathyraja violacea</i>	21	87	0,842	2,117	1,568	0	66,801	9,710	0	26,44	1,67
<i>Bathyraja parmifera</i>	22	109	0,362	8,500	3,802	0	102,100	10,067	0	39,34	1,74
<i>Bathyraja aleutica</i>	63	110	1,738	7,850	3,783	0	15,700	3,783	0	3,33	0,65
<b>Сем. Osmeridae</b>											
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	7	18	0,001	0,031	0,023	0	99,816	2,177	0	54,91	0,37
<b>Сем. Gadidae</b>											
<i>Theragra chalcogramma</i>	8	68	0,002	2,300	0,702	0	3987,721	228,618	0	95,87	39,42
<i>Gadus macrocephalus</i>	8	81	0,012	4,900	1,120	0	305,353	10,528	0	36,46	1,82
<b>Сем. Sebastidae</b>											
<i>Sebastes glaucus</i>	40	46	1,176	2,000	1,588	0	4,000	1,588	0	4,19	0,27
<b>Сем. Hexagrammidae</b>											
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	22	46	0,080	0,883	0,431	0	5,300	0,431	0	1,47	0,07
<b>Сем. Cottidae</b>											
<i>Gymnocanthus galeatus</i>	5	45	0,004	0,690	0,252	0	377,093	13,821	0	46,88	2,38
<i>Gymnocanthus pistilliger</i>	11	28	0,023	0,070	0,043	0	2,484	0,071	0	0,56	0,01
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	12	44	0,046	0,600	0,278	0	1762,050	97,623	0	66,48	16,83
<i>Gymnocanthus</i> sp.	5	18	0,002	0,017	0,009	0	4,549	0,055	0	1,35	0,01
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	7	37	0,044	0,644	0,299	0	104,105	3,634	0	43,89	0,63
<i>Hemilepidotus jordani</i>	6	47	0,038	1,720	0,411	0	100,205	7,316	0	27,15	1,26
<i>Triglops pingelii</i>	8	22	0,006	0,041	0,022	0	9,330	0,260	0	0,98	0,04
<i>Triglops scepticus</i>	9	23	0,018	0,076	0,046	0	242,806	4,961	0	15,22	0,86
<i>Triglops forficatus</i>	7	30	0,004	0,090	0,054	0	25,362	1,136	0	5,59	0,20
<i>Icelus canaliculatus</i>	13	19	0,030	0,043	0,037	0	0,300	0,037	0	0,20	0,01
<i>Icelus spiniger</i>	8	20	0,006	0,040	0,019	0	4,741	0,185	0	0,90	0,03
<i>Artediellus camchaticus</i>	5	19	0,003	0,108	0,016	0	31,325	2,514	0	19,15	0,43
<i>Enophrys dicerca</i>	6	6	0,002	0,002	0,002	0	0,012	0,002	0	0,00	+
<i>Myoxocephalus jaok</i>	29	60	0,410	2,200	0,924	0	61,600	2,190	0	13,54	0,38
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	9	66	0,008	4,900	1,363	0	192,744	9,680	0	31,34	1,67
<i>Myoxocephalus tuberculatus</i>	29	44	0,544	0,544	0,544	0	1,088	0,544	0	0,34	0,09
<b>Сем. Hemitriptidae</b>											
<i>Blepsias bilobus</i>	5	5	0,002	0,002	0,002	0	0,012	0,002	0	0,00	+
<i>Nautichthys pribilovius</i>	9	9	0,006	0,006	0,006	0	0,012	0,006	0	0,01	+
<b>Сем. Psychrolutidae</b>											
<i>Dasycottus setiger</i>	7	48	0,074	1,450	0,674	0	78,339	1,592	0	2,35	0,27
<i>Malacocottus zonurus</i>	12	30	0,032	0,675	0,305	0	19,360	0,434	0	1,60	0,07
<b>Сем. Agonidae</b>											
<i>Sarritor frenatus</i>	14	26	0,010	0,170	0,031	0	23,460	0,538	0	1,40	0,09
<i>Percis japonica</i>	12	38	0,013	0,374	0,227	0	2,632	0,227	0	0,99	0,04
<i>Podothecus veterius</i>	11	32	0,031	0,170	0,064	0	25,796	1,083	0	8,73	0,19

## Приложение 3. Окончание. Начало на с. 36 / Application 3. The end. Beginning on page 36

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	7	24	0,004	0,036	0,019	0	1,399	0,060	0	0,42	0,01
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	10	18	0,002	0,012	0,006	0	0,440	0,023	0	0,07	+
<b>Сем. Cyclopteridae</b>											
<i>Eumicrotremus</i> sp.	8	8	0,024	0,032	0,028	0	0,192	0,028	0	0,04	+
<b>Сем. Liparidae</b>											
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	8	48	0,012	1,950	0,774	0	126,850	3,486	0	5,49	0,60
<i>Careproctus</i> sp.	11	11	0,014	0,014	0,014	0	0,056	0,014	0	0,02	+
<i>Careproctus rastrinus</i>	10	47	0,023	2,500	0,875	0	110,000	1,916	0	2,75	0,33
<i>Liparis ochotensis</i>	8	118	0,006	1,110	0,462	0	33,000	0,525	0	1,32	0,09
<i>Careproctus colletti</i>	29	36	0,750	0,750	0,750	0	9,000	0,750	0	1,82	0,13
<i>Careproctus furcellus</i>	40	54	1,050	1,800	1,438	0	15,000	1,438	0	23,24	0,25
<b>Сем. Bathymasteridae</b>											
<i>Bathymaster signatus</i>	16	36	0,030	0,280	0,138	0	0,560	0,138	0	0,15	0,02
<b>Сем. Zoarcidae</b>											
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	13	74	0,600	2,050	1,101	0	131,760	4,148	0	9,49	0,72
<i>Lycodes fasciatus</i>	12	57	0,048	0,470	0,194	0	234,900	5,026	0	7,83	0,87
<b>Сем. Stichaeidae</b>											
<i>Lumpenus sagitta</i>	13	24	0,013	0,020	0,017	0	0,196	0,017	0	0,12	+
<i>Ascoldia variegata</i>	33	33	0,260	0,260	0,260	0	0,780	0,260	0	0,08	0,04
<i>Leptoclinus maculatus diaphanocarus</i>	16	16	0,012	0,012	0,012	0	0,072	0,012	0	0,02	+
<b>Сем. Trichodontidae</b>											
<i>Trichodon trichodon</i>	11	21	0,018	0,071	0,046	0	32,687	0,571	0	6,94	0,10
<b>Сем. Ammodytidae</b>											
<i>Ammodytes hexapterus</i>	14	26	0,018	0,040	0,023	0	2,211	0,055	0	0,66	0,01
<b>Сем. Pleuronectidae</b>											
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	18	69	0,048	3,100	0,965	0	8,821	0,965	0	2,26	0,17
<i>Atheresthes evermanni</i>	16	60	0,032	1,700	0,405	0	3,400	0,405	0	1,30	0,07
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	33	33	0,316	0,316	0,316	0	1,264	0,316	0	0,18	0,05
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	6	48	0,068	0,935	0,337	0	541,569	75,124	0	50,14	12,95
<i>Limanda aspera</i>	5	49	0,045	0,825	0,302	0	119,493	8,369	0	19,75	1,44
<i>Limanda sakhalinensis</i>	7	37	0,008	0,157	0,067	0	150,620	9,210	0	27,15	1,59
<i>Limanda proboscidea</i>	28	33	0,250	0,310	0,278	0	5,500	0,278	0	0,97	0,05
<i>Platichthys stellatus</i>	24	44	0,226	1,000	0,524	0	28,000	1,195	0	9,25	0,21
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	10	58	0,090	2,325	0,732	0	199,950	19,704	0	40,82	3,40
<i>R. hippoglossoides matsuurae</i>	28	55	0,140	1,600	0,733	0	3,200	0,733	0	0,53	0,13
<i>Hippoglossoides</i> sp.	5	45	0,037	0,590	0,192	0	424,070	24,813	0	24,15	4,28

## Приложение 4. Видовой состав уловов морских рыб по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне на МРТК-316 в 2017 г.

Application 4. The species composition of the catches of marine fish on the bottom trawl survey data by the MRTK-316 in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2017

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Rajidae</b>											
<i>Bathyraja aleutica</i>	62	117	1,550	9,150	5,760	0	54,600	9,483	0	10,01	0,45
<i>Bathyraja minispinosa</i>	63	69	1,600	2,050	1,883	0	6,400	1,883	0	1,17	0,09
<i>Bathyraja parmifera</i>	40	110	0,750	7,625	4,119	0	76,650	8,523	0	19,49	0,40
<i>Bathyraja violacea</i>	53	90	1,433	4,333	1,853	0	196,806	20,328	0	33,81	0,96
<b>Сем. Clupeidae</b>											
<i>Clupea pallasii</i>	21	21	0,100	0,100	0,100	0	0,300	0,100	0	0,08	+
<b>Сем. Osmeridae</b>											
<i>Osmerus mordax dentex</i>	18	27	0,120	0,120	0,120	0	14,400	0,320	0	3,60	0,02
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	5	18	0,006	0,020	0,013	0	3,876	0,274	0	2,48	0,01
<b>Сем. Gadidae</b>											
<i>Theragra chalcogramma</i>	5	68	0,003	2,700	0,673	0	7771,731	770,506	0	84,18	36,52
<i>Gadus macrocephalus</i>	17	101	0,100	6,200	1,830	0	445,400	50,588	0	55,65	2,40
<i>Eleginus gracilis</i>	25	37	0,200	0,280	0,240	0	8,400	0,240	0	2,10	0,01

## Приложение 4. Окончание. Начало на с. 37 / Application 4. The end. Beginning on page 37

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Sebastidae</b>											
<i>Sebastes alutus</i>	25	25	0,200	0,200	0,200	0	0,800	0,200	0	0,02	0,01
<b>Сем. Anoplopomatidae</b>											
<i>Anoplopoma fimbria</i>	29	29	0,200	0,200	0,200	0	0,400	0,200	0	0,26	0,01
<b>Сем. Hexagrammidae</b>											
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	28	45	0,400	0,800	0,556	0	147,000	8,949	0	16,74	0,42
<b>Сем. Cottidae</b>											
<i>Triglops szepticus</i>	11	23	0,025	0,077	0,046	0	123,600	7,896	0	12,01	0,37
<i>Triglops pingelii</i>	10	21	0,010	0,075	0,044	0	16,683	0,766	0	0,35	0,04
<i>Triglops forficatus</i>	14	30	0,025	0,150	0,078	0	88,048	8,133	0	1,54	0,39
<i>Hemilepidotus jordani</i>	5	50	0,015	0,850	0,442	0	613,397	46,761	0	15,73	2,22
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	10	48	0,030	0,763	0,277	0	126,644	12,552	0	15,07	0,59
<i>Artediellus camchaticus</i>	6	15	0,003	0,030	0,019	0	18,900	2,072	0	0,56	0,10
<i>Myoxocephalus tuberculatus</i>	32	49	0,350	1,750	1,073	0	46,700	1,966	0	21,33	0,09
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	19	76	0,575	3,450	1,547	0	233,402	27,765	0	26,58	1,32
<i>Myoxocephalus jaok</i>	33	59	0,713	1,767	1,320	0	42,900	2,267	0	11,73	0,11
<i>Gymnocanthus galeatus</i>	6	32	0,006	0,350	0,157	0	22,425	1,888	0	12,43	0,09
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	11	41	0,086	0,800	0,286	0	2252,842	426,112	0	56,90	20,20
<i>Stelgistrum stejnegeri</i>	7	7	0,010	0,010	0,010	0	0,280	0,010	0	0,02	+
<i>Enophrys diceraus</i>	6	6	0,010	0,010	0,010	0	0,060	0,010	0	0,02	+
<i>Icelus spiniger</i>	10	21	0,010	0,050	0,033	0	27,600	1,844	0	0,83	0,09
<b>Сем. Psychrolutidae</b>											
<i>Dasycottus setiger</i>	11	49	0,600	1,150	0,916	0	16,400	1,186	0	3,11	0,06
<i>Malacocottus zonurus</i>	18	30	0,230	0,700	0,457	0	23,800	1,146	0	0,59	0,05
<b>Сем. Agonidae</b>											
<i>Occella dodecaedron</i>	11	19	0,019	0,019	0,019	0	3,663	0,081	0	2,34	+
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	11	21	0,010	0,040	0,022	0	16,688	1,141	0	0,22	0,05
<i>Sarritor frenatus</i>	14	26	0,010	0,050	0,037	0	16,926	0,538	0	1,41	0,03
<i>Podothecus veterus</i>	6	35	0,016	0,150	0,068	0	83,467	7,435	0	16,67	0,35
<i>Pallasina barbata</i>	10	16	0,003	0,003	0,003	0	0,108	0,003	0	0,07	+
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	13	17	0,005	0,010	0,009	0	3,240	0,099	0	0,04	+
<i>Percis japonica</i>	13	37	0,030	0,250	0,131	0	3,000	0,131	0	0,09	0,01
<b>Сем. Liparidae</b>											
<i>Liparis ochotensis</i>	24	56	0,150	2,550	1,234	0	35,000	2,000	0	1,33	0,09
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	26	39	0,525	1,000	0,722	0	10,200	0,732	0	1,44	0,03
<i>Careproctus rastrinus</i>	13	34	0,155	0,367	0,261	0	12,400	0,373	0	0,31	0,02
<i>Careproctus furcellus</i>	43	49	0,850	1,200	1,067	0	39,600	1,160	0	1,89	0,05
<b>Сем. Bathymasteridae</b>											
<i>Bathymaster signatus</i>	28	35	0,200	0,325	0,265	0	1,950	0,265	0	0,22	0,01
<b>Сем. Zoarcidae</b>											
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	44	73	0,994	1,467	1,249	0	89,600	5,511	0	22,82	0,26
<i>Lycodes palearis</i>	23	53	0,140	1,000	0,329	0	44,000	2,829	0	3,38	0,13
<b>Сем. Stichaeidae</b>											
<i>Acantholumpenus mackayi</i>	32	58	0,100	0,277	0,188	0	7,199	0,188	0	2,66	0,01
<i>Leptoclinus maculatus diaphanocarus</i>	16	20	0,015	0,017	0,016	0	1,436	0,039	0	0,10	+
<b>Сем. Trichodontidae</b>											
<i>Trichodon trichodon</i>	9	26	0,050	0,084	0,067	0	16,128	0,596	0	4,04	0,03
<b>Сем. Ammodytidae</b>											
<i>Ammodytes hexapterus</i>	18	18	0,017	0,017	0,017	0	0,136	0,017	0	0,02	+
<b>Сем. Pleuronectidae</b>											
<i>Atheresthes evermanni</i>	12	42	0,030	0,550	0,187	0	17,850	0,874	0	1,03	0,04
<i>Atheresthes stomias</i>	46	54	1,000	1,650	1,275	0	15,750	1,275	0	1,31	0,06
<i>Hippoglossoides sp.</i>	8	46	0,083	1,167	0,241	0	485,347	70,864	0	14,61	3,36
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	15	105	0,063	20,65	3,683	0	61,950	3,683	0	11,86	0,17
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	7	48	0,010	0,875	0,436	0	2421,862	416,534	0	70,83	19,74
<i>Limanda sakhalinensis</i>	7	29	0,010	0,125	0,059	0	406,922	24,385	0	23,38	1,16
<i>Limanda proboscidea</i>	8	35	0,081	0,308	0,210	0	7,399	0,336	0	2,48	0,02
<i>Platichthys stellatus</i>	24	51	0,325	0,615	0,486	0	190,931	9,039	0	27,89	0,43
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	9	55	0,133	2,150	0,661	0	1662,488	123,850	0	42,63	5,87
<i>R. hippoglossoides matsuurae</i>	36	36	0,450	0,450	0,450	0	1,350	0,450	0	0,22	0,02
<i>Limanda aspera</i>	10	41	0,046	0,450	0,309	0	491,680	21,482	0	65,49	1,02



Приложение 5. Видовой состав уловов морских рыб по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне на МРТК-316 в 2018 г.

Application 5. The species composition of the catches of marine fish on the bottom trawl survey data by the MРТК-316 in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2018

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Rajidae</b>											
<i>Bathyraja maculata</i>	66	68	1,650	2,250	1,950	0	4,500	1,950	0	0,60	0,18
<i>Bathyraja parmifera</i>	27	114	0,350	7,200	3,454	0	81,300	13,159	0	22,97	1,22
<i>Bathyraja aleutica</i>	64	118	2,500	9,800	6,218	0	133,000	7,651	0	8,30	0,71
<i>Bathyraja minispinosa</i>	60	69	1,763	2,250	2,038	0	14,100	2,038	0	2,74	0,19
<i>Bathyraja violacea</i>	41	70	0,783	2,000	1,621	0	93,150	9,368	0	15,26	0,87
<i>Bathyraja taranetzi</i>	64	69	1,700	1,863	1,781	0	14,900	1,781	0	2,03	0,16
<b>Сем. Osmeridae</b>											
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	12	18	0,010	0,032	0,020	0	2,664	0,097	0	0,53	0,01
<i>Osmerus mordax dentex</i>	23	32	0,127	0,200	0,163	0	4,058	0,163	0	0,41	0,02
<b>Сем. Myctophidae</b>											
<i>Protomyctophum thompsoni</i>	5	5	0,002	0,002	0,002	0	0,004	0,002	0	+	+
<b>Сем. Gadidae</b>											
<i>Gadus macrocephalus</i>	15	86	0,080	4,125	1,607	0	248,240	28,075	0	24,75	2,60
<i>Theragra chalcogramma</i>	10	73	0,009	1,275	0,600	0	5460,554	379,323	0	92,59	35,10
<b>Сем. Sebastidae</b>											
<i>Sebastes glaucus</i>	47	47	2,050	2,050	2,050	0	4,100	2,050	0	0,79	0,19
<i>Sebastes alutus</i>	6	8	0,003	0,003	0,003	0	0,079	0,003	0	0,07	+
<b>Сем. Anoplopomatidae</b>											
<i>Anoplopoma fimbria</i>	25	30	0,108	0,350	0,196	0	0,700	0,196	0	0,10	0,02
<b>Сем. Hexagrammidae</b>											
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	21	45	0,120	1,200	0,492	0	151,564	2,874	0	10,34	0,27
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	35	45	0,550	1,400	0,863	0	10,500	0,863	0	0,52	0,08
<b>Сем. Cottidae</b>											
<i>Hemilepidotus jordani</i>	11	73	0,113	1,050	0,455	0	268,508	29,557	0	27,89	2,73
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	17	35	0,009	0,600	0,346	0	88,616	6,626	0	7,75	0,61
<i>Hemilepidotus papilio</i>	21	35	0,277	0,500	0,389	0	68,939	2,595	0	8,76	0,24
<i>Icelus spiniger</i>	5	21	0,004	0,500	0,046	0	2,000	0,106	0	0,33	0,01
<i>Triglops scepticus</i>	10	24	0,030	0,087	0,051	0	58,986	2,839	0	13,37	0,26
<i>Gymnocanthus galeatus</i>	11	44	0,163	1,050	0,353	0	292,058	16,338	0	29,48	1,51
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	10	41	0,030	0,588	0,299	0	1872,200	122,514	0	66,73	11,34
<i>Gymnacanthus pistilliger</i>	9	33	0,008	0,271	0,068	0	31,966	0,701	0	6,41	0,06
<i>Enophrys diceraus</i>	23	23	0,250	0,250	0,250	0	0,250	0,250	0	0,04	0,02
<i>Triglops jordani</i>	13	17	0,020	0,032	0,026	0	0,120	0,026	0	0,02	0,00
<i>Myoxocephalus jaok</i>	20	58	0,200	2,050	1,021	0	222,442	4,453	0	12,36	0,41
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	47	47	1,950	1,950	1,950	0	3,900	1,950	0	1,30	0,18
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	16	78	0,206	4,300	1,675	0	152,412	21,994	0	19,72	2,04
<i>Triglops pingelii</i>	12	21	0,004	0,220	0,040	0	4,928	0,240	0	0,89	0,02
<i>Artediellus camchaticus</i>	5	16	0,001	0,032	0,016	0	58,420	1,559	0	3,99	0,14
<i>Triglops forficatus</i>	11	34	0,018	0,150	0,066	0	15,142	1,285	0	1,70	0,12
<b>Сем. Psychrolutidae</b>											
<i>Dasycottus setiger</i>	15	41	0,050	1,050	0,695	0	5,600	0,695	0	0,81	0,06
<i>Malacocottus zonurus</i>	10	31	0,063	0,900	0,351	0	21,901	0,476	0	2,92	0,04
<b>Сем. Agonidae</b>											
<i>Podothecus veterius</i>	16	30	0,016	0,130	0,068	0	42,090	3,356	0	4,40	0,31
<i>Podothecus sturioides</i>	29	32	0,122	0,184	0,153	0	2,576	0,153	0	0,13	0,01
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	11	22	0,004	0,085	0,019	0	4,410	0,202	0	0,38	0,02
<i>Sarritor frenatus</i>	12	28	0,013	0,050	0,034	0	5,103	0,151	0	0,85	0,01
<i>Percis japonica</i>	8	38	0,033	0,400	0,249	0	6,696	0,249	0	2,43	0,02
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	9	16	0,001	0,006	0,005	0	0,084	0,006	0	0,01	+
<b>Сем. Cyclopteridae</b>											
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	20	20	0,254	0,254	0,254	0	0,508	0,254	0	0,07	0,02
<i>Eumicrotremus asperrimus</i>	9	9	0,050	0,050	0,050	0	0,200	0,050	0	0,02	+
<b>Сем. Liparidae</b>											
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	12	42	0,199	1,200	0,667	0	16,800	0,731	0	1,84	0,07
<i>Liparis ochotensis</i>	8	58	0,008	3,336	0,929	0	22,200	0,929	0	2,22	0,09
<i>Careproctus</i> sp.	12	12	0,016	0,016	0,016	0	0,032	0,016	0	+	+
<i>Careproctus rastrinus</i>	10	45	0,236	2,013	0,812	0	29,199	1,566	0	8,31	0,14
<i>Careproctus furcellus</i>	31	54	0,900	1,400	1,175	0	32,300	2,227	0	5,38	0,21

## Приложение 5. Окончание. Начало на с. 39 / Application 5. The end. Beginning on page 39

Семейство, вид (латынь) Family, species (scientific name)	Длина, см Length, cm		Ср. масса, кг Average weight, kg			CPUE, кг/час траления (kg/hour of trawling)			Доля по массе, % Percent in weight, %		
	мин. Min	макс. Max	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean	мин. Min	макс. Max	ср. Mean
<b>Сем. Bathymasteridae</b>											
<i>Bathymaster signatus</i>	16	32	0,034	0,650	0,237	0	3,500	0,237	0	0,29	0,02
<b>Сем. Zoarcidae</b>											
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	36	71	0,600	1,950	1,159	0	97,398	3,199	0	9,72	0,30
<i>Lycodes palearis</i>	14	49	0,070	0,450	0,254	0	27,199	1,100	0	2,50	0,10
<i>Lycodes fasciatus</i>	16	63	0,113	0,967	0,540	0	5,800	0,540	0	0,97	0,05
<b>Сем. Stichaeidae</b>											
<i>Lumpenus sagitta</i>	14	21	0,010	0,021	0,014	0	0,084	0,014	0	0,01	+
<b>Сем. Trichodontidae</b>											
<i>Trichodon trichodon</i>	15	23	0,032	0,142	0,082	0	3,488	0,082	0	0,47	0,01
<b>Сем. Ammodytidae</b>											
<i>Ammodytes hexapterus</i>	12	23	0,017	0,017	0,017	0	0,301	0,017	0	0,02	+
<b>Сем. Pleuronectidae</b>											
<i>Atheresthes stomias</i>	17	58	0,025	1,900	0,837	0	52,700	1,686	0	2,09	0,16
<i>Atheresthes evermanni</i>	10	53	0,066	1,238	0,269	0	18,236	3,012	0	3,14	0,19
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	35	35	0,344	0,344	0,344	0	0,688	0,344	0	0,14	0,03
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	6	46	0,038	0,550	0,211	0	567,156	41,171	0	27,02	3,81
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	13	100	0,070	12,50	1,212	0	64,350	3,133	0	2,79	0,29
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	9	46	0,041	0,992	0,363	0,576	3436,338	230,413	0,11	63,31	21,32
<i>Limanda sakhalinensis</i>	9	34	0,033	0,179	0,076	0	252,661	16,124	0	15,80	1,49
<i>Limanda proboscidea</i>	16	34	0,100	0,450	0,213	0	20,063	0,280	0	2,01	0,03
<i>Platichthys stellatus</i>	20	47	0,090	0,713	0,317	0	78,375	1,769	0	9,71	0,16
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	12	56	0,125	1,890	0,706	0	981,627	77,270	0	35,49	7,15
<i>R. hippoglossoides matsuurae</i>	32	49	0,300	0,800	0,486	0	3,200	0,486	0	0,39	0,05
<i>Limanda aspera</i>	7	43	0,056	1,300	0,337	0	233,862	27,066	0	45,65	2,50

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть. 289 с.

Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Михайлов А.И., Шереметьев А.Д. 2017. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс Combi 4.0» № 2017660724.

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

Борец Л.А. 1985. Состав и биомасса донных рыб на шельфе Охотского моря // Биология моря. № 4. С. 54–65.

Буслов А.В. 2005. Снюрреводный промысел восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 143. С. 3–20.

Василец П.М., Терентьев Д.А. 2008. Характеристика промысла водных биологических ресурсов в Петропавловско-Командорской подзоне в 2001–2006 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Кам-

чатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 10. С. 116–135.

Золотов А.О. 2009. Использование траловых съёмов для оценки численности камбал Карагинского и Олюторского заливов: методика и результаты // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 13. С. 51–58.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. 2013. Современное состояние запасов камбал тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курил и проблемы регулирования их промысла // Тр. СахНИРО. Т. 14. С. 17–35.

Золотов А.О., Захаров Д.В. 2008. Камбалы тихоокеанского побережья Камчатки: запасы и промысел // Рыбное хозяйство. № 3. С. 44–47.

Золотов А.О., Золотов О.Г., Спирин И.Ю. 2015. Многолетняя динамика биомассы и современный промысел северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* // Изв. ТИНРО. Т. 181. С. 3–22.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю., Мельник Д.Я. 2012. Распределение и сезонные миграции северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matareze (2000) на тихоокеанском шельфе Камчатки и Северных Курил // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 26. С. 53–68.

- Золотов А.О., Терентьев Д.А., Новикова О.В., Ильин О.И. 2013. Многолетняя динамика биомассы донных рыб на шельфе Западной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 173. С. 30–45.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Тр. ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.
- Кадильников Ю.В. 1987. Об оценке запасов промысловых объектов методом траловой съемки / Доступность морских промысловых объектов для орудий лова и технических средств наблюдений: Тр. АтлантНИРО. С. 30–43.
- Кондрашенков Е.Л. 2008. К вопросу определения уловистости снюрревода // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 10. С. 155–160.
- Кондрашенков Е.Л. 2009. Определение коэффициентов уловистости снюрревода / Тез. докл. X Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. Мурманск: ПИНРО. С. 74–76.
- Коростелев С.Г. 2000. Рыбные ресурсы Камчатского, Кроноцкого и Авачинского заливов / Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Тез. докл. Обл. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. С. 63–64.
- Коростелев С.Г., Василец П.М. 2004. Изменения в составе донных ихтиоценов на шельфе Авачинского, Кроноцкого и Камчатского заливов под влиянием промыслового пресса // Изв. ТИНРО. Т. 137. С. 253–261.
- Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. 2014. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 336 с.
- Новиков Н.П. 1974. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть. 308 с.
- Овчеренко Р.Т. 2019. Обзор промысла камбал семейства Pleuronectidae в тихоокеанских водах Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 52. С. 79–88.
- Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 366 с.
- Терентьев Д.А. 2011. Результаты снюрреводных съемок в Авачинском заливе в 2009 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 20. С. 63–71.
- Терентьев Д.А., Чернова Н.В. 2010. Сравнительные результаты траловых и снюрреводных съемок у западного побережья Камчатки в 2007–2009 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 18. С. 82–94.
- Терентьев Д.А., Малых К.М. 2012. Сравнительная характеристика стандартных съемок в Авачинском заливе при использовании снюрреводов дальневосточного и датского типов в 2009–2010 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 27. С. 107–118.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дуленова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В., Кулик В.В., Мерзляков А.Ю., Иванов О.А., Старовойтов А.Н., Глебов И.И., Свиридов Л.Н., Темных О.С. 2005. Атлас количественного распределения nekтона северо-западной части Тихого океана. М.: Национальные рыбные ресурсы. 1082 с.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В., Кулик В.В., Боцаров Л.Н. 2014. Макрофауна бентали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2008. Владивосток: ТИНРО-Центр. 554 с.
- Brassel K., Reif D. 1979. A Procedure to Generate Thiessen Polygons // A Note Comparing Optimal and Heuristic. Solutions to the P-Median Problem. Geographical Analysis. Vol. 11 (1). P. 86–90.
- Pella J.J., Tomlinson P.K. 1969. A generalized stock production model // Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna Comm. Vol. 13 (3). P. 419–496.

## REFERENCES

- Aksyutina Z.M. *Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nablyudeniya v biologicheskikh i rybnokhozyaystvennykh issledovaniyakh* [Elements of mathematical evaluation of the observation results in biological and fishery studies]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1968, 289 p.
- Antonov N.P. *Promyslovye ryby Kamchatskogo kraya: biologiya, zapasy, promysel* [Commercially harvested species of fish of the Kamchatka region: biology, stocks and fisheries]. Moscow: VNIRO, 2011, 244 p.
- Babayan V.K., Bobyrev A.E., Mikhaylov A.I., Sheremetiev A.D. Certificate of state registration of the computer program "Program complex Combi 4.0", 2017, No. 2017660724.



- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. The geographical informational system CardMaster. *Rybnoe hozyajstvo*, 2007, no. 1, pp. 96–99. (In Russian)
- Borets L.A. Composition and biomass of bottom fish on the shelf of the Sea of Okhotsk. *Biologia morya*, 1985, no. 4, pp. 54–65. (In Russian)
- Buslov A.V. Danish seine in the North-West wall-eye pollock biology in the East Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2005, vol. 143, pp. 3–20. (In Russian)
- Vasilets P.M., Terentyev D.A. Characterization of fisheries in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2001–2006 on the data of the SS Rybolovstvo. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2008, vol. 10, pp. 116–135. (In Russian with English abstract)
- Zolotov A.O. Using the bottom trawl surveys for estimation of flatfish numbering the karaginski and olutorski gulfs: methodical approach and the results. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2009, vol. 13, pp. 51–58.
- Zolotov A.O., Dubinina A.Yu. Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas. *Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography*, 2013, vol. 14, pp. 17–35. (In Russian)
- Zolotov A.O., Zakharov D.V. Soles of Pacific coast of Kamchatka: stocks and fishery. *Rybnoe hozyajstvo*, 2008, no. 3, pp. 44–47. (In Russian)
- Zolotov A.O., Zolotov O.G., Spirin I.Y. Long-term dynamics of biomass and modern fishery of atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* in the Pacific waters of Kamchatka and Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 181, pp. 3–22. (In Russian)
- Zolotov A.O., Dubinina A.Y., Melnik D.Y. Distribution and seasonal migrations of the rock sole *Lepidopsetta polyxystra* orr et Matareze (2000) on the Pacific shelf of Kamchatka and Northern Kuril. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 26, pp. 53–68. (In Russian with English abstract)
- Zolotov A.O., Terentiev D. A., Novikova O. V., Ilyin O.I. Long-term dynamics of demersal fish biomass on the shelf of West Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2013, vol. 173, pp. 30–45. (In Russian)
- Ilyin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I. East-Kamchatka walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) stock and TAC assessment based on the precautionary approach. *Trudy VNIRO*, 2014, vol. 151, pp. 62–74.
- Kadilnikov Y.V. On the estimation of stocks of fishing facilities by the trawl survey method. Availability of offshore fishing facilities for fishing gear and technical means of observation. *Trudy AtlantNIRO*, 1987, pp. 30–43. (In Russian)
- Kondrachenkov E.L. To the issue of the Danish seine fishing efficiency assessment. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2008, vol. 10, pp. 155–160. (In Russian with English abstract)
- Kondrachenkov E.L. *Opredeleniye koeffitsiyentov ulovistosti snyurrevoda* [Determination of Danish seine coefficients]. Materials of X All-Russian conference on fisheries forecasting. Murmansk: PINRO, 2009, pp. 74–76. (In Russian)
- Korostelev S.G. *Rybnyye resursy Kamchatskogo, Kronotskogo i Avachinskogo zalivov* [Fish resources of the Kamchatka, Kronotsky and Avachinskiy gulfs]. Abstracts of Region scientific-practical conference “Problems of protection and rational use of biological resources of Kamchatka”. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2000, pp. 63–64. (In Russian)
- Korostelev S.G., Vasilets P.M. Composition changes in the bottom fish communities at the shelf of Avachinsky, Kronotsky and Kamchatsky Bays under the influence of fisheries. *Izvestiya TINRO*, 2004, vol. 137, pp. 253–261. (In Russian)
- Tuponogov V.N., Kodolov L.S. *Polevoj opredelitel' promyslovykh i massovykh vidov ryb dal'nevostochnykh morej Rossii* [Field determinant of commercial and mass fish species in the Far Eastern seas of Russia]. Vladivostok: Russkiy Ostrov, 2014, 336 p.
- Novikov N.P. *Promyslovye ryby materikovogo sklona severnoi chasti Tikhogo okeana* [Commercial Fishes of the Continental Slope of the Northern Part of the Pacific Ocean], Moscow: Pishch. Prom-st, 1974, 308 p.
- Ovcherenko R.T. The overview of the fishery of Pleuronectidae family species in the Pacific waters off Kamchatka. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2019, vol. 52, pp. 79–88. (In Russian with English abstract)
- Terentiev D.A. Results of Danish Seine surveys in Avachinsky Gulf in 2009. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2009, vol. 20, pp. 63–71. (In Russian with English abstract)



Terentyev D.A., Chernova N.V. Comparative results of the trawland danish seine surveys on the west coast of Kamchatka in 2007–2009. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2010, vol. 18, pp. 82–94. (In Russian with English abstract)

Terentiev D.A., Malykh K.M. The comparative characteristic of standard surveys in the Avachinsky gulf at use danish seines far east and danish types in 2009–2010. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 27, pp. 107–118. (In Russian with English abstract)

Fadeyev N.S. *Spravochnik po biologii i promyslu ryb severnoy chasti Tikhogo okeana* [Handbook of Biology and Fisheries of the North Pacific]. Vladivostok: TINRO, 2005, 366 p.

Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. *Mintaj v jekosistemah dal'nevostochnyh morej* [Pollock in the ecosystems of Far Eastern seas]. Vladivostok: TINRO, 1993, 426 p.

Shuntov V.P., Volvenko I.V., Kulik V.V., Merzlyakov A.Yu., Ivanov O.A., Starovoytov A.N., Glebov I.I., Sviridov L.N., Temnykh O.S. *Atlas kolichestvennogo raspredeleniya nektona severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* [Atlas of nekton species quantitative distribution in the north-western part of the Pacific Ocean]. Moscow: Natsionalnye rybnye resursy, 2005, 1082 p.

Shuntov V.P., Volvenko I.V., Kulik V.V., Bocharov L.N. Makrofauna bentali severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana: tablitsy vstrechayemosti, chislennosti i biomassy. 1977–2008. [Benthic macrofauna of the North-Western Pacific: occurrence, abundance, and biomass. 1977–2008]. Vladivostok: TINRO, 2014, 554 p.

Brassel K., Reif D. A Procedure to Generate Thiessen Polygons. A Note Comparing Optimal and Heuristic. *Solutions to the P-Median Problem. Geographical Analysis*, 1979, vol. 11 (1), pp. 86–90.

Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model. *Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna Comm.*, 1969, vol. 13 (3), pp. 419–496.

Статья поступила в редакцию: 20.12.2018

Статья принята после рецензии: 22.04.2019

УДК 597(26): 639.2

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.44-58

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА УЛОВОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПРОМЫСЛА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ В 2003–2017 ГГ.

А.А. Матвеев, Д.А. Терентьев, П.М. Василец



Н. с.; вед. н. с., к. б. н.; вед. н. с., к. б. н.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел./факс: 8 (4152) 41-27-01 E-mail: matveev.a.a@kamniro.ru, terentiev.d.a@kamniro.ru, vasilets@kamniro.ru

КАМЧАТСКО-КУРИЛЬСКАЯ ПОДЗОНА, ЗАПАДНО-КАМЧАТСКАЯ ПОДЗОНА, РЫБНЫЙ ПРОМЫСЕЛ, СНЮРРЕВОД, РАЗНОГЛУБИННЫЙ ТРАЛ, ДОННЫЙ ЯРУС, ДЕМЕРСАЛЬНЫЕ ВИДЫ РЫБ, БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ, МНОГОВИДОВОЕ РЫБОЛОВСТВО

Проведено сравнение видового состава уловов на основных видах промысла (разноглубинные тралы, снюрреводы и донный ярус) у западного побережья Камчатки по данным отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства и по данным научных исследований на промысловых судах в 2003–2017 гг. Выполнен анализ имеющихся данных с точки зрения возможности перехода к выдаче много-видовых разрешений на вылов водных биологических ресурсов. Основными орудиями добычи рыб в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах являются разноглубинные тралы (75,5%), снюрреводы (19,1%) и донные яруса (2,3%).

Предложен комплект видов для вылова основными орудиями лова. Так, при формировании комплексного рыболовного разрешения на промысел разноглубинными тралами, на данном этапе достаточно включить в этот перечень для Западно-Камчатской подзоны лишь два вида — минтай и сельдь в примерном соотношении  $50 \pm 5\%$  и  $50 \pm 5\%$  соответственно; для Камчатско-Курильской подзоны — один минтай. Доля остальных видов вполне укладывается в разрешенный (Правила рыболовства..., 2014) 2%-й прилов. Исходя из среднего арифметического значения долей основных промысловых видов в уловах, по данным ОСМ и научных наблюдений, возможный набор видов при формировании рыболовного билета для снюрреводного промысла выглядит следующим образом: минтай — 48%, камбалы — 24%, треска — 13%, навага — 10% и бычки — 5%. Величина изъятия остальных видов укладывается в разрешенный 2%-й прилов. Наиболее подходящим орудием лова, где возможно на данный момент применить принцип заблокированных квот, является донный ярус. В зависимости от целевого объекта промысла, возможный набор видов при формировании рыболовного билета заметно отличается. Так, при специализированном промысле трески рыболовный билет может включать виды: треска (78%), палтусы (13%), скаты (4%), макрурусы и бычки (3 и 1% соответственно). А при ведении промысла, ориентированного на добычу палтусов, следующие виды: палтусы (88%), макрурусы (6%), скаты (4%), морские окуни (1%).

Дополнительно рассматриваются особенности формирования заблокированного рыболовного билета с учетом целевого объекта промысла.

## COMPARATIVE ANALYSIS FOR SPECIES COMPOSITION OF THE CATCHES FROM DIFFERENT FISHING GEARS NEAR THE WEST COAST OF KAMCHATKA IN 2003–2017

Andrey A. Matveev, Dmitry A. Terentyev, Petr M. Vasilets

Researcher; Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO") 683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18. Tel./fax: +7 (4152) 41-27-01 E-mail: terentiev.d.a@kamniro.ru, vasilets@kamniro.ru, matveev.a.a@kamniro.ru

KAMCHATKA-KURIL AND WESTERN-KAMCHATKA SUBZONES, THE FISHERIES, DANISH SEINE, MIDWATER TRAWL, BOTTOM LONGLINE, DEMERSAL FISH SPECIES, INVERTEBRATES, MULTISPECIES FISHERY

Comparative analysis was carried out for species composition of the catches from major types of fishing gears near the west coast of Kamchatka (in the Kamchatka-Kuril and West-Kamchatka subzones) based on the data of the sectoral fisheries monitoring system (OSM) of the Federal Agency for Fishery and the research data from fishing vessels for 2003–2017. The major fishing gears analyzed were midwater trawls (75.5%), Danish seines (19.1%) and bottom longlines (2.3%). The data available were analyzed in view of possible perspective of changing the target fishery permits into the multispecies permits for aquatic biological resources.

An optimal block of species was suggested for each of the major gears. For instance, in the first stage of forming a complex (multispecies) permit for the midwater trawl fishing in the West Kamchatka subzone it is enough to include only two species – pollock and herring into the pool in the approximate ratio  $50 \pm 5\%$  and  $50 \pm 5\%$ , as for the Kamchatka-Kuril subzone – one walleye pollock is recommended. The part of the other species fits the terms of 2% by-catch allowed by the "Fishery Rules...", 2014. Based on the averaged percentage of the main commercial species in catches according to the OSM and scientific observation data, the block of species

for the Danish seine fishing permits should include: pollock – 48%, flounders – 24%, cod – 13%, saffron cod – 10% and sculpins – 5%. The volume of other species answers the terms of 2% by-catch allowed. The optimal fishing gear now to applicate the principle of the blocked quotas is the bottom longline. The block in the fishing permit can vary depending on the target species. In the target fishing of Pacific cod the block can be like this: cod – 78%, halibut – 13%, stingrays – 4%, grenadiers and sculpins – 3 and 1% respectively. In the target talibut fishing the block in the permit can look like: halibut – 88%, grenadiers – 6%, stingrays – 4%, rockfish – 1%. Analysis of specifics of forming the blocks for the permits, including the target species, was provided for all gears considered.

Западно-Камчатский шельф относится к самым высокопродуктивным участкам дальневосточных морей (Шунтов, 1985; Борец, 1997, Терентьев и др., 2005; Василец и др., 2006; Золотов и др., 2013). В последние пять лет (2013–2017 гг.) промысел у западного побережья Камчатки обеспечивал более 35% общего вылова морских рыб (исключая лососей) в Дальневосточном бассейне. По данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ), в этот период здесь было добыто 58,4% камбал, 46,1% наваги, 34,8% минтая, 28,2% палтусов и 18,0% трески от общего вылова этих видов в Дальневосточном бассейне.

Из более 400 видов рыб, зарегистрированных в настоящее время в прибрежных водах Камчатки и сопредельных морских акваториях (Шейко, Федоров, 2000), преобладающая часть ведет донный и придонный образ жизни. Свыше 60% из них входят в состав трех отрядов — Scorpaeniformes, Perciformes и Pleuronectiformes. Представители одних семейств этих отрядов в течение нескольких десятилетий служат традиционными объектами промысла. Многие виды других семейств (Cottidae, Agonidae, Liparidae, Zoarcidae) обладают сравнительно высокой численностью и биомассой, являются важными компонентами шельфовых и верхнебатиальных ихтиоценов прикамчатских вод, могут быть объектами промысла и выступают как потенциальные конкуренты или объекты питания промысловых рыб (Токранов, 2009).

В начале 2000-х гг. в КамчатНИРО были проведены исследования структуры уловов на различных видах промысла в прикамчатских водах и предложены схемы перехода на «сблокированные» квоты, в т. ч. и на составление многовидового прогноза ОДУ для отдельных рыбопромысловых подзон (Балыкин, Терентьев, 2004; Буслов, 2006; Терентьев, 2006; Балыкин и др., 2007).

Имеющаяся информация по структуре уловов в настоящее время значительно устарела. Анализ современной информации позволит оценить соответствие официальной промысловой статистики данным контрольного лова в последние годы. В дальнейшем это поможет разработать схему рас-

пределения ОДУ на основе «сблокированных» квот, учитывающую структуру уловов на различных видах промысла, что, в свою очередь, послужит основанием для более рационального использования рыбных ресурсов и будет способствовать решению вопроса об обязательном и максимальном использовании видов прилова путем полной переработки полученного улова непосредственно на промысловых судах либо на береговых базах.

Целью нашей работы является анализ видового состава уловов с точки зрения возможности перехода к выдаче многовидовых разрешений на вылов ВБР, а в дальнейшем и к составлению многовидового прогноза ОДУ морских промысловых рыб.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Район исследования охватывает две рыбопромысловые подзоны: Камчатско-Курильскую (61.05.4) и Западно-Камчатскую (61.05.2) (рис. 1). Согласно «Положению по функционированию...» (1996), им присвоены цифровые коды 272 и 274 соответственно.

Для анализа использованы данные по количественному и качественному составу уловов, собранные сотрудниками КамчатНИРО на промысловых судах в районе исследований в 2003–2017 гг. (всего 2317 промысловых операций, табл. 1), а также первичные материалы отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (Пырков и др., 2015). Данные о вылове по донесениям судов персонального учета (ССД) по регионам брали из таблицы <catch>, об использованных орудиях лова — из таблицы <operation>. Для доступа к таблицам базы данных ОСМ использовали менеджер баз данных MySQL Workbench. Методика работы с таблицами ОСМ подробно описана в публикации П.М. Васильца и Д.А. Терентьева (2008).

При обработке данных были условно выделены три периода — 2003–2007, 2008–2012 и 2013–2017 гг. (в дальнейшем I, II и III соответственно), в рамках которых данные по уловам суммировались с целью выявить возможную временную динамику. В связи с технической возможностью



перераспределения вылова между двумя районами, данные по вылову из двух граничащих подзон были объединены (кроме данных из уловов раз-

ноглубинными тралами), что позволило исключить возможные недостоверные сведения по распределению уловов по подзонам.



Рис. 1. Схема расположения рыбопромысловых районов в прикамчатских водах

Fig. 1. The schematic distribution of the commercial fishery districts in the waters off Kamchatka

Таблица 1. Список судов, на которых выполнялись наблюдения за структурой уловов, и количество промысловых операций по орудиям лова и годам исследований  
Table 1. The list of the vessels, engaged into observations for the species structure of the catches, and the number of the fishing operations by fishing gears and years examined

№	Название судна Vessel name	Подзона Subzone	Орудие лова Fishing gear	Кол-во операций Number of operations	Период исследований Examined period
1	РТМС «Багратион» RTMS "Bagration"	61.05.2	Трал п/гл* Midwater trawl	10	Январь–февраль (January–February), 2003
2	МФТ «Иоланта» MFT "Iolanta"	61.05.2	Трал донный Bottom trawl	72	Ноябрь–декабрь (November–December), 2003
3	БАТМ «Бородино» BATM "Borodino"	61.05.2	Трал п/гл Midwater trawl	38	Февраль–март (February–March), 2004
4	ЯМС «Калкан» YaMS "Kalkan"	61.05.2	Ярус донный Bottom longline	8	Февраль (February), 2004
5	РТМС «Багратион» RTMS "Bagration"	61.05.2	Трал п/гл Midwater trawl	64	Февраль–март (February–March), 2005
6	РТМКС «Василий Каленов» RTMKS "Vasily Kalenov"	61.05.2	Трал п/гл Midwater trawl	24	Февраль–март (February–March), 2005
7	МРС-150 № 075 MRS-150 № 075	61.05.2	Снюрревод Danish seine	21	Июнь (June), 2005
8	СЯМ «Муравьев-Амурский» SyaM "Muravyev-Amurskiy"	61.05.2	Ярус донный Bottom longline	124	Январь–апрель (January–April), 2007
9	СРТМ «Арктик Лидер» SRTM "Arctic Lider"	61.05.2	Трал п/гл Midwater trawl	26	Ноябрь–декабрь (November–December), 2009
10	СТР «Рязановка» STR "Ryazanovka"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	6	Март (March), 2012
11	ПЗ «Святой Владимир» PZ "Svyatoi Vladimir"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	18	Март (March), 2013



Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 46  
Table 1. Continuation. Beginning on page 46

№	Название судна Vessel name	Подзона Subzone	Орудие лова Fishing gear	Кол-во операций Number of operations	Период исследований Examined period
12	БАТМ «Сероглазка» BATM "Seroglazka"	61.05.2	Трал донный	10	Апрель (April), 2014
13	БАТМ «Сероглазка» BATM "Seroglazka"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	40	Февраль–апрель (February–April), 2014
14	СТР «Пограничник Кирди-шев» / STR "Pogranichnik Kirdishev"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	25	Январь–февраль (January–February), 2015
15	СРТМ «Финвал» SRTM "Finval"	61.05.2	Ярус донный Bottom longline	73	Декабрь (December) 2014 – январь (January) 2015
16	БАТМ «Михаил Старицын» BATM "Mikhail Staritsin"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	89	Февраль–апрель (February–April), 2015
17	РС «Сибирь» RS "Sibir"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	9	Март (March), 2016
18	СРТМ «Пограничник Кирди-шев» / SRTM "Pogranichnik Kirdishev"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	84	Март–июнь (March–June), 2016
19	БАТМ «Иртышск» BATM "Irtysk"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	22	Февраль–апрель (February–April), 2016
20	БАТМ «Михаил Старицын» BATM "Mikhail Staritsin"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	28	Апрель–май (April–May), 2016
21	БАТМ «Михаил Старицын» BATM "Mikhail Staritsin"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	36	Февраль–март (February–March), 2017
22	РС «Сибирь» RS "Sibir"	61.05.2	Снюрревод Danish seine	20	Февраль (February), 2017
23	БАТМ «Иртышск» BATM "Irtysk"	61.05.2	Трал р/гл Midwater trawl	42	Март–апрель (May–April), 2017
24	РТМС «Багратион» RTMS "Bagration"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	65	Январь–март (January–March), 2003
25	МРТК-316 MRTK-316	61.05.4	Снюрревод Danish seine	69	Август–сентябрь (August–September), 2003
26	БАТМ «Бородино» BATM "Borodino"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	41	Февраль–апрель (February–April), 2004
27	ЯМС «Калкан» YaMS "Kalkan"	61.05.4	Ярус донный Bottom longline	10	Февраль–март (February–March), 2004
28	БАТМ «Березина» BATM "Berezina"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	8	Январь (January), 2005
29	РТМС «Багратион» RTMS "Bagration"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	64	Февраль–март (February–March), 2005
30	РТМКС «Василий Каленов» RTMKS "Vasiliy Kalenov"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	8	Февраль–март (February–March), 2005
31	СРТМ «Диамант» SRTM "Diamant"	61.05.4	Трал донный Bottom trawl	7	Декабрь (December), 2005
32	РС «Пик Фусса» RS "Pik Fussa"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	39	Январь–март (January–March), 2007
33	РС «Пик Фусса» RS "Pik Fussa"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	8	Февраль–март (February–March), 2007
34	МРТК-316 MRTK-316	61.05.4	Снюрревод Danish seine	29	Июль (July), 2007
35	СЯМ «Муравьев-Амурский» SyaM "Muravyev-Amurskiy"	61.05.4	Ярус донный bottom longline	120	Январь–апрель (January–April), 2007
36	РШ «Хокушин» RSh "Khokushin"	61.05.4	Трал донный Bottom trawl	32	Октябрь–декабрь (October–December), 2007
37	РШ «Хокушин», РС «Пик Фусса» / RSh "Khokushin", RS "Pik Fussa"	61.05.4	Трал донный Bottom trawl	15	Июль (July), 2008
38	МРС-150 № 268 MRS-150 № 268	61.05.4	Снюрревод Danish seine	16	Июнь–август (June–August), 2008
39	СРТМ «Арктик Лидер» SRTM "Arktik Lider"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	21	Ноябрь–декабрь (November–December), 2009
40	СРТМ «Арктик Лидер» SRTM "Arktik Lider"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	14	Декабрь (December), 2010
41	СТР «Рязановка» STR "Ryazanovka"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	49	Февраль–март (February–March), 2012
42	МРТК-316 MRTK-316	61.05.4	Снюрревод Danish seine	28	Июнь (June), 2012

Таблица 1. Окончание. Начало на с. 46  
Table 1. The end. Beginning on page 46

№	Название судна Vessel name	Подзона Subzone	Орудие лова Fishing gear	Кол-во операций Number of operations	Период исследований Examined period
43	ПЗ «Святой Владимир» PZ "Svyatoy Vladimir"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	44	Февраль–март (February–March), 2013
44	БАТМ «Сероглазка» BATM "Seroglazka"	61.05.4	Трал донный Bottom trawl	5	Апрель (April), 2014
45	СТР «Пограничник Кирди- шев» / STR "Pogranichnik Kirdischev"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	36	Октябрь (October), 2014
46	СТР «Казакевичи» STR "Kazakevichi"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	9	Март (March), 2015
47	СТР «Балей» STR "Baley"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	2	Январь (January), 2015
48	СРТМ «Финвал» SRTM "Finval"	61.05.4	Ярус донный Bottom longline	47	Декабрь (December) 2014 – январь (January) 2015
49	РС «Сибирь» RS "Sibir"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	22	Март–апрель (March–April), 2016
50	СРТМ «Пограничник Кирди- шев» / STR "Pogranichnik Kirdischev"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	5	Март–июнь (March–June), 2016
51	БАТМ «Иртышск» BATM "Irtyshsk"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	98	Февраль–март (February–March), 2016
52	БАТМ «Михаил Старицын» BATM "Mikhail Staritsyn"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	77	Январь–март (January–March), 2016
53	ООО «Командор» 5, МРС-150, № 225 / ООО "Komandor" 5, MRS-150, № 225	61.05.4	Снюрревод Danish seine	15	Май (May), 2016
54	СТР «Огни» STR "Ogni"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	7	Март (March), 2017
55	БАТМ «Михаил Старицын» BATM "Mikhail Staritsyn"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	45	Январь–февраль (January–February), 2017
56	РС «Сибирь» RS "Sibir"	61.05.4	Снюрревод Danish seine	18	Февраль (February), 2017
57	СТРМ «Алдан» STRM "Aldan"	61.05.4	Ярус донный Bottom longline	49	Март–апрель (March–April), 2017
58	БАТМ «Иртышск» BATM "Irtyshsk"	61.05.4	Трал р/гл Midwater trawl	68	Январь–март (January–March), 2017
59	СЯМ «Аланетт» Syam "Alanett"	61.05.4	Ярус донный Bottom longline	238	Декабрь (December), 2017

Примечание: \* — трал разноглубинный / midwater trawl

В таблицах, где приведены данные официальной статистики, сохранены русские названия объектов лова, применяемые для их обозначения в ОСМ, в остальных случаях используются латинские названия, в соответствии с каталогом Б.А. Шейко и В.В. Федорова (2000).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным ОСМ, в период исследований у западного побережья Камчатки основной судовой вылов

водных биологических ресурсов (ВБР) приходился на три орудия лова: разноглубинный трал (в среднем 75,5%), снюрревод (в среднем 19,1%) и донный ярус (в среднем 2,3%) (табл. 2). Доля вылова донным тралом в среднем составила менее 1,0% (с учетом, что часть вылова приходится на работу судами по программам научных исследовательских работ), поэтому в дальнейшем это орудие лова в нашем исследовании не рассматривается.

Таблица 2. Доля вылова ВБР (за исключением лососей) по данным ОСМ у западного побережья Камчатки по периодам и орудиям лова (% от массы общего вылова)  
Table 2. The ratio in the total catch of aquatic biological resources (in the exception of salmon) by periods and fishing gears (% in the total catch) near the west coast of Kamchatka on the fisheries sectoral monitoring system data

Периоды / Орудия лова Periods/ Fishing gears	Снюрревод Danish seine	Трал донный Bottom trawl	Трал разноглубинный Midwater trawl	Ярус Longline
I — 2003–2007 гг.	18,9	1,6	72,5	3,4
II — 2008–2012 гг.	20,7	0,5	75,9	1,9
III — 2013–2017 гг.	17,6	0,3	78,2	1,5
Среднее / Mean	19,1	0,8	75,5	2,3

Доля вышеуказанных орудий лова в разные периоды была не одинакова. Так, вклад разноглубинных тралов постоянно увеличивался с I по III период (от 72,5 до 78,2%). Величина вылова снурреводами изменялась от 17,6 (III период) до 20,7% (II период). В отличие от промысла разноглубинным тралом, доля донного ярусного лова последовательно снижалась с I по III период (от 3,4 до 1,5%) (табл. 2).

### Разноглубинные тралы

Основными объектами промысла разноглубинными тралами у западного побережья Камчатки, по данным научных исследований, являлись минтай *Theragra chalcogramma* и сельдь

*Clupea pallasii* (рис. 2). В целом их суммарная доля находилась на уровне или превышала 99,0% (табл. 3).

Минтай абсолютно доминировал в уловах, однако его доля в III периоде как по данным ОСМ, так и по материалам научных исследований снизилась до 89,00 и 75,70% соответственно. Доля сельди в периоды наблюдений, напротив, увеличилась с 1,30 до 10,90% и с 0,05 до 24,20% соответственно (табл. 3).

Видовой состав прилова отличался значительным разнообразием, однако доля в уловах отдельных видов или даже целых семейств зачастую составляла десятые или сотые доли процента (табл. 3).

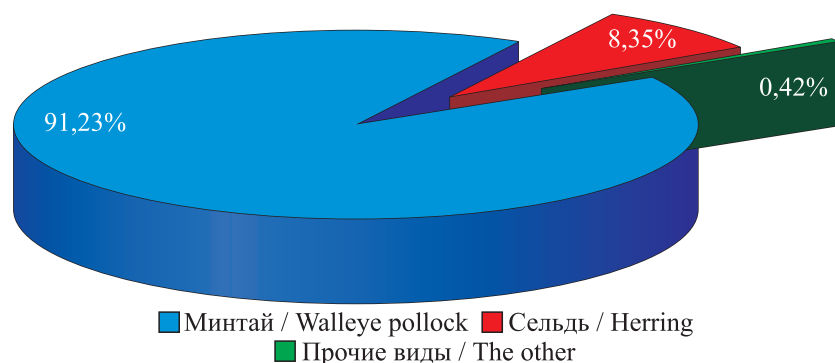


Рис. 2. Среднеголетняя структура уловов разноглубинными тралами у западного побережья Камчатки по данным научных исследований в 2003–2017 гг.

Fig. 2. The longterm average midwater trawl catch structure on the west coast of Kamchatka on the research data for 2003–2017

Таблица 3. Структура уловов (доля, % от общей массы) разноглубинными тралами у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг.  
Table 3. The structure of the midwater trawl catches (contribution into the total weight, %) on the west coast of Kamchatka in 2003–2017

Объекты ВБР Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОСМ (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference
		А	Б	А	Б	А	Б			
Бычки Sculpins	<i>Malacocottus zonurus</i> / <i>Hemilepidotus jordani</i> / <i>H. gilberti</i> / <i>Melletes papilio</i> / <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> / <i>M. jaok</i> / <i>Gymnocanthus detrisus</i> / <i>G. galeatus</i> / <i>Triglops scepticus</i>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Камбала(ы) Flounder(s)	<i>Hippoglossoides</i> sp. / <i>Limanda aspera</i> / прочие	0,71	0,09	0,07	0,27	+	0,03	0,39	0,13	0,26
Минтай Walleye pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	97,60	99,10	97,90	98,90	89,00	75,70	94,71	91,01	3,70
Сельдь тихоокеанская Pacific herring	<i>Clupea pallasii</i>	1,30	0,05	1,90	0,80	10,90	24,20	4,70	8,35	–3,65
Палтусы (все) Halibuts (all)	<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i> / <i>Hippoglossus stenolepis</i> / <i>Atheresthes</i> sp.	0,06	0,13	0,01	0,01	+	0,01	0,04	0,05	–0,01
Скаты / Skates	<i>Bathyrhaja parmifera</i> / <i>B. violacea</i> / <i>B. interrupta</i> / <i>B. maculate</i> / <i>B. isotrachys</i>	+	0,08	+	+	+	+	+	0,08	–0,08

Таблица 3. Окончание. Начало на с. 49  
Table 3. The end. Beginning on page 49

Объекты ВБР Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОСМ (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference
		А	Б	А	Б	А	Б			
Треска Pacific cod	<i>Gadus macrocephalus</i>	0,08	0,17	0,05	+	0,01	+	0,05	0,17	–0,12
Мойва Capelin	<i>Mallotus villosus catervarius</i>	0,03	+	0,01	+	0,02	+	0,02	+	0,02
Макрурысы Grenadiers	<i>Albatrossia pectoralis</i> / <i>Coryphaenoides</i> sp.	+	+	0,01	+	0,01	–	0,01	+	0,01
Рыба-лягушка Smooth lumpsucker	<i>Aptocyclus ventricosus</i>	+	0,21	+	0,01	+	0,02	+	0,08	–0,08
Щиповики Thornyheads	<i>Sebastolobus alascanus</i> / <i>S. macrochir</i>									
Окунь морской Shortraker rockfish	<i>Sebastes borealis</i> / <i>Sebastes alutus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ликоды Eelpouts	<i>Lycodes concolor</i> / <i>L. tanakae</i> / <i>L. brunneofasciatus</i> / прочие	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Акула-катран Spiny dogfish	<i>Squalus suckleyi</i> / <i>Somniosus pacificus</i> / <i>Lamna ditropis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лососевые Salmonids	<i>Oncorhynchus</i> sp. / <i>Salvelinus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Навага Saffron cod	<i>Eleginus gracilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ленок Greenlings	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> / <i>Pleurogrammus monopterygius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Липаровые, Морские слизни Snailfish	<i>Careproctus</i> sp. / <i>Liparidae</i> sp. / <i>Elassodiscus</i> sp. / <i>Crystallichthys</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Прочие морские рыбы The other marine fish species	<i>Alepisaurus</i> sp. / <i>Allolepis hollandi</i> / <i>Bothrocara</i> sp. / <i>Eumicrotremus</i> sp. / <i>Leuroglossus schmidtii</i> / <i>Lipolagus ochotensis</i> / <i>Osmerus mordax dentex</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гонатидае (кальмары) Gonatidae (cuttlefish)	<i>Gonatopsis</i> sp. / <i>Gonatus</i> sp.	+	0,08	+	+	+	+	+	0,08	–0,08
Краб синий Deep blue crab	<i>Lithodes aequispinus</i>	0,02	0,00	+	+	+	+	0,02	+	0,02
Краб-стригун (ы) Snow crab(s)	<i>Chionoecetes</i> sp.	+	0,00	+	+	+	+	+	+	+
Креветка (и) Shrimp(s)	<i>Pandalus</i> sp.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	+	0,03	+	0,03
Кукумария Sea cucumber	<i>Cucumaria</i> sp.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Краб камчатский King crab	<i>Paralithodes camtschaticus</i>	+	+	0,00	0,00	0,01	+	0,01	+	0,01

Примечание / Note: + — менее 0,01% / less than 0.01%

Вместе с тем, рассматривая вклад основных объектов промысла по данным научных исследований по подзонам, отметим, что в Западно-Камчатской подзоне вклад минтая в уловах разноглубинным тралом по периодам уменьшился от 99,54 до 46,87%. В III периоде доля сельди здесь возросла до 53,08%. В Камчатско-Курильской подзоне вклад минтая в уловы оставался стабильным и варьировал от 98,81 до 99,88% соответственно (табл. 4).

Таким образом, при формировании комплексного рыболовного разрешения на промысел раз-

ноглубинными тралами, на данном этапе достаточно включить в этот перечень для Западно-Камчатской подзоны лишь два вида, минтай и сельдь, в примерном соотношении: 50±5% и 50±5% соответственно; для Камчатско-Курильской подзоны — один минтай. Естественно, приведенное выше соотношение возможно лишь при достаточно высоких запасах облавливаемых объектов, а в случае снижения или увеличения одного из эксплуатируемых запасов необходима оперативная корректировка долей рыболовных разрешений.



Таблица 4. Доля вылова ВБР в уловах разноглубинного трала по данным научных исследований у западного побережья Камчатки по периодам и подзонам промысла (% от массы общего вылова)  
Table 4. Percent of aquatic biological resources in the catches of midwater trawl on the research data from the west coast of Kamchatka by periods and commercial subzones (% in the total catch)

Период / Period	I	II	III	I	II	III
Объект промысла / Подзона Object of fishing / Subzone	61.05.2	61.05.2	61.05.2	61.05.4	61.05.4	61.05.4
Минтай / Walleye pollock	99,54	96,77	46,87	98,81	99,60	99,88
Сельдь / Herring	0,09	3,23	53,08	0,02	0,00	+
Прочие / Other	0,37	0,00	0,05	1,17	0,40	0,12

Примечание: + — менее 0,01% / less than 0.01%

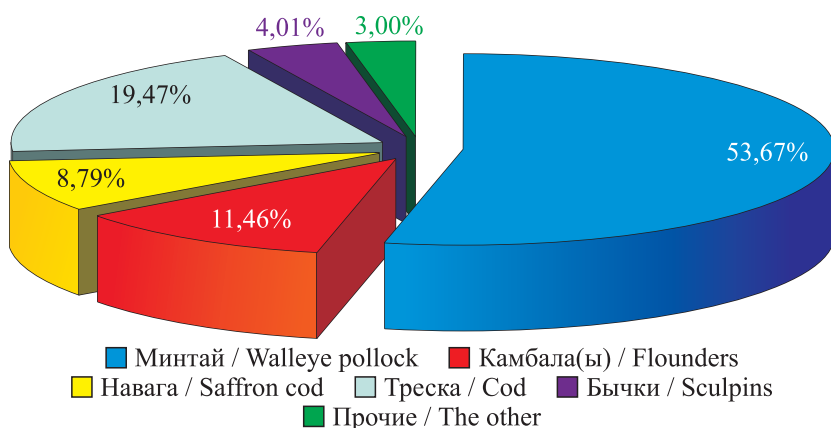


Рис. 3. Среднегодовое строение уловов снюрреводами у западного побережья Камчатки по данным научных исследований в 2003–2017 гг.  
Fig. 3. The long-term average structure of the Danish seine catches on the west coast of Kamchatka on the research data for 2003–2017

В случае если в ближайшие годы не произойдет резкого «обрушения» запасов сельди, возврат к 99% минтая нам кажется маловероятным. Дополнительным фактором является возросший интерес промышленности к сельди этого района, тогда как ранее она просто выбрасывалась за борт и в ОСМ не фиксировалась. Доля остальных видов вполне укладывается в разрешенный «Правилами рыболовства...» (2014) 2%-й прилов.

### Снюрреводы

Основными объектами снюрреводного промысла, по данным наблюдателей на промысловых судах, являлись: минтай, камбалы *Pleuronectidae* (группа видов), треска *Gadus macrocephalus*, навага *Eleginus gracilis* и бычки *Cottidae* (группа видов) (рис. 3). Отметим, что по материалам ОСМ средняя доля минтая и трески в уловах была значительно меньше (42,23 и 5,65% соответственно), чем по данным научных наблюдений (53,67 и 19,67% соответственно). Напротив, вклад камбал, наваги и бычков в рассматриваемые периоды в снюрреводных уловах по данным отраслевой системы был выше (36,03, 9,64 и 5,39% соответственно), чем по данным наблюдателей (11,46, 8,89 и 4,02% соответственно) (табл. 5). Таким образом, согласно официальной статистике, доля камбал в уловах превышала наблюденную в три раза.

Максимальный вклад минтая, по данным из двух использованных источников, наблюдался во II периоде. В I периоде он был минимален, а в III несколько снизился по сравнению со II. Однако разница между данными ОСМ и сведениями наблюдателей на промысловых судах всегда была значительной (табл. 5). Вероятно, это связано с большим количеством наблюдателей в зимне-весенний период, во время минтаевых экспедиций, и заметно меньшим количеством наблюдений на малых рыболовных судах в летний период, по причине отсутствия возможности разместить там специалистов-ихтиологов.

Доля камбал в уловах, по материалам научных наблюдений, во все временные периоды была достаточно стабильна и находилась на уровне 11–12%, что, возможно, объясняется теми же причинами, о которых было сказано выше. По данным ОСМ, их вклад в уловы изменялся от 28,90% (II период) до 47,81% (I период) (табл. 5).

В рассматриваемые периоды доля вылова трески значительно изменялась. В I периоде доля трески была максимальной и составляла 6,67% по данным из ОСМ и 56,61% по данным натурных наблюдений. Такая разница, вероятно, объясняется небольшим количеством данных натурных наблюдений в этот период. В II и III периоды доля трески, по данным научных наблюдений, равнялась 1,29 и

Таблица 5. Структура уловов (доля, % от общей массы) снюрреводами у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг.

Table 5. The structure of the Danish seine catches (contribution into the total weight, %) on the west coast of Kamchatka in 2003–2017

Объекты ББР / Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОСМ (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference (А – Б)
		А	Б	А	Б	А	Б			
Бычки Sculpins	<i>Hemilepidotus jordani</i> / <i>H. gilberti</i> <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> / <i>M. jaok</i> и др.	7,90	5,49	3,50	2,28	4,77	4,28	5,39	4,02	1,40
Камбала (ы) Flounder(s)	<i>Lepidopsetta polyxystra</i> / <i>прочие</i> <i>Limanda aspera</i>	47,81	11,75	28,90	11,68	31,39	10,95	36,03	11,46	24,57
Навага Saffron cod	<i>Eleginus gracilis</i>	7,23	11,37	10,77	3,70	10,96	11,61	9,64	8,89	0,75
Треска Pacific cod	<i>Gadus macrocephalus</i>	6,67	56,61	4,56	1,29	5,82	1,12	5,65	19,67	–14,02
Минтай Walleye pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	29,41	9,75	51,32	80,77	46,05	70,49	42,23	53,67	–11,44
Палтус (без указа- ния вида) Halibut (without specifying)		0,20	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	–0,11
Палтус белокорый Pacific halibut	<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0,00	0,44	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,16	–0,14
Палтус стрелозу- бый / Arrowhead halibut	<i>Atheresthes</i> sp.	0,00	0,36	+	+	+	0,08	0,00	0,22	–0,22
Палтус черный (синекорый) Pacific black halibut	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i> <i>matsuurae</i>	+	0,01	0,02	0,00	0,01	+	0,01	0,01	0,00
Скаты Skates	<i>Bathyraja violacea</i> / <i>B. parmifera</i> / прочие	0,01	0,10	0,10	+	+	+	0,06	0,10	–0,04
Корюшка Smelt	<i>Osmerus mordax dentex</i>	0,57	0,00	0,34	0,19	0,42	0,50	0,44	0,35	0,09
Макрурысы Grenadiers	<i>Albatrossia pectoralis</i> / <i>Coryphaenoides</i> sp.	0,00	0,00	+	0,00	0,00	0,00	+	0,00	+
Ликоды (бельдюга) Eelpouts (ebony eelpout)	<i>Lycodes concolor</i> / <i>L. tanakae</i> / <i>L. brunneofasciatus</i> / <i>прочие</i>	0,01	0,00	0,10	0,00	0,00	+	0,05	+	0,05
Ерш длинноперый Longfin thornyhead	<i>Sebastolobus macrochir</i>	+	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	+	0,02	0,00
Окунь морской Shortraker rockfish	<i>Sebastes borealis</i> / <i>S. alutus</i> / <i>S. glaucus</i>	0,00	+	+	0,00	0,00	+	+	+	+
Голец / Char	<i>Salvelinus</i> sp.	0,00	0,00	+	0,00	0,00	0,00	+	0,00	0,00
Мойва / Capelin	<i>Mallotus villosus catervarius</i>	0,12	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	–0,06
Ленок / Rock greenling	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> / <i>H. octogrammus</i> / <i>H. stelleri</i>	0,01	0,01	+	0,01	0,00	0,10	0,01	0,04	–0,03
Нерка Sockeye salmon	<i>Oncorhynchus nerka</i>	0,00	+	+	0,00	0,00	0,00	+	0,00	0,00
Сельдь Pacific herring	<i>Clupea pallasii</i>	+	0,01	0,01	0,03	+	0,04	0,01	0,03	–0,02
Терпуги / Greenlings	<i>Pleurogrammus monopterygius</i> / <i>P. azonus</i>	0,01	0,23	+	+	+	0,03	+	0,13	–0,13
Прочие виды (не отмеченные в ОСМ) / The other species (not listed in the system)										
Липаровые, морские слизни Snailfish	<i>Careproctus rastrinus</i> и др. / <i>Lipari- dae</i> sp.	0,00	0,06	0,00	+	0,00	+	0,00	0,06	–0,06
Песчанка Sandlance	<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+	0,00	+	+

Таблица 5. Окончание. Начало на с. 52  
Table 5. The end. Beginning on page 52

Объекты ББР / Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОСМ (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference (A – B)
		А	Б	А	Б	А	Б			
Волосозуб Pacific sandfish	<i>Trichodon trichodon</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+	0,00	+	+
Угольная рыба Sablefish	<i>Anoplopoma fimbria</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	+	0,00	+	+
<b>Беспозвоночные / Invertebrates</b>										
Осьминоги Octopuses	<i>Octopus</i> sp.	0,00	0,00	+	0,00	0,00	+	+	+	+
Кукумария Sea cucumber	<i>Cucumaria</i> sp.	0,03	0,00	0,26	0,00	0,55	+	0,28	+	0,28
Краб волосатый Hairy crab	<i>Erimacrus isenbeckii</i>	+	0,00	0,00	0,00	0,00	+	+	+	+
Краб синий Deep blue crab	<i>Paralithodes platypus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	–0,02
Краб-стригун Snow crab	<i>Chionoecetes</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	–0,02
Краб камчатский King crab	<i>Paralithodes camtschaticus</i>	0,00	3,73	0,00	0,01	0,00	0,57	0,00	1,44	–1,44
Прочие беспозвоночные / The other invertebrates	<i>Telmessus cheiragonus</i> / <i>Spongia</i> sp. / <i>Gorgonocephalus</i> sp. / <i>Asteriidae</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	–0,15

Примечание / Note: + — менее 0,01% / less than 0.01%

1,12% соответственно, а по материалам ОСМ — 4,56 и 5,82% соответственно. Эти величины вполне сопоставимы с данными, полученными в период 2003–2007 гг. В этом случае можно считать данные ОСМ более репрезентативными (табл. 5).

Доля наваги в снюрреводных уловах, за исключением научных наблюдений во II периоде (3,70%) и данных ОСМ в I периоде (7,23%), в целом, по разным источникам, находилась на уровне 11,00% (табл. 5).

Рогатковые (бычки) постоянно присутствуют в уловах в качестве прилова при ведении снюрреводного промысла у западного побережья Камчатки (Матвеев, Терентьев, 2016). По данным ОСМ, их вклад в уловы варьировал от 3,50% (II период) до 7,90% (I период). По данным натурных наблюдений, в те же периоды их доля изменялась от 2,28 до 5,49% соответственно (табл. 5).

В уловах рассматриваемого орудия лова регулярно отмечались корюшка *Osmerus mordax dentex*, палтусы (группа видов: *Hippoglossus stenolepis*, *Atheresthes* sp., *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*), ромбовые скаты *Rajidae* и др. Доля этих видов не превышала 1,10% от общего вылова ББР и составляла в среднем 0,77 и 1,12%, по данным ОСМ и научных наблюдений соответственно. Ве-

личина их изъятия вполне укладывается в разрешенный двухпроцентный прилов (Правила рыболовства., 2014) (табл. 5).

Отдельно стоит сказать о прилове беспозвоночных. Их доля, согласно ОСМ, изменялась от 0,03 до 0,55% (с I по III период соответственно, т. е. возрастала). По данным натурных наблюдений, вклад в уловы беспозвоночных варьировал от 0,01 (II период) до 3,73 (I период). Наиболее весомый вклад в общую долю вылова вносили такие виды, как камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и кукумария *Cucumaria* sp. В уловах также были отмечены: осьминоги *Octopus* sp., крабы-стригуны *Chionoecetes* sp., краб синий *Paralithodes platypus*, краб волосатый *Erimacrus isenbeckii*, а также некоторые другие виды беспозвоночных животных, прилов которых, как правило, не учитывается по различным причинам (табл. 5).

Исходя из среднего арифметического значения долей основных промысловых видов в уловах, по данным ОСМ и научных наблюдений, возможный набор видов при формировании рыболовного билета для снюрреводного промысла выглядит следующим образом: минтай — 48%, камбалы — 24, треска — 13, навага — 10 и бычки — 5%. Величи-

на изъятия остальных видов укладывается в разрешенный двухпроцентный прилов (Правила рыболовства..., 2014). Приведенные значения не являются фиксированными, они носят рекомендательный характер и могут быть пересмотрены с учетом изменений законодательства и/или реалий промысла. Корректировать состав и доли объектов промысла желательно ежегодно при составлении прогнозов ОДУ. Также стоит учитывать недостаточное количество современных данных натурных наблюдений в летний и осенний периоды. Данное обстоятельство может напрямую влиять на соотношение долей различных видов рыб при формировании рыболовного билета по сблокированному принципу.

### Ярус донный

Основными объектами ярусного промысла у западного побережья Камчатки, по данным научных исследований, являются треска и палтусы (черный и белокорый) (рис. 4).

По данным ОСМ, доля трески в общем вылове увеличивалась с I по III период с 52,61 до 60,40%. Противоположная тенденция наблюдалась на промысле палтусов, вылов которых в это время изменялся от 35,91 до 24,88% (табл. 6).

Отметим, что материалы по структуре уловов в I и II периоды по данным наблюдателей значительно отличаются от информации из ОСМ. По I периоду в нашем распоряжении имелось лишь небольшое количество наблюдений на промысле пал-

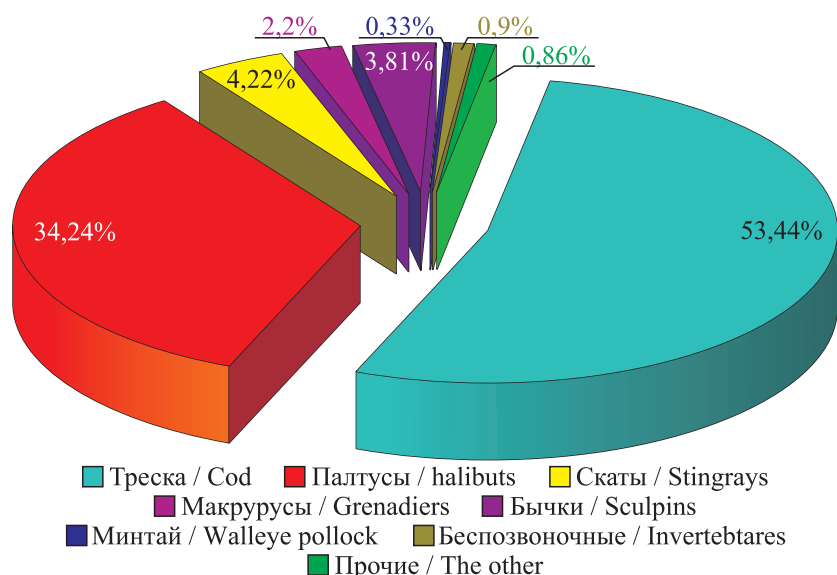


Рис. 4. Среднегодовная структура уловов донным ярусом у западного побережья Камчатки по данным научных исследований в 2003–2017 гг.  
Fig. 4. The longterm average structure of the bottom longline catches on the west coast of Kamchatka on the research data for 2003–2017

Таблица 6. Структура уловов (доля, % от общей массы) донным ярусом у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг.

Table 6. The structure of the bottom longline catches (contribution into the total weight, %) on the west coast of Kamchatka in 2003–2017

Объекты ВБР / Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОСМ (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference (A – B)
		А	Б	А	Б	А	Б			
Бычки Sculpins	<i>Hemilepidotus jordani</i> / <i>H. gilberti</i> <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> / <i>M. jaok</i> / прочие	0,02	2,20	0,03	0,04	0,00	9,20	0,02	3,81	–3,80
Камбала (ы) Flounder(s)	<i>Hippoglossoides</i> sp. / прочие <i>Lepidopsetta polyxystra</i>	0,01	0,03	+	+	0,00	0,05	0,00	0,04	–0,04
Ликоды Eelpouts	<i>Lycodes concolor</i> / <i>L. tanakae</i> / <i>L. brunneofasciatus</i> / прочие	0,02	0,00	0,00	0,01	0,17	1,38	0,06	0,46	–0,40



Таблица 6. Окончание. Начало на с. 54  
Table 6. The end. Beginning on page 54

Объекты ВБР / Aquatic biological resources		Доля, % / Contribution, %								
По ОCM (А) On the official monitoring system data	По данным наблюдений (Б) On the data of observations	I		II		III		Среднее (А) Mean	Среднее (Б) Mean	Разница (А – Б) Difference (А – Б)
		А	Б	А	Б	А	Б			
Макрурысы Grenadiers	<i>Albatrossia pectoralis</i> / <i>Coryphaenoides</i> sp.	4,24	0,40	7,94	6,20	6,26	0,00	6,14	2,20	3,94
Минтай Walleye pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	1,11	0,20	0,67	0,10	0,54	0,70	0,77	0,33	0,44
Палтус (без указа- ния вида) Halibut (without specifying)		34,94	0,00	5,40	0,00	0,00	0,00	13,45	0,00	13,45
Палтус белокорый Pacific halibut	<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0,12	1,10	1,57	0,00	2,27	1,10	1,32	0,73	0,59
Палтус стрелозу- бый / Arrowhead halibut	<i>Atheresthes</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,07	–0,07
Палтус черный Pacific black halibut	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i> <i>matsuurae</i>	0,85	0,60	22,60	85,85	22,61	13,33	15,33	33,24	–17,91
Скаты Skates	<i>Bathyraja aleutica</i> / <i>B. parmifera</i> / <i>B. violacea</i> и <i>B. maculate</i> / прочие	5,79	0,01	6,22	4,37	7,73	8,27	6,58	4,22	2,37
Треска Pacific cod	<i>Gadus macrocephalus</i>	52,61	95,43	55,44	0,00	60,40	64,90	56,15	53,44	2,70
Угольная рыба Sablefish	<i>Anoplopoma fimbria</i>	+	0,00	+	0,00	+	0,00	+	0,00	0,00
Щиповики Thornyheads	<i>Sebastolobus alascanus</i> / <i>S. macrochir</i>	0,01	+	0,08	0,03	0,02	0,00	0,03	0,02	0,02
Ерш длинноперый Longfin thornyhead	<i>Sebastolobus macrochir</i>	0,03		0,01		0,00		0,01		
Окунь морской Shortraker rockfish	<i>Sebastes borealis</i> / <i>Sebastes alutus</i>	0,17	0,00	0,03	1,23	+	0,06	0,10	0,43	–0,33
Акула-катран Spiny dogfish	<i>Squalus suckleyi</i> / <i>Somniosus pacifi-</i> <i>cus</i> / <i>Lamna ditropis</i>	+	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,03	–0,03
Голец Char	<i>Salvelinus</i> sp.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Навага Saffron cod	<i>Eleginus gracilis</i>	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	–0,01
Мойва Capelin	<i>Mallotus villosus catervarius</i>	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Ленок Rock greenling	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> / <i>Pleurogrammus monopterygius</i>	+	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	–0,04
Осьминоги Octopuses	<i>Octopus</i> sp.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	+	0,00	+
<b>Прочие виды (не отмеченные в ОCM) / The other species (not listed in the system)</b>										
Липаровые, мор- ские слизни Snailfish	<i>Careproctus rastrinus</i> и прочие <i>Liparidae</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,03	–0,03
<b>Беспозвоночные / Invertebrates</b>										
Краб синий Blue crab	<i>Lithodes aequispinus</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,17	–0,17
Краб-стригун ангулятус Triangle tanner crab	<i>Chionoecetes angulatus</i>	0,00	0,00	0,00	1,49	0,00	0,00	0,00	0,50	–0,50
Краб-стригун (ы) Snow crab(s)	<i>Chionoecetes</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Краб камчатский King crab	<i>Paralithodes camtschaticus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,23	–0,23

Примечание / Note: + — менее 0,01% / less than 0.01%

тусов, основной массив данных относился к промыслу трески. Во II периоде наблюдалась противоположная ситуация, когда доминировали данные, полученные при промысле палтусов. III период отличается наиболее сбалансированным набором данных. Тем не менее I и III периоды можно считать достаточно репрезентативными с точки зрения видового состава прилова при ведении промысла, нацеленного на треску (I период) или палтусов (II период). Так, например, при специализированном промысле трески в прилове отмечалось большее количество бычков, по сравнению со специализированным промыслом палтусов, где, в свою очередь, возрастала доля макрурусов, скатов и представителей семейства морских окуней. Несмотря на заметные отличия по периодам и составу прилова, осредненные данные из ОСМ и прямых наблюдений являются вполне сопоставимыми.

Типичными представителями прилова являлись скаты и макрурусы Macrouridae. По данным ОСМ и натурных наблюдений, доля в уловах первых составляла 6,58 и 4,22%, а вторых — 6,14 и 2,20% соответственно (табл. 6).

По данным наблюдений на промысловых судах, в прилове постоянно присутствуют представители семейства рогатковых Cottidae (в среднем 3,81%). Это семейство включает в себя достаточно большое количество видов, обитающих у западного побережья Камчатки, но к наиболее крупным и массовым видам можно отнести четырех представителей: многоиглового керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и керчака-яка *Myoxocephalus jaok* (которые в сумме составляют около 68% от остальных представителей семейства рогатковых), а также белобрюхого получешуйника *Hemilepidotus jordani* и получешуйника Гилберта *Hemilepidotus gilberti* (около 30% представителей семейства рогатковых). Несмотря на хоть и не большую, но

заметную долю в уловах, в ОСМ прилов этой группы видов практически не фиксируется (табл. 6).

Аналогичная ситуация отмечается для группы видов беспозвоночных животных. По данным наблюдений на промысловых судах, их вклад в ярусные уловы составляет около 1% (табл. 6).

Исходя из данных научных наблюдений, полученных на промысловых судах в I и III периоды (промысел трески) и II период (промысел палтусов), возможный вылов на 100 т целевого объекта для ярусного промысла будет выглядеть следующим образом (табл. 7).

Другие виды: камбалы (наиболее массовый вид — северная двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxystra*), угольная рыба *Anoplopoma fimbria*, шипошеки *Sebastolobus alascanus* и *Sebastolobus macrochir*, зайцеголовый терпуг (ленок) *Hexagrammos lagocephalus*, навага и др. — регулярно присутствуют в уловах ярусом, однако их доля от общего вылова невелика, и при необходимости их можно учитывать как разрешенный 2%-й прилов (Правила рыболовства., 2014).

Отдельно стоит сказать о наличии определенно ошибочных данных в ОСМ. Так, например, прилов мойвы *Mallotus villosus catervarius*, которая регистрировалась в I и II периодах на ярусном промысле, а также «гольца» *Salvelinus* sp. в I периоде вызывает большие сомнения в связи с особенностями биологии данных видов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видовой состав уловов при ведении промысла с использованием различных орудий лова в значительной степени различается. Наибольшее разнообразие видов отмечалось в уловах разноглубинными травами, однако доля по массе от основных видов, таких как минтай и сельдь, зачастую составляла десятые или сотые доли процента.

Таблица 7. Возможный вылов морских рыб (т) на 100 т основного объекта при промысле донными ярусами у западного побережья Камчатки  
Table 7. Possible catch of marine fish species (t) per 100 t of the target object of bottom longline fishing on the west coast of Kamchatka

Подзоны Subzones	Ярус донный (треска) Bottom longlining of cod		Ярус донный (палтусы) Bottom longlining of halibuts	
	Объекты лова Objects of fishing	Тонн Tons	Объекты лова Objects of fishing	Тонн Tons
61.05.4 и (and) 61.05.2	Треска / Cod	100,0	Палтусы / Halibuts	100,0
	Палтусы / Halibuts	17,1	Макрурусы / Grenadiers	7,2
	Скаты Stingrays	5,0	Скаты / Stingrays	5,1
	Макрурусы / Grenadiers	4,3	Морские окуни / Sea basses	1,4
	Бычки / Sculpins	1,4		
	Минтай / Walleye pollock	0,4		
	Итого / In the total	128,1	Итого / In the total	113,7

Видовое разнообразие в снюрреводных уловах несколько ниже, чем в уловах разноглубинными тралами, тем не менее доля по массе ценных промысловых видов значительно выше, что указывает на необходимость использовать многовидовые рыболовные билеты.

Ярусные уловы отличались наименьшим разнообразием видов, но, как и в случае со снюрреводными уловами, доля по массе ценных видов прилова достаточно высока. Учитывая конструктивные особенности ярусных судов, специфику ведения промысла и обработки уловов, имеется возможность производить штучную продукцию высокого качества и стоимости.

В результате проведенного анализа промысловой статистики и натурных наблюдений с целью оценки возможности формирования рыболовного разрешения по сблокированному принципу, нами был предложен оптимальный комплект видов для вылова (или изъятия) основными орудиями лова, используемыми на промысле ВБР у западного побережья Камчатки: разноглубинных тралов, снюрреводов и донного яруса.

На данном этапе наиболее подходящим видом промысла, где возможно применить это решение, является донный ярус. Необходимым условием для ведения рационального промысла является освоение не менее 51% квоты по каждому виду ВБР из состава рыболовного разрешения. Кроме того, необходим регулярный мониторинг структуры уловов специалистами-ихтиологами на борту судов, с целью уточнения долей и дальнейшего совершенствования системы многовидового рыболовства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балыкин П.А., Терентьев Д.А. 2004. Организация многовидового промысла рыб на примере Карагинской подзоны // *Вопр. рыболовства*. Т. 5. № 3 (19). С. 489–499.

Балыкин П.А., Терентьев Д.А., Буслов А.В., Бонк А.А. 2007. Распределение квот на вылов водных биоресурсов с учетом многовидового характера рыболовства // *Вопр. рыболовства*. Т. 8. № 3 (31). С. 559–568.

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

Буслов А.В. 2006. Возможность организации и регулирования многовидового рыболовства в совре-

менных условиях на примере Петропавловско-Командорской подзоны (Восточная Камчатка) // *Вопр. рыболовства*. Т. 7. № 26. С. 267–276.

Василец П.М., Коростелев С.Г., Терентьев Д.А. 2006. Промышленное рыболовство в северо-восточной части Охотского моря в 1997–2003 гг. // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана*. Вып. 8. С. 19–37.

Василец П.М., Терентьев Д.А. 2008. Характеристика промысла водных биологических ресурсов в Петропавловско-Командорской подзоне в 2001–2006 гг. // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана*. Вып. 10. С. 116–135.

Золотов А.О., Терентьев Д.А., Ильин О.И., Новикова О.В. 2013. Многолетняя динамика запасов донных рыб на шельфе Западной Камчатки // *Изв. ТИНРО*. Т. 173. С. 30–45.

Матвеев А.А., Терентьев Д.А. 2016. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана*. Вып. 41. С. 17–42.

Положение по функционированию отраслевой иерархической информационно-аналитической автоматизированной системы управления использованием водных биоресурсов. Приложение к Приказу Госкомрыболовства России от 10 октября 1996 г. 1996. № 185. М. 78 с.

Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (утверждены приказом Минсельхоза России от 21.10.2013 № 385 (ред. от 20.04.2017) «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» (зарегистрировано в Минюсте РФ 23.01.2014 № 31100)).

Пырков В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю. 2015. Создание и внедрение новых спутниковых технологий в системе мониторинга рыболовства // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 12, № 5. С. 251–262.

Терентьев Д.А. 2006. Структура уловов морских рыбных промыслов и многовидовое рыболовство в прикамчатских водах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 24 с.

Терентьев Д.А., Балыкин П.А., Винников А.В. 2005. Промысел морских рыб в восточной части Охотского моря // *Рыбное хозяйство*. № 6. С. 49–52.

Токранов А.М. 2009. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в при-

камчатских водах: Дис. в виде науч. докл. докт. биол. наук. Владивосток: ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. 83 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат. 224 с.

## REFERENCES

- Balykin P.A., Terentyev D.A. Organization of multi-species fishing on the example of the Karaginsky subzone. *Problems of Fisheries*, 2004, vol. 5, no. 3 (19), pp. 489–499. (In Russian)
- Balykin P.A., Terentiev D.A., Buslov A.V., Bonk A.A. The allocation of the commercial quotas of aquatic bioresources in view of the multispecies character of fisheries. *Problems of Fisheries*, 2007, vol. 8, no. 3 (31), pp. 559–568. (In Russian)
- Borets L.A. *Donnye ikhtiotseny rossiyskogo shel'fa dal'nevostochnykh morey: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoe znachenie* [Bottom ichthyocenes of the Russian Far East seas shelf: composition, structure, functioning elements and commercial importance]. Vladivostok: TINRO-Center, 1997, 217 p.
- Buslov A.V. Possibility of organization and regulation of multi-species fishery under contemporary conditions on the example of Petropavlovsk-Commander subzone (Eastern Kamchatka). *Problems of Fisheries*, 2006, vol. 7, no. 26, pp. 267–276. (In Russian)
- Vasilets P.M., Korostelev S.G., Terentyev D.A. Commercial fishery in the north-eastern part of the Sea of Okhotsk in 1997–2003. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2006, vol. 8, pp. 19–37. (In Russian with English abstract)
- Vasilets P.M., Terentyev D.A. Characterization of fisheries in the Petropavlovsk-Commander subzone in 2001–2006 on the data of the SS Rybolovstvo. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2008, vol. 10, pp. 116–135. (In Russian with English abstracts)
- Zolotov A.O., Terentiev D.A., Novikova O.V., Ilin O.I. Long-term dynamics of demersal fish biomass on the shelf of West Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2013, vol. 173, pp. 30–45. (In Russian with English abstracts)
- Matveev A.A., Terentiev D.A. Fishery, longterm dynamics of biomass, distribution and length composi-

tion of mass species of cottidae on the west coast of Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 41, pp. 17–42. (In Russian with English abstracts)

The position on the functioning of the sectoral hierarchical information-analytical automated system for the management of the use of aquatic bioresources. *Appendix to the order of the State Fishery Committee of Russia* of 10. 10. 1996, no. 185, 78 p. (In Russian) Available at [base.garant.ru/5443234/53f89421bb-daf741eb2d1ecc4ddb4c33/](http://base.garant.ru/5443234/53f89421bb-daf741eb2d1ecc4ddb4c33/)

On the Approval of Fishing Rules for the Far Eastern Fisheries Basin. *Order of the Ministry of Agriculture of Russia* of 21.10.2013 No. 385 (Edited on 20.04.2017). (In Russian) Available at [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_158838/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158838/)

Pyrkov V.N., Solodilov A.V., Degai A.Yu. Development and implementation of new satellite techniques in the fishery monitoring system. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, vol. 12, No. 5, pp. 251–262. (In Russian)

Terentyev D.A. *Struktura ulovov morskikh rybnykh promyslov i mnogovidovoe rybolovstvo v prikamchatskikh vodakh: Diss. kand. biol. nauk* [Catch composition of marine fisheries and multi-species fishery in Kamchatka adjacent waters. Cand. biol. sci. thesis]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2006, 188 p.

Terentyev D.A., Balykin P.A., Vinnikov A.V. Sea fishes harvesting in the eastern part of the Sea of Okhotsk. *Rybnoe hozyajstvo*, 2005, no. 6, pp. 49–52. (In Russian)

Tokranov A.M. *Osobennosti biologii donnykh i pri-donnykh ryb razlichnykh semeystv v prikamchatskikh vodakh. Dissertatsiya v vide nauchogo doklada dokt. biol. nauk* [Features of the biology of bottom and bottom fish of various families in the Kamchatka waters. Dissertation in the form of scientific report Dr. Sci. (Biol.)]. Vladivostok: ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 2009, 83 p.

Sheiko B.A., Fedorov V.V. *Katalog pozvonochnykh Kamchatki i sopredelnykh morskikh akvatoriy* [Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor, 2000, pp. 7–69.

Shuntov V.P. *Biologicheskiye Resursy Ochotskogo Morya* [Biological Resources of the Sea of Okhotsk]. Moscow: Agropromizdat, 1985, vol. 1, 224 p.

Статья поступила в редакцию: 18.01.2019

Статья принята после рецензии: 22.03.2019



УДК 639.21:597.552.3

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.59-71

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРОМЫСЛОВЫХ СКОПЛЕНИЙ КОРЮШКИ АЗИАТСКОЙ ЗУБАСТОЙ *OSMERUS MORDAX* ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

А.В. Бугаев, Ю.Н. Амелченко



Зам. руководителя, д. б. н.; н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел.: 8 (4152) 41-27-01 E-mail: bugaev.a.v@kamniro.ru, amelchenko.u.n@kamniro.ru

## КОРЮШКА АЗИАТСКАЯ ЗУБАСТАЯ, ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС, ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЛОВОВ, ЧИСЛЕННОСТЬ ЗРЕЛОЙ ЧАСТИ СТАД

На основе данных статистики прибрежно-речного промысла и анализа результатов учетных донных траловых съемок в шельфовой зоне, оценено пространственно-временное распределение промысловых запасов корюшки азиатской зубастой Западной Камчатки в период весенне-летних нерестовых и летних нагульных миграций. Результаты проведенных исследований позволили определить современные границы формирования основных промысловых скоплений вида в пределах нерестовых рек и шельфовой зоны Западной Камчатки. Показана динамика региональных промысловых уловов и оцененных запасов корюшки азиатской зубастой в период исторически высокой численности вида, отмеченной во втором десятилетии XXI века.

Полученные данные позволяют говорить о единой системе формируемого промыслового запаса корюшки азиатской зубастой на западном побережье Камчатки, несмотря на выраженные центры воспроизводства в реках Западно-Камчатской (Морошечная, Хайрюзова, Белоголовая и Ковран) и Камчатско-Курильской (Большая, Опала и Голыгина) подзон. Перераспределение запасов на уровне отдельных «локальных стад» происходит в период осеннего и зимнего нагула рыб в шельфовой зоне Западной Камчатки.

## GENERAL PATTERNS IN FORMING THE SPATIAL STRUCTURE OF COMMERCIAL SPRING/SUMMER AGGREGATIONS OF ASIAN TOOTHED SMELT *OSMERUS MORDAX* ON WESTERN KAMCHATKA

Alexander V. Bugaev, Yury N. Amelchenko

Deputy director, D. Sc. (Biology); researcher; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO") 683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18. Tel.: +7 (4152) 41-27-01 E-mail: bugaev.a.v@kamniro.ru, amelchenko.u.n@kamniro.ru

## ASIAN TOOTHED SMELT, COMMERCIAL STOCK, SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF CATCHES, MATURE STOCK ABUNDANCE

Results of the research allow to figure out modern boundaries of forming general commercial aggregations of the species in vicinity of spawning rivers and in the shelf zone of West Kamchatka. It is demonstrated the dynamics of the regional commercial catches and evaluated stock of toothed smelt for the period of the historical highest stock abundance in the second decade of the XXI century. The data obtained allow to think of a united system of forming toothed smelt commercial stock on the west coast of Kamchatka, although there are obvious centers of reproduction in the rivers of the West Kamchatka subzone (the Rivers Moroshechnaya, Khairyuzova, Belogolovaya and Kovran) and in the Kamchatka Kurile subzone (the Rivers Bolshaya, Opala and Golygina). Redistribution of stock at the level of particular "local stocks" takes place during the autumn and winter feeding of the fish in the shelf zone of West Kamchatka.

Корюшка азиатская зубастая является значимым объектом рыболовства в Камчатском крае. Ее добыча ведется в режимах промышленного, традиционного (коренные малочисленные народы Севера и Дальнего Востока, КМНС) и любительского рыболовства. В 2010-е гг., по данным официальной статистики Северо-Восточного территориального управления Росрыболовства (СВТУ), на Камчатке ежегодно добывали порядка 2–4 тыс. т этого вида, из которых около 95% вылавливали на

западном побережье (Западно-Камчатская подзона — 61.05.2, Камчатско-Курильская подзона — 61.05.4).

В начале XXI в. в связи с изменяющимися климатическими условиями наблюдаются флуктуации запасов многих видов водных биоресурсов (Кляшторин, Любушин, 2005; Impacts of climate..., 2008). Корюшка азиатская зубастая, как представитель анадромных рыб, является одним из видов, наиболее подверженных межгодовым колебаниям

численности. В значительной степени это связано с жизненным циклом рыб, формируемым различными средами обитания — пресноводным и морским этапами онтогенеза. Как правило, динамика численности вида в пределах камчатской части ареала зависит от естественных причин, поскольку основные запасы корюшки не подвергаются значительному антропогенному воздействию из-за недостаточно развитой транспортной инфраструктуры и отсутствия условий для осуществления масштабного специализированного промысла вида на значительной части территории Камчатского края (Антонов, 2011).

Для развития потенциального промысла и рационального использования запасов камчатских стад корюшки необходимо знать пространственно-временную структуру ее нерестовых и нагульных скоплений, формирующих основной промысловый запас вида. Ранее была проведена комплексная работа по оценке запасов, анализу динамики промысла и описанию биологической структуры группировок рыб Восточной и Западной Камчатки на рубеже первого и второго десятилетий XXI века (Бугаев и др., 2014). В данной работе показаны характерные особенности распределения промысловых запасов корюшки азиатской зубастой на обоих побережьях Камчатки. Однако накопленный ряд современных наблюдений, включающий период максимального промыслового изъятия корюшки на Западной Камчатке, предполагает расширение сложившихся представлений о пространственно-временной структуре промысловых запасов этого вида в регионе.

Следует отметить, что современные исследования анализа изменчивости микросателлитных локусов ДНК популяций корюшки показали наличие генетических различий у рыб Восточной и Западной Камчатки (Семенова и др., 2019). При этом представленные результаты свидетельствуют о близости ее основных промыслово-значимых западнокамчатских стад на генном уровне, что позволяет говорить о данной группировке стад как о едином региональном промысловом запасе этого вида.

Целью настоящей работы является выявление закономерностей пространственно-временного распределения корюшки азиатской зубастой в период нерестовых и нагульных миграций в реках и прибрежных водах Западной Камчатки в весенне-летний период.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные промысловой статистики и учетных донных траловых съемок в 2013–2018 гг. Район исследований включал реки и шельфовую зону Западной Камчатки. Сбор данных осуществляли в мае–июле.

Информация о вылове корюшки азиатской зубастой на морских и речных рыбопромысловых участках в период нерестовых миграций была предоставлена Северо-Восточным территориальным управлением (СВТУ) Росрыболовства (табл. 1). Промысловая статистика отражает данные о вылове вида в период наиболее активного нерестового хода в регионе (май–июнь).

Данные о распределении нагульных скоплений корюшки в шельфовой зоне Западной Камчатки получены в результате совместных комплексных донных траловых съемок, выполненных специалистами «ТИНРО» и «КамчатНИРО» в территориальных водах и исключительной экономической зоне Российской Федерации (рис. 1). Общее количество контрольных станций ежегодно составляло около 200. Траления осуществляли на глубинах от 15 до 200 м. Съемки ежегодно проводили в июле, то есть в период откочевки производителей корюшки в прибрежные воды после нереста.

Статистический анализ и графическое представление динамики промысла и запасов корюшки выполнены в программе Excel. В качестве картографического редактора для построения карт схем пространственного распределения промысловых и контрольных уловов вида использовали программное обеспечение SURFER 13.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Промысловый запас корюшки азиатской зубастой на Западной Камчатке формируют половозрелые особи, в массе имеющие возраст 3+, 4+ и 5+ (порядка 80–90%) (Василец, 2000; Бугаев и др., 2014). Основная масса рыб в промысле представлена многочисленной экологической группировкой, которая большую часть своего жизненного цикла проводит, нагуливаясь в глубоководной части шельфовой зоны (Василец и др., 1998, 2000; Василец, 2000). В мае корюшка образует преднерестовые скопления и начинает заходить в реки на нерест. Как правило, пик нерестового хода приходится на период от конца мая до середины июня.

Скопления корюшки во время нереста и после откочевки из рек в шельфовую зону западного

Таблица 1. Статистика уловов и распределение различных видов рыболовства при промысле корюшки азиатской зубастой на западном побережье Камчатки в 2013–2017 гг., т  
Table 1. Catch statistics and contribution of different types of fishing into the catches of Asian toothed smelt on the west coast of Kamchatka in 2013–2017, t

Вид рыболовства Type of fishing	Камчатско-Курильская подзона Kamchatka-Kuril subzone					Западно-Камчатская подзона Western Kamchatka subzone					Западная Камчатка Western Kamchatka				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Пром. (речной)	243,48	194,05	94,85	275,49	255,44	887,77	735,83	1023,45	2011,50	2120,72	1131,25	929,88	1118,31	2286,98	2376,17
%	35,32	14,71	8,52	12,67	19,16	65,05	62,37	68,32	76,32	70,40	55,07	37,21	42,83	47,55	54,68
РУ, шт.	11	10	8	8	9	22	9	27	33	33	33	19	35	41	42
Пром. (морской)	38,91	142,05	174,10	77,63	175,61	34,88	53,64	49,22	102,57	408,62	73,80	195,69	223,32	180,20	584,22
%	5,64	10,77	15,64	3,57	13,17	2,56	4,55	3,29	3,89	13,56	3,59	7,83	8,55	3,75	13,44
РУ, шт.	7	5	12	4	10	2	3	2	10	44	9	8	14	14	54
КМНС (речной)	9,49	1,04	4,40	9,90	15,80	248,24	231,93	221,50	231,70	191,93	257,73	232,97	225,90	241,60	207,73
%	1,38	0,08	0,40	0,46	1,19	18,19	19,66	14,79	8,79	6,37	12,55	9,32	8,65	5,02	4,78
РУ, шт.	4	4	3	3	3	7	10	10	10	13	11	14	13	13	16
КМНС (морской)	33,66	119,85	22,19	126,70	106,50	95,99	68,60	42,69	61,34	102,85	129,65	188,44	64,88	188,04	209,35
%	4,88	9,08	1,99	5,83	7,99	7,03	5,81	2,85	2,33	3,41	6,31	7,54	2,48	3,91	4,82
РУ, шт.	21	32	18	23	23	5	5	6	6	8	26	37	24	29	31
ЛР (реки)	0,49	0,13	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,49	0,13	0,00	0,09	0,18
%	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
РУ, шт.	1	1	1	1	0	0	1	1	2	0	1	2	2	3	0
ЛР (море)	0,84	7,00	2,23	3,46	4,73	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,94	7,15	2,23	3,46	4,73
%	0,12	0,53	0,20	0,16	0,35	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,29	0,09	0,07	0,11
РУ, шт.	1	2	2	2	2	3	2	1	1	1	4	4	3	3	3
НИР	5,53	5,619	1,856	1,139	0,582	0	0	0	0	0	5,53	5,62	1,86	1,14	0,58
%	0,80	0,43	0,17	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,22	0,07	0,02	0,01
Прилов	357,03	849,52	813,66	1679,99	774,23	97,83	89,61	161,09	228,27	188,25	454,85	939,13	974,75	1908,26	962,49
%	51,79	64,39	73,09	77,27	58,08	7,17	7,60	10,75	8,66	6,25	22,14	37,58	37,33	39,67	22,15
Квота / Quota	1342	1382	525	826	1100	1097	1179	1653	2814	1600	2439	2561	2177	3640	2700
Общий вылов Total catch	689,43	1319,25	1113,28	2174,31	1333,08	1364,80	1179,76	1497,94	2635,47	3012,37	2054,23	2499,01	2611,22	4809,77	4345,45

Примечание: Сокращения: Пром — промышленный лов, КМНС — традиционное рыболовство Коренных малочисленных народов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, ЛР — любительское рыболовство, НИР — лов в контрольных и научно-исследовательских целях, Прилов — вылов корюшки азиатской зубастой маломытным флотом при промысле донных видов рыб на западнокамчатском шельфе, РУ — рыболовный участок.  
Note: Abbreviations: Пром. — commercial fishing (речной — river, морской — sea), КМНС — traditional fishing by Indigenous people of the North, ЛР — amateur fishing, НИР — control or scientific fishing, Прилов — by-catch of toothed smelt in fishing demersal fish species by small-sized fleet on the shelf of West Kamchatka, РУ — fishing plot.

побережья Камчатки в основном состоят из особей с высокой однородностью размерного и возрастного состава. Данная закономерность характерна для мигрирующих половозрелых рыб в период их нагульных, зимовальных и нерестовых миграций. Размерная гомогенность рыб в составе скоплений (стай) достигается за счет пассивного выхода из

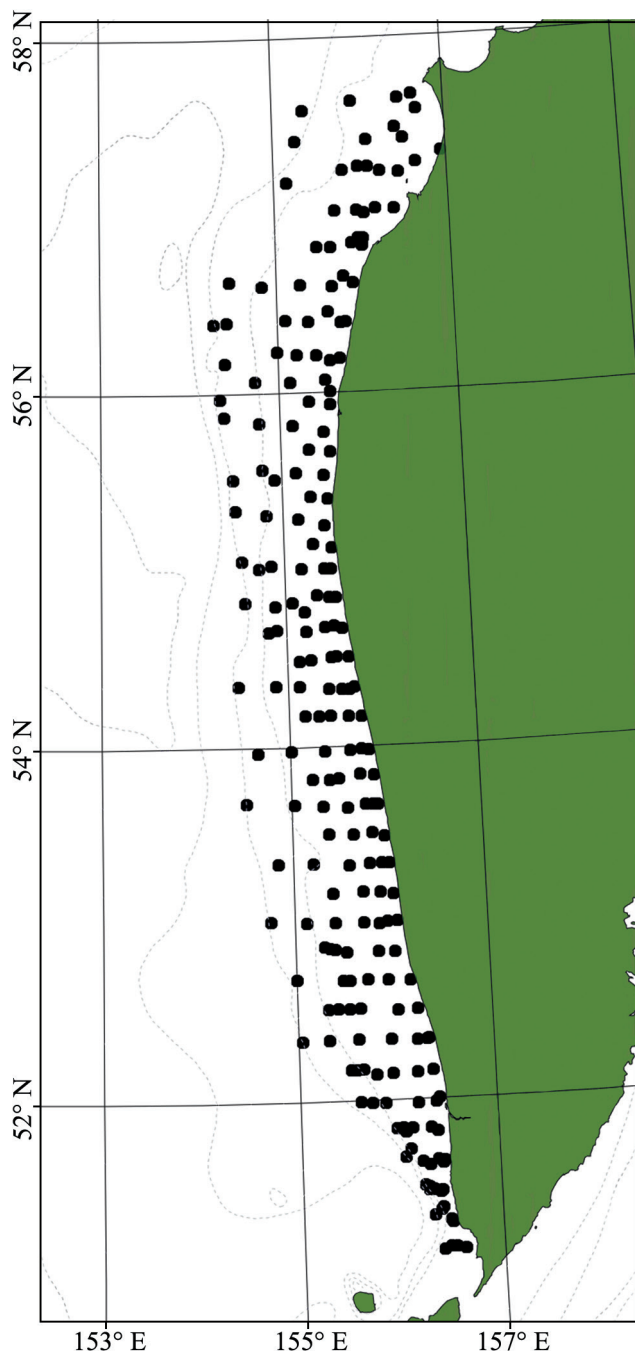


Рис. 1. Карта-схема расположения контрольных станций совместных комплексных донных траловых съемок, проводимых по программам ФГБНУ «ТИНРО-Центр» и ФГБНУ «КамчатНИРО» в шельфовой зоне Западной Камчатки в июле 2013–2018 гг.

Fig. 1. The schematic map of the distribution of control stations of joint “TINRO-Center” and “KamchatNIRO” complex bottom trawl surveys in the shelf zone of Western Kamchatka in July 2013–2018

нее более мелких особей, которые, не обладая достаточными локомоторными способностями, рано или поздно отстают от общей группы рыб (Касумян, Павлов, 2018). У корюшки подобное наблюдается после окончания нереста и откочевки зрелой части стада на нагул в шельфовую зону в конце июня и июле.

В пользу данного предположения свидетельствуют данные об однородности размерно-массовых показателей этого вида рыб в уловах при осуществлении ежегодных учетных донных траловых съемок в шельфовой зоне Западной Камчатки в июле. В этот период, сразу после окончания нереста, корюшка образует относительно плотные скопления на достаточном удалении от берега. Соответственно, отсутствие в траловых уловах значимого количества неполовозрелых особей указывает на то, что основные скопления рыб незрелой части стада формируются на незначительном удалении от побережья и не облавливаются при проведении учетных донных съемок.

Таким образом, говоря о распределении уловов корюшки во время нерестовых миграций (промысел в мае–июне) в реках, а также после окончания нереста в шельфовой зоне (траловые съемки в июле) Западной Камчатки, можно констатировать, что речь идет конкретно о потенциальном промысловом запасе этого вида, освоение которого будет осуществляться на следующий год от текущего года, когда проводили учетную съемку. При этом пополнение данного запаса созревающими рыбами происходит в период осенних нагульных и зимовальных миграций. Поэтому информация о пространственно-временном распределении и относительной численности уловов корюшки после окончания нереста и выхода основной массы рыб в шельфовую зону имеет большое практическое значение для формирования прогнозов динамики запасов и определения рекомендованных объемов вылова вида в регионе.

#### Распределение уловов во время весенне-летних нерестовых миграций

Во время нерестовых миграций корюшка образует наиболее плотные скопления в прибрежной зоне и предустьевых пространствах рек, в которых осуществляется ее воспроизводство. Это позволяет организовывать систему масштабного промысла вида. Отметим, что западное побережье Камчатки, благодаря значительным запасам корюшки,



а также особенностям геоморфологии дна прибрежной зоны и равнинному типу пойм речных бассейнов, является одним из наиболее благоприятных регионов для ее добычи на Дальнем Востоке России.

Несмотря на то, что данный вид относится к анадромным рыбам, в настоящее время отсутствует достоверная информация о наличии у корюшки азиатской зубастой хоминга («инстинкт дома»), свойственного тихоокеанским лососям (*Oncorhynchus* spp.). Поэтому сложно определить, является ли отдельный водоем постоянным местом нереста одних и тех же стад (популяций) вида или имеет место значительное перераспределение рыб в период нагульных миграций в шельфовой зоне, а последующее формирование нерестовых скоплений зависит исключительно от комплекса экологических факторов.

При этом подчеркнем, что, по аналогии с тихоокеанскими лососями, при определении внутривидовой организации корюшки азиатской зубастой, также являющейся анадромным видом рыб, мы используем понятие «локальное стадо», которое у лососей зачастую ассоциируется с определением «популяция» (Алтухов и др., 1997; Макоедов, 1999). Насколько правомочно подобное использование данной терминологии в отношении корюшки, пока невозможно сказать однозначно. Однако учитывая определенную генетическую близость западнокамчатских стад (популяций) вида (Семенова и др., 2019), можно предположить, что во время нагульных и зимовальных миграций корюшки происходит значительное смешение рыб, воспроизводящихся в различных реках Западной Камчатки. Поэтому не исключено, что для опре-

деления данного запаса корюшки логичнее использовать понятие «суперпопуляция».

Опубликованные в работе А.В. Семеновой с соавторами (2019) данные говорят в пользу этой гипотезы. Авторами показано, что существуют достоверные региональные генетические различия между стадами (популяциями) корюшки азиатской зубастой западного и восточного побережий Камчатки (рис. 2). При этом выборки рыб, воспроизводящихся в водоемах Западной Камчатки, демонстрируют максимальную генетическую близость между собой. Полагаем, что это подтверждает высокий уровень обмена генетической информацией между особями, формирующими комплекс локальных стад корюшки этого региона.

Пространственное распределение уловов корюшки в период активных нерестовых миграций в мае и июне представлено на рисунках 3 и 4. Из представленных схем видно, что нарастание подходов зрелых рыб происходит последовательно от мая к июню. При этом наиболее высокие уловы отмечаются в северной части западнокамчатского ареала воспроизводства вида. В первую очередь речь идет о реках, расположенных в Западно-Камчатской подзоне — Морошечная, Хайрюзова, Белоголовая и Ковран. По среднесезонным данным 2013–2017 гг., на отдельных морских и речных рыболовных участках (РУ) региональные уловы могут достигать порядка 100–500 т. Южнее, в Камчатско-Курильской подзоне, уловы заметно ниже и, как правило, не превышают максимальных показателей на уровне 25–100 т на 1 РУ. Здесь добычу корюшки в основном ведут в предустьевых пространствах рек Большая, Опала и Голыгина, а также в прибрежной зоне Охотского моря.

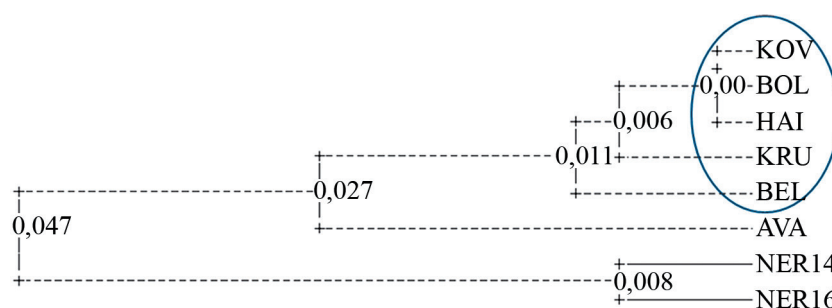


Рис. 2. UPGMA-дендрограмма разнообразия камчатских популяций корюшки азиатской зубастой, построенная на основании генетических дистанций Нея. В узлах ветвления указаны оценки генетических дистанций по результатам кластеризации: KOV — р. Ковран; BOL — р. Большая; HAI — р. Хайрюзова; KRU — р. Крутогорова; BEL — р. Белоголовая; AVA — р. Авача; NER — оз. Нерпичье (Семенова и др., 2019).

Fig. 2. The UPGMA-dendrogram of the diversity of Kamchatkan populations of Asian toothed smelt, built based on the Nei's genetic distances. Values of the genetic distances on the results of the clusterization are in the nodes: KOV – the Kovran River; BOL – the Bolshaya River; HAI – the Khayryuzova River; KRU – the Krutogorova River; BEL – the Belogolovaya River; AVA – the Avacha River; NER – Nerpichye Lake (Семенова и др., 2019)

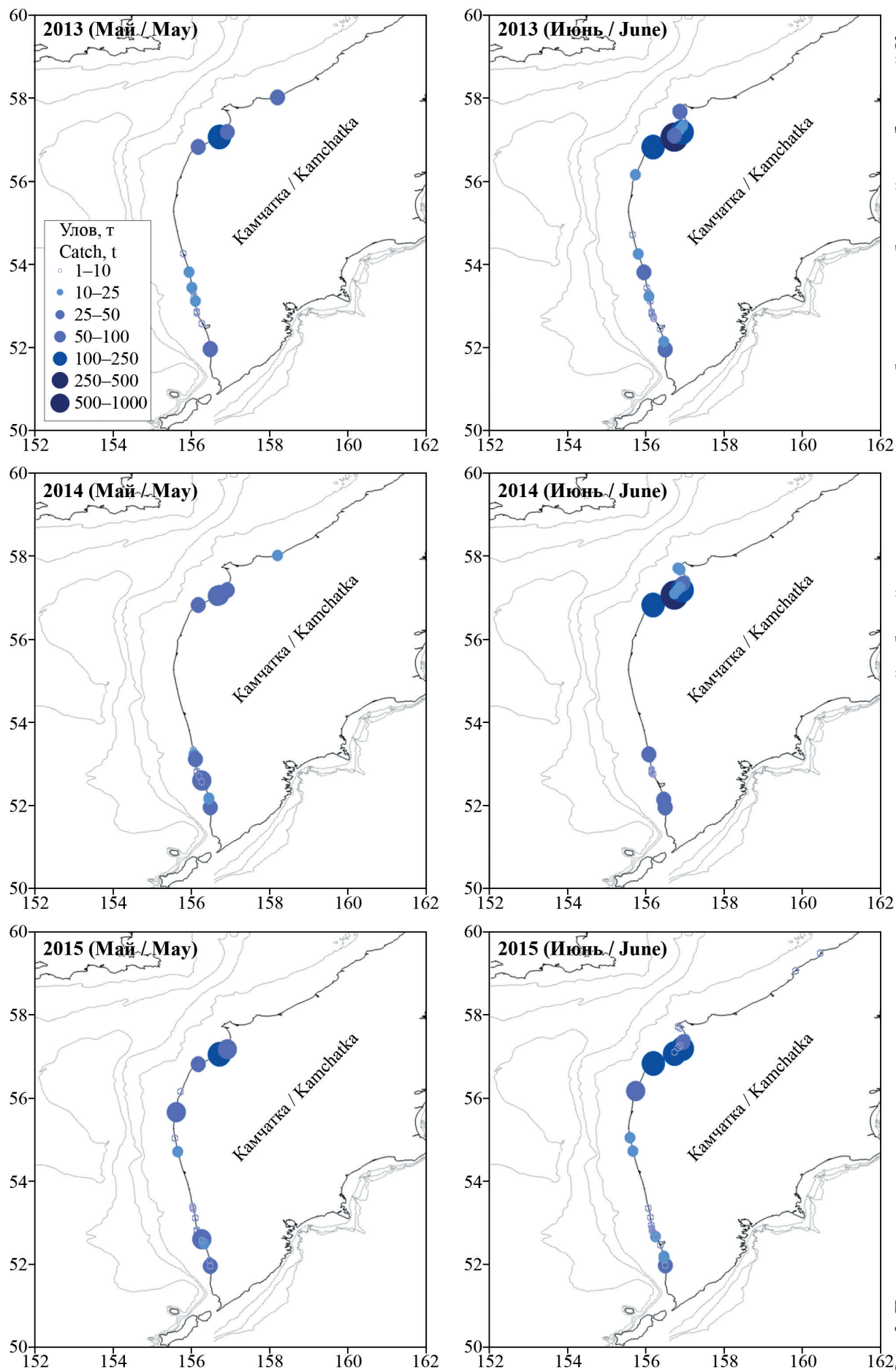


Рис. 3. Пространственное распределение промысловых уловов корюшки азиатской зубастой во внутренних водных объектах и прибрежной зоне Западной Камчатки в мае (слева) и июне (справа) 2013–2015 гг.  
Fig. 3. The spatial distribution of the commercial catches of Asian toothed smelt in the inland water bodies and coastal zone of Western Kamchatka in May (left) and June (right) 2013–2015

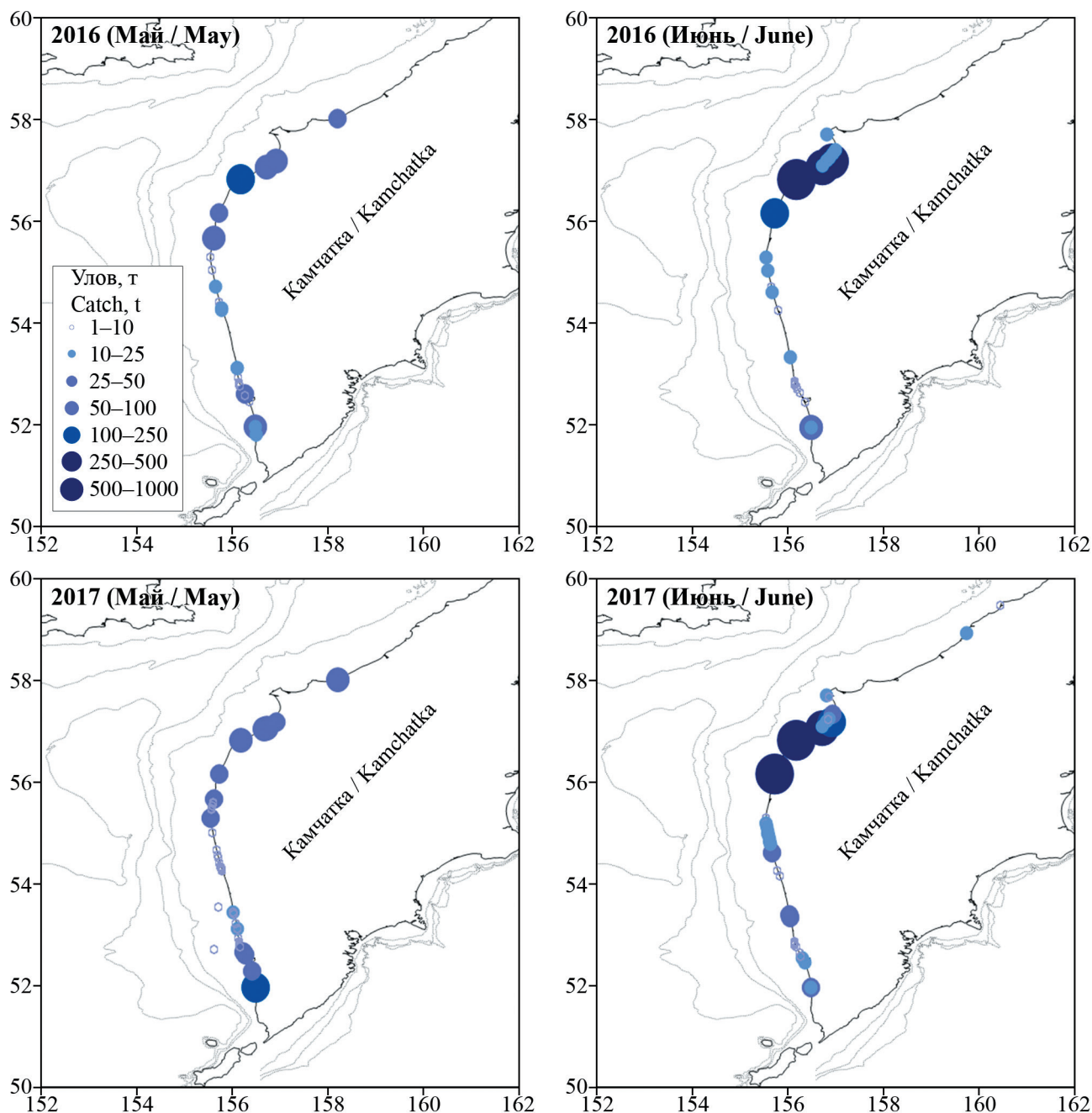


Рис. 4. Пространственное распределение промысловых уловов корюшки азиатской зубастой во внутренних водных объектах и прибрежной зоне Западной Камчатки в мае (слева) и июне (справа) 2016–2017 гг.  
Fig. 4. The spatial distribution of the commercial catches of Asian toothed smelt in the inland water bodies and coastal zone of Western Kamchatka in May (left) and June (right) 2016–2017

Графическое оконтуривание промысловых скоплений вида, характерное как для рассматриваемого, так и предыдущего периодов наблюдений (Бугаев и др., 2014), указывает на то, что нерестовый запас западнокамчатской корюшки локализуется дифференцированно. Ежегодно формируются основные нерестовые скопления рыб, которые можно обозначить как «северное» (Западно-Камчатская подзона) и «южное» (Камчатско-Курильская подзона). Тем не менее при рассмотрении общей картины распределения региональных уловов корюшки за весь период не-

реста (май–июнь) видно, что в отдельные годы наблюдается межгодовое перераспределение запасов на значительной протяженности побережья Западной Камчатки (рис. 5). Понятно, что в значительной степени это может зависеть от межгодовой изменчивости динамики численности вида.

Отметим, что на Западной Камчатке в 2010-е гг. уловы корюшки достигли исторически высокого уровня (рис. 6). Максимумы вылова были отмечены в 2016 и 2017 гг., когда промыслом суммарно в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзо-

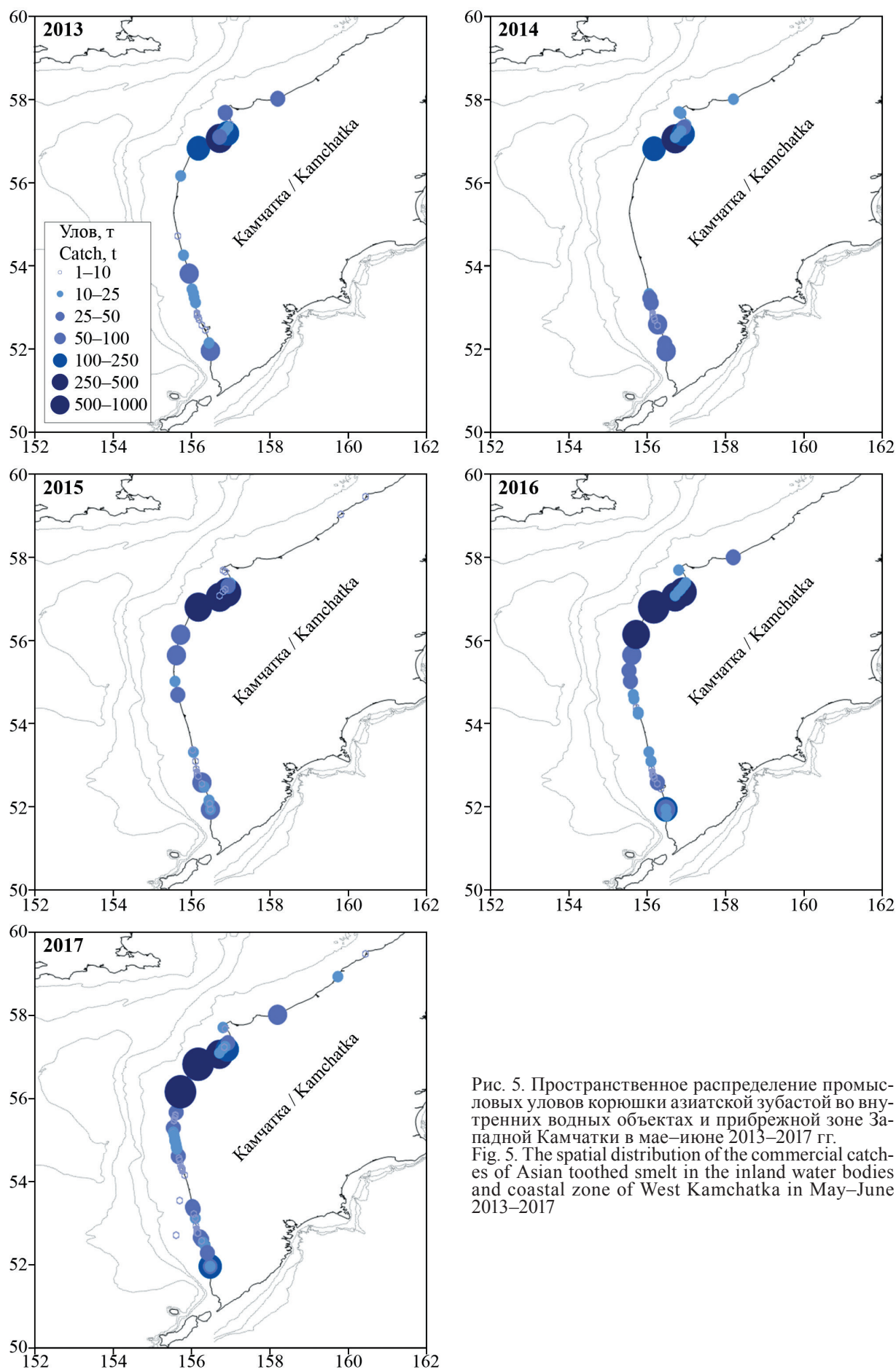


Рис. 5. Пространственное распределение промысловых уловов корюшки азиатской зубастой во внутренних водных объектах и прибрежной зоне Западной Камчатки в мае–июне 2013–2017 гг.  
Fig. 5. The spatial distribution of the commercial catches of Asian toothed smelt in the inland water bodies and coastal zone of West Kamchatka in May–June 2013–2017



нах ежегодно изымали около 4,5 тыс. т, или 25 млн экз. (при средней массе рыб 0,180 кг в 2013–2018 гг.). При этом в 2013–2015 и 2018 гг. уловы здесь также были высоки и варьировали в пределах 2,0–3,0 тыс. т, или 11–17 млн экз. Подчеркнем, что в период 1960–1990-х гг. максимальный уровень добычи вида на Западной Камчатке не превышал 0,4 тыс. т, в среднем составляя около 0,1 тыс. т (Антонов, 2011).

Современный промысел корюшки на Западной Камчатке имеет свои характерные особенности, заключающиеся в том, что в «северном» скоплении (Западно-Камчатская подзона) основной лов вида осуществляется в прибрежной зоне и устьевой части рек. В «южном» скоплении (Камчатско-Курильская подзона), помимо традиционного прибрежно-речного промысла, значительная часть уловов формируется за счет прилова при снюрреводном промысле донных видов рыб маломерным флотом в шельфовой зоне. В настоящее время добыча корюшки в качестве прилова в Камчатско-Курильской подзоне приобрела масштабы, сопоставимые с прибрежно-речным промыслом (рис. 7). Ее изъятие снюрреводами варьирует на уровне 0,5–1,5 тыс. т, что соответствует 50–80% от общего вылова вида в данном районе.

Кроме того, уточним, что увеличение вылова корюшки в 2000-е гг. является не только следствием естественной флуктуации численности запаса, но и развитием масштабного добывающего и перерабатывающего рыбохозяйственного комплекса на западном побережье Камчатки. Поэтому это необходимо учитывать при интерпретации закономерностей региональной динамики численности вида.

#### Распределение уловов во время летних нагульных миграций в шельфовой зоне

В июне–июле, после окончания нереста, корюшка мигрирует от нерестовых водоемов в шельфовую зону западного побережья Камчатки. По сути, в этот период формируется запас вида, который, пополняясь молодыми особями и с учетом естественной смертности рыб старших возрастных групп, обеспечит возврат производителей на нерест в реки в следующем году. Поэтому получаемые с помощью учетных донных траловых съемок оценки численности рыб в летний период имеют высокую прогностическую ценность при использовании виртуально-популяционных методов прогнозирования (Хилборн, Волтерс, 2001).

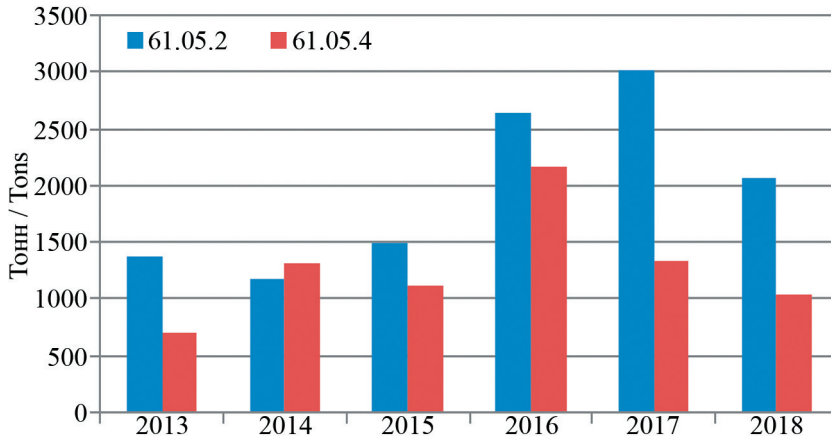


Рис. 6. Динамика промысла корюшки азиатской зубастой всеми видами рыболовства на Западной Камчатке в 2013–2018 гг.: 61.05.2 — Западно-Камчатская подзона, 61.05.4 — Камчатско-Курильская подзона  
Fig. 6. The dynamics of the catches of Asian toothed smelt in all types of fishing on Western Kamchatka in 2013–2018: 61.05.2 — the Western Kamchatka subzone, 61.05.4 — the Kamchatka-Kuril subzone

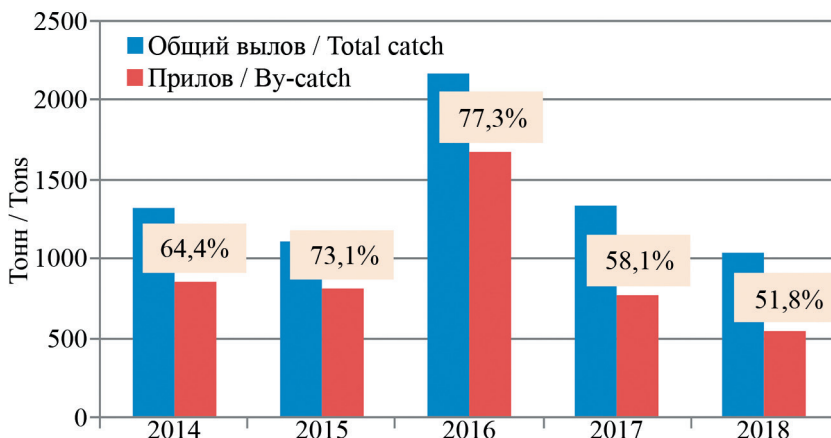


Рис. 7. Сравнительная динамика общего вылова и прилова корюшки азиатской зубастой при осуществлении прибрежной добычи донных видов рыб в Камчатско-Курильской подзоне в 2014–2018 гг.  
Fig. 7. Comparative dynamics of the total catch and by-catch of Asian toothed smelt in the course of coastal fishing of demersal fish species in the Kamchatka-Kuril subzone in 2014–2018

Пространственное распределение уловов корюшки по данным учетных съемок НИС в шельфовой зоне Западной Камчатки в июле 2013–2017 гг. представлено на рисунке 8. Полученные данные свидетельствуют, что по аналогии с распределением нерестовых запасов вида также имеются два выраженных центра формирования нагульных скоплений — «северный» и «южный». Максимальный уровень уловов на 1 ч траления может достигать в них 1000–2000 рыб и выше. Однако в большинстве случаев ежегодные средние уловы не превышают градаций 50–100 или 100–500 рыб на 1 ч траления.

За рассматриваемый период (2013–2018 гг.) оцениваемый уровень численности/биомассы запаса корюшки Западной Камчатки в среднем составлял 127,2 млн экз./12,74 тыс. т (рис. 9). Минимальные показатели уровня запаса были отмечены в 2013 г. — 19,81 млн экз./2,85 тыс. т. Соответственно, максимум был зафиксирован в 2017 г. — 382,13 млн экз./25,82 тыс. т.

Отметим, что с 1970-х гг. аналогичный высокий уровень запасов корюшки, превышающий 300 млн экз., был отмечен только в 2006 г. (Антонов, 2011). В 1970-е и 1980-е гг. средний уровень запасов здесь не превышал 50 млн экз. И лишь во второй половине 1990-х и начале 2000-х гг. запасы вида в среднем возросли приблизительно до 100 млн экз.

Характеризуя пространственное распределение учетно-контрольных уловов корюшки в шельфовой зоне Западной Камчатки в 2013–2017 гг., следует подчеркнуть, что в отличие от нерестового периода, плотность ее нагульных скоплений заметно больше варьирует вдоль всего побережья. Это указывает на то, что, с высокой долей вероятности, в шельфовой зоне происходит смешение рыб, которые ранее по принципу дифференциации по водоемам воспроизводства рассматривались как отдельные локальные стада (популяции). Насколько высок уровень потенциального смешения, на данном этапе исследований пока ответить невозможно.

Тем не менее, принимая во внимание выявленные закономерности распределения корюшки в период нагульных миграций в шельфовой зоне у западного побережья Камчатки, наиболее вероятно, что принцип формирования ее региональной внутривидовой структуры ближе к одному из классических определений популяций — эколо-

гической или географической (Степановских, 2009). Оба эти понятия включают разноуровневую группировку элементарных популяций по эколого-географическим критериям. Пожалуй, с учетом отмеченного генетического сходства западнокамчатских популяций корюшки азиатской зубастой (Семенова и др., 2019), понятие «географической популяции» является наиболее приемлемым вариантом характеристики внутривидовой структуры этого вида в данном регионе. Соответственно, полагаем, что в рыбохозяйственной практике дифференциация запаса корюшки Западной Камчатки по принципу образования отдельных «локальных стад», как у нативных тихоокеанских лососей, представляется менее адекватной при разработке научных рекомендаций по его рациональному использованию. По сути, с позиции регионального управления промыслом это единый промысловый запас вида.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были определены основные закономерности распределения промысловых запасов корюшки азиатской зубастой Западной Камчатки в период весенне-летних нагульно-нерестовых миграций во втором десятилетии XXI века. В первую очередь было показано наличие устойчивых «северного» и «южного» скоплений, которые образовывались как во время нереста, так и во время постнерестового нагула. Тем не менее отмечено, что максимально высокий уровень ежегодного пространственного распределения корюшки в шельфовой зоне вдоль западного побережья Камчатки приходится на период нагульных миграций. Это указывает на стабильное частичное смешение запасов созревающей корюшки, воспроизводящейся в «северной» (рр. Морошечная, Хайрюзова, Белоголовая и Ковран) и «южной» (рр. Кихчик, Большая, Голыгина) группах рек.

На основе полученных данных о распределении региональных промысловых и контрольных уловов корюшки, а также результатах последних исследований ее популяционно-генетической структуры в пределах камчатского ареала (Семенова и др., 2019), можно сделать заключение о наличии единого промыслового запаса этого вида на значительной части побережья Западной Камчатки. Речь идет о корюшке, воспроизводящейся в водоемах Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон от р. Ковран до р. Голыгина.

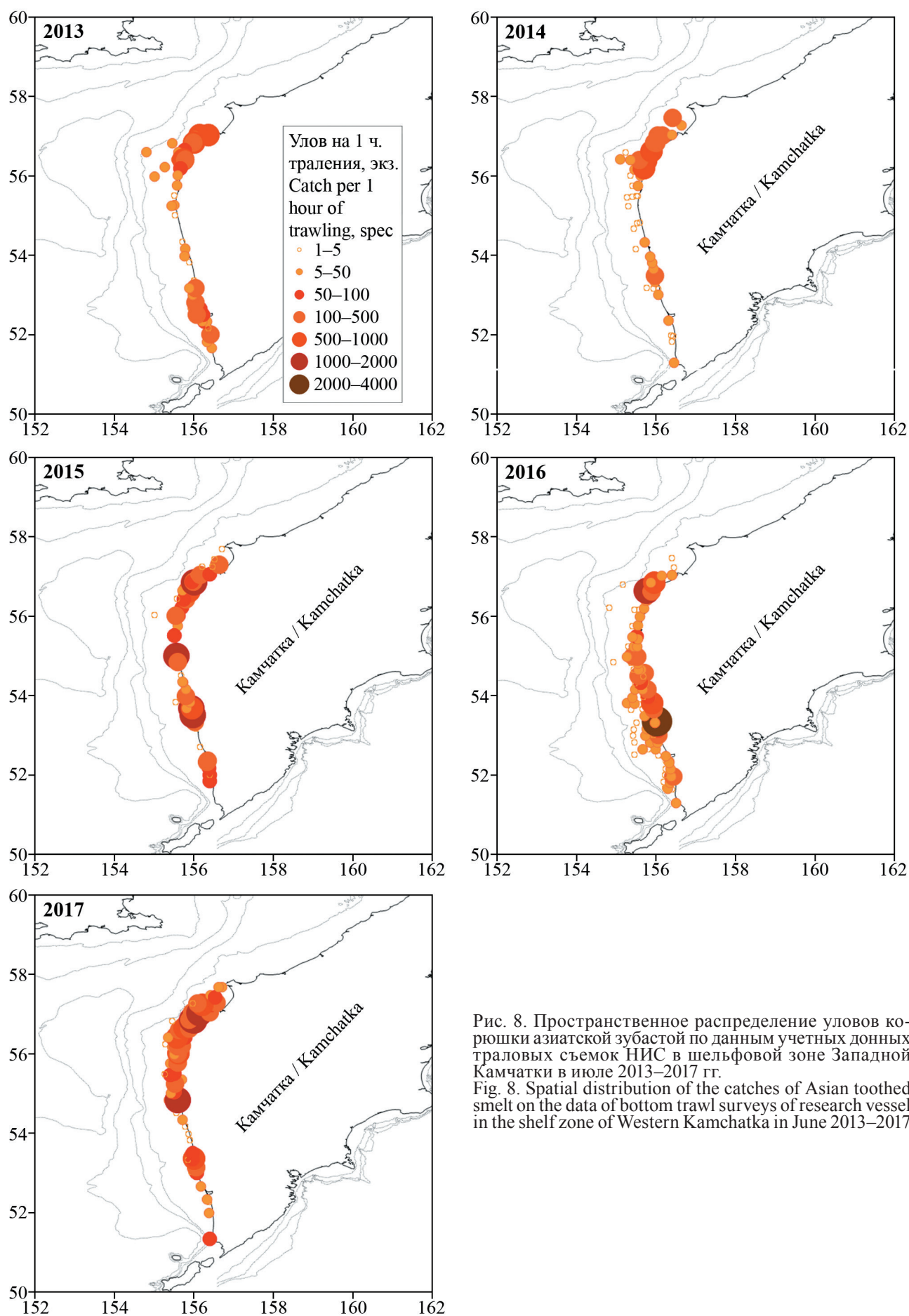


Рис. 8. Пространственное распределение уловов корюшки азиатской зубастой по данным учетных донных траловых съемок НИС в шельфовой зоне Западной Камчатки в июле 2013–2017 гг.

Fig. 8. Spatial distribution of the catches of Asian toothed smelt on the data of bottom trawl surveys of research vessel in the shelf zone of Western Kamchatka in June 2013–2017

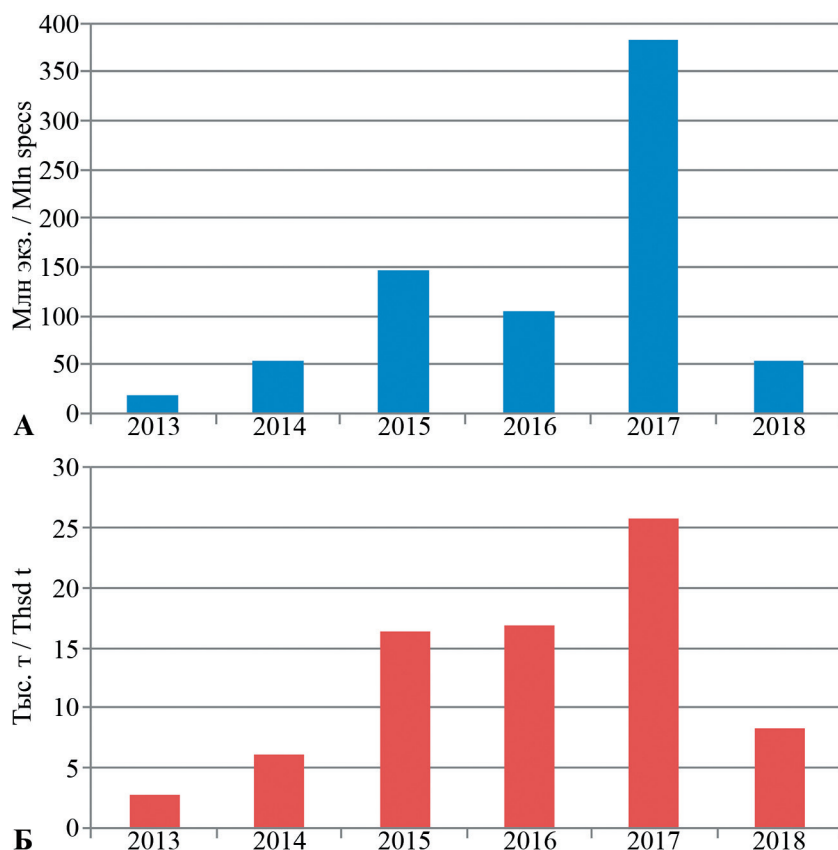


Рис. 9. Динамика оцененных запасов корюшки азиатской зубастой по данным учетных донных траловых съемок НИС в шельфовой зоне Западной Камчатки в июле 2013–2018 гг.: А — численность, Б — биомасса

Fig. 9. The dynamics of the evaluated stock of Asian toothed smelt on the data of bottom trawl surveys of research vessel in the shelf zone of West Kamchatka in July 2013–2018: А — stock abundance, Б — biomass

Принимая во внимание значимость данного географического региона для воспроизводства и промысла этого вида биоресурсов, предлагаем дальнейшую разработку рыбохозяйственных научных рекомендаций по прогнозированию состояния запасов и определения объемов рекомендованного вылова корюшки азиатской зубастой Западной Камчатки выполнять с учетом полученных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Амельченко В.Т. 1997. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука. 288 с.
- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.
- Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н., Липнягов С.В. 2014. Азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax dentex* в шельфовой зоне и внутренних водоемах Камчатки: состояние запасов, промысел и биологическая структура // Изв. ТИНРО. Т. 178. С. 3–24.
- Василец П.М. 2000. Корюшки прибрежных вод Камчатки: Дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 191 с.
- Василец П.М., Винников А.В., Золотов О.Г. 1998. Распределение и численность тихоокеанской корюшки *Osmerus mordax dentex* (Steindachner) на западнокамчатском шельфе // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 360–374.
- Василец П.М., Трофимов И.К., Раевский Р.В. 2000. Морфологическая дифференциация тихоокеанской корюшки *Osmerus mordax dentex* в водах Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 5. С. 101–105.
- Касумян А.О., Павлов Д.С. 2018. Стайное поведение рыб. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 274 с.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО. 235 с.
- Макоедов А.Н. 1999. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока: сравнительный аспект. М.: УМК Психология. 291 с.
- Семенова А.В., Строганов А.Н., Бугаев А.В., Рубцова Г.А., Малютин А.М. 2019. Анализ изменчивости микросателлитных локусов в популяциях азиатской зубастой корюшки *Osmerus dentex* Восточной и Западной Камчатки // Генетика. Т. 55, № 1. С. 70–80.



Степановских А.С. 2009. Биологическая экология. Теория и практика: учебник для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 791 с.

Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов: выбор, динамика и неопределенность (избранные главы). Пер. с англ. В.П. Максименко; под ред. В.С. Левина. СПб.: Политехника. 228 с.

Impacts of climate and climate change on the key species in the fisheries in the North Pacific. 2008. Ed. R.J. Beamish. PICES, Sci. Rep. Vol. 35. 218 p. (Available at [www.pices.int](http://www.pices.int))

## REFERENCES

Altukhov Y.P., Salmenkova E.A., Omelchenko V.T. *Populyatsionnaya genetika lososevykh ryb* [Population Genetics of Salmonids]. Moscow: Nauka, 1997, 228 p.

Antonov N. P. *Promyslovye ryby Kamchatskogo kraya: biologiya, zapasy, promysel* [Commercially harvested species of fish of the Kamchatka region: biology, stocks and fisheries]. Moscow: VNIRO, 2011, 244 p.

Bugaev A.V., Amelchenko Y.N., Lipnyagov S.V. Rainbow smelt *Osmerus mordax dentex* in the shelf zone and inland water bodies of Kamchatka: state of stock, fishery, and biological structure. *Izvestiya TINRO*, 2014, vol. 178, pp. 3–24. (In Russian)

Vasilets P.M. 2000. *Koryushki pribrezhnykh vod Kamchatki: Dis. ... kand. biol. nauk. Discertaciya kandidata biologicheskikh nauk*. 191 p.

Vasilets P.M., Vinnikov A.V., Zolotov O.G. Distribution and abundance of arctic smelt *Osmerus mordax dentex* Steindachner in Kamchatka waters of the Okhotsk Sea. *Izvestiya TINRO*, 1998, vol. 124, pp. 360–374. (In Russian)

Vasilets P.M., Trofimov I.K., Rayevskiy R.V. Morphological differentiation of smelt *Osmerus mordax dentex* in Kamchatkan waters. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2000, vol. 5, pp. 101–105. (In Russian)

Kasumyan A.O., Pavlov D.S. *Staynoye povedeniye ryb* [Schooling Behavior in Fish]. Moscow, 2018, 274 p.

Klyashtorin L.B., Lyubushin A.A. *Tsiklicheskiye izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* [Cyclic Climate Changes and Fish Productivity]. Moscow: VNIRO, 2005, 235 p.

Makoedov A.N. *Kariologiya, biokhimicheskaya genetika i populyatsionnaya fenetika lososevykh ryb Sibiri i Dalnego Vostoka: sravnitel'nyy aspekt* [Karyology, biochemical genetics and population phenetics of

salmon fish in Siberia and the Far East: a comparative aspect]. Moscow: UMK Psikhologiya, 1999, 291 p.

Semenova A.V., Stroganov A.N., Malyutina A.M., Bugaev A.V., Rubtsova G.A. An Analysis of Microsatellite Polymorphism in the Population of the Arctic Rainbow Smelt *Osmerus dentex* from Eastern and Western Kamchatka. *Russian Journal of Genetics*, 2019, vol. 55, no. 1, pp. 79–88.

Stepanovskikh A.S. *Biologicheskaya ekologiya. Teoriya i praktika: uchebnik dlya studentov vuzov* [Biological ecology. Theory and practice: a textbook for university students]. Moscow: YUNITI-DANA, 2009, 791 p.

Hilborn R., Walters C. Quantitative methods for assessing fish stocks: selection, dynamics and uncertainty (selected chapters). SPb.: Polytechnic, 2001, 228 p.

Impacts of climate and climate change on the key species in the fisheries in the North Pacific. Ed. R.J. Beamish. *PICES Sci. Rep.*, 2008, vol. 35, 218 p. (Available at [www.pices.int](http://www.pices.int))

Статья поступила в редакцию: 21.06.2019

Статья принята после рецензии: 30.11.2019

УДК 595.384.12:639.27/29

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.72-91

## К ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗУ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ *PANDALUS EOUS* MAKAROV, 1935 У ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

О.И. Ильин, О.Г. Михайлова



Вед. н. с., к. ф.-м. н.; ст. н. с., к. б. н.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18  
Тел., факс: 8 (4152) 41-27-01, 42-38-62  
E-mail: ilin.o.i@kamniro.ru; mikhailova.o.g@kamniro.ru

СЕВЕРНАЯ КРЕВЕТКА, ОЦЕНКА ЗАПАСА, ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ШЕФЕРА, КОГОРТНАЯ МОДЕЛЬ, МОДЕЛЬ «CSA», ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ

В настоящей работе при некоторых предположениях относительно роста северной креветки предпринимается попытка методом расщепления смеси распределений определить ее возрастной состав по размерной структуре. Оцениваются средняя длина, средняя масса и доля особей промыслового размера северной креветки по возрастным группам. Полученные результаты используются для моделирования динамики и последующего вероятностного прогноза промыслового запаса и возможного вылова северной креветки у юго-западного побережья Камчатки. Для оценки запасов применяются продукционная модель Шефера, статистическая когортная модель и модель динамики функциональных групп типа «CSA».

## ON STOCK ASSESSMENT AND FORECASTING THE STOCK ABUNDANCE OF NORTH SHRIMP *PANDALUS EOUS* MAKAROV, 1935 NEAR SOUTH-WESTERN KAMCHATKA

Oleg I. Ilyin, Oxana G. Mikhaylova

Leading scientist, Ph. D. (Mathematics); senior scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18  
Tel., fax: +7 (4152) 41-27-01, 42-38-62  
E-mail: ilin.o.i@kamniro.ru; mikhailova.o.g@kamniro.ru

NORTH SHRIMP, STOCK ASSESSMENT, SHAEFER PRODUCTION MODEL, COHORT MODEL, "CSA" MODEL, AGE COMPOSITION

Based on some assumptions about growth of north shrimp we made an attempt in this research to evaluate age composition of the crustacean from size structure using the method of mixture separation. Average length, average weight and part of individuals of commercial size were evaluated in different age groups. Obtained results were used to simulate dynamics and consequent likelihood forecast of the commercial stock and total allowed catch of north shrimp near South-Western coast of Kamchatka. Shaefer production model, statistical cohort model and model of the "CSA"-type functional groups dynamics were used for the stock abundance assessment.

Северная креветка *P. eous* относится к востребованным объектам отечественного промысла морских водных биоресурсов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Добыча ее ведется в Японском море, у берегов Сахалина, в юго-восточной и северной частях Охотского моря, северо-восточной части Берингова моря. Продукция из креветки поставляется как на российский рынок, так и на рынки Республики Корея, Китая и др. В 2018 г. доля вылова северной креветки у берегов Западной Камчатки составила 14% от его общего объема в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

Освоение запаса креветки российскими рыбаками у берегов Западной Камчатки началось в

1998 г. О состоянии запаса в тот период имелись отрывочные сведения из японской литературы, согласно которым японские рыбаки вели здесь лов креветки в 1980-е годы. К тому времени был собран небольшой материал в летний период 1993 и 1997 гг., который дал возможность оценить численность и биомассу *P. eous*. В рассматриваемый период северная креветка стала приобретать статус основного объекта российского креветочного промысла на Дальнем Востоке (Соколов, 1999). Соответственно, возрос спрос на продукцию из креветки, увеличились объемы вылова, появилась необходимость в оценке запаса, определении ОДУ, обновлении и дополнении имеющихся данных.

Учетные донные траловые съемки в Охотском море нацелены, в первую очередь, на исследование таких значимых ВБР, как промысловые виды крабов. В этой связи изучение популяции северной креветки в юго-восточной части Охотского моря проводилось, главным образом, на промысловых судах в режиме мониторинга. Проведение научно-исследовательских работ на судах, ведущих промысел специализированным креветочным тралом, позволило оценить показатели (уловы на усилие, выход продукции и т. п.), недоступные при проведении учетных съемок. Благодаря этим исследованиям удалось получить большой биостатистический материал по северной креветке в данном районе. В последние несколько лет, помимо мониторинга запаса северной креветки специалистами КамчатНИРО на промысловых судах, осуществляется ее изучение и при проведении учетной донной траловой съемки. Объем имеющейся информации значительно вырос, что позволило усовершенствовать методику оценки запаса *P. eous*.

По мере накопления информации о состоянии запаса северной креветки совершенствовалась и методология его оценки и прогноза. В 1990-е годы использовался метод прямого учета, при котором определение текущей биомассы запаса осуществлялось по данным, полученным научными сотрудниками на промысловых судах в режиме научно-исследовательских работ. Прогноз основывался на предположении о том, что через два года запас существенно не изменится. При расчете ОДУ на этом этапе применялся репродуктивный принцип Малкина, согласно которому допустимое изъятие гидробионтов, массовое созревание которых происходит в возрасте трех лет, составляет 31% от запаса. На современном этапе данный метод не отвечает требованиям рационального рыболовства, а результаты методов прямого учета все реже напрямую используются для оценки запасов и прогнозирования ОДУ. Приоритетными в решении указанных задач являются методы математического моделирования, которые позволяют вовлекать в расчеты весь комплекс доступной информации: от данных промысловой статистики до независимых оценок методами прямого учета.

Между тем отсутствие данных о возрасте северной креветки накладывает известные ограничения на применение модельных подходов. Знание о возрасте дает возможность определить структу-

ру популяции, пополнение, смертность, продолжительность жизни и многие другие важные биологические характеристики. У ракообразных не существует структур, регистрирующих возраст, тем не менее разработано множество различных методов для его определения. В основе этих методик, как правило, лежит анализ размерного ряда (Бронеvский, Сахапов, 1991; Михеев, 2011; Harding, 1949; Bhattacharya, 1967; Schnute, Fournier, 1980; Shepherd, 1987; Basson et al., 1988; Zheng et al., 1998; Gayanilo et al., 2005). В частности, в КамчатНИРО ранее использовался метод Шеперда для выделения возрастных групп из размерного ряда (Максименко, Лысенко, 2002; Михайлова, Гайдаев, 2013) с последующим применением виртуально-популяционного анализа к оценке запасов беспозвоночных.

Объем накопленных данных о состоянии популяции северной креветки у Юго-Западной Камчатки в настоящее время вполне достаточен для совершенствования метода оценки и прогноза запаса. Это и стало целью настоящей работы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В настоящей работе для оценки запаса северной креветки в Камчатско-Курильской подзоне использованы следующие материалы:

1) Уловы на единицу промыслового усилия, по данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) (Vasilets, 2015), судов-креветколовов, ведущих промысел в Камчатско-Курильской подзоне на протяжении исследуемого периода (2005–2018 гг.). Данные по уловам на единицу промыслового усилия стандартизованы относительно СРТМ типа «Василий Яковенко» пр. 502ЭМ с помощью обобщенных линейных моделей (McCullagh, Nelder, 1989) (GLM – generalized linear models). В качестве предикторов выбраны факторы года и типа промыслового судна. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R (рис. 1).

2) Размерные ряды с шагом 2 мм по результатам биоанализов, выполненных в 2005–2018 гг. в режиме мониторинга промысла северной креветки (табл. 1). На промысловых судах использовался специализированный донный трал, применяемый при добыче северной креветки. В подавляющем большинстве случаев трал перед входом в него был оснащен селективной решеткой, угол наклона которой колебался в пределах 45–49°. Данная кон-

струкция позволяет отсеивать рыбу из улова. Горизонтальное раскрытие трала находилось в пределах 35–70 м.

Сбор и обработка первичных материалов выполнялись по стандартным гидробиологическим методикам (Иванов, 2004; Низяев и др., 2006). Для анализа и обработки данных использовались про-

грамма Microsoft Excel v.7.0 с пакетом статистического анализа, а также программа Statistica 6.0.

На основании промеров северной креветки для характеристики индивидуальной массы определена ее эмпирическая зависимость от линейного размера (длины тела) особей:  $W = 0,000002 \times Lb^{3,3477}$  (рис. 2).

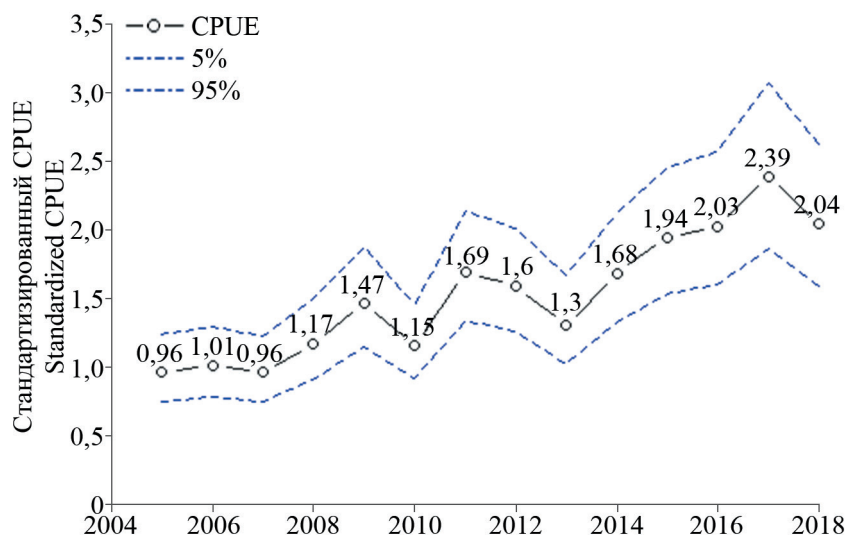


Рис. 1. Стандартизованные уловы на единицу промыслового усилия. Пунктиром обозначены границы 90%-х доверительных интервалов  
Fig. 1. The standardized catches per a unit of fishing effort. The dashed lines mark the boundaries of 90% confidence intervals

Таблица 1. Объем материала по северной креветке, полученный во время мониторинговых работ в 2005–2014, 2016, 2018 гг.

Table 1. The size of the north shrimp sample, obtained in the course of monitoring in 2005–2014, 2016 and 2018

Год Year	Судно Ship	Период работ Working period	Кол-во анализов, экз. Number of analyzed, specs
2005	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Сентябрь–декабрь September–December	5760
2006	МКРТМ «Сапфир-1» / M/V “Sapfir-1”	Август–ноябрь / August–November	1007
2007	МКРТМ «Сапфир-1» / M/V “Sapfir-1”	Май–июнь / May–June	2446
2008	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Февраль–апрель / February–April	2519
2009	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Апрель / April	–
2010	МКРТМ «Сапфир-1» / M/V “Sapfir-1”	Февраль–май / February–May	3619
2011	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Март–апрель / March–April	3754
2012	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Февраль–апрель / February–April	–
2013	РКС «Александрит» / M/V “Alexandrit”	Апрель–июнь / April–June	7761
2014	СТР «Капитан Меламуд» / STR “Kapitan Melamud”	Март–апрель / March–April	1950
2016	СТР «Капитан Меламуд» / STR “Kapitan Melamud”	Март–апрель / March–April	5355
2018	СТР «Оссора» / STR “Ossora”	Март–апрель / March–April	2050

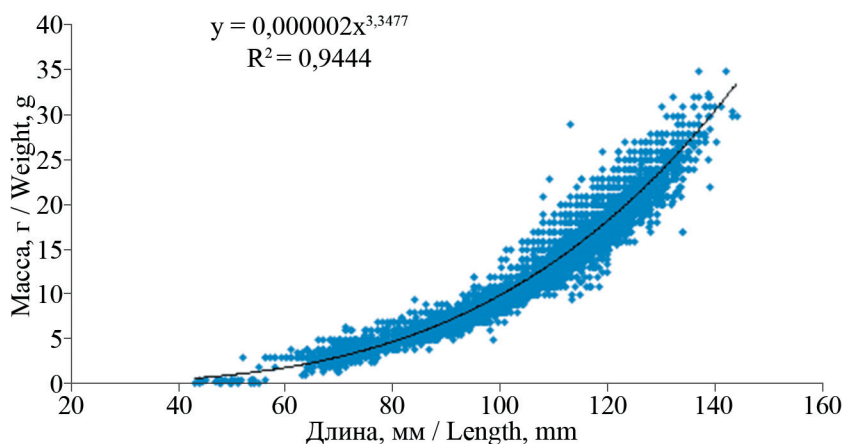


Рис. 2. Зависимость массы особей северной креветки от длины тела  
Fig. 2. The length-weight relationship of north shrimp



3) Годовой вылов в 2005–2018 гг. северной креветки по данным ОСМ (рис. 3).

4) Оценки биомассы промыслового запаса по данным учетных донных траловых съемок в 2009–2018 гг. (табл. 2). На научно-исследовательских судах в качестве орудия лова использовался донный трал 27,1/33,7, вооруженный мягким грунтопом. Стандартный куток длиной 22 м снабжен двойной «рубашкой» с ячейей верха 30 мм и вставки — 10 мм. Паспортное горизонтальное раскрытие трала составляло 15–16 м.

Наблюдения проведены примерно в одни и те же сроки, одним и тем же орудием лова и стандартизованы следующим образом. Выбран полигон, который был охвачен съемкой во все без исключения годы. На площади этого полигона, по результатам учетных донных траловых съемок, оценивался запас. Полученные оценки приняты в качестве индекса запаса (рис. 4).

Для оценки состояния запаса были использованы продукционная модель, когортная модель «Синтез» и модель динамики функциональных групп типа «CSA».

**Продукционная модель.** Использовалась модель Шефера (Schaefer, 1954, 1957; Fletcher, 1978):

$$\frac{dB}{dt} = \frac{4m}{K} \left( 1 - \frac{B}{K} \right) B - FB,$$

$$B(0) = B_0,$$

которая описывает темп изменения промысловой биомассы  $B$  со временем. Здесь  $t$  — время,  $F$  — интенсивность промысла,  $B_0$  — промысловая биомасса на начало первого года в анализе,  $m$  и  $K$  — коэффициенты модели (максимальная продуктивность и емкость среды соответственно). Зависимость биомассы от времени при постоянном в течение года  $F$ , задается формулой:

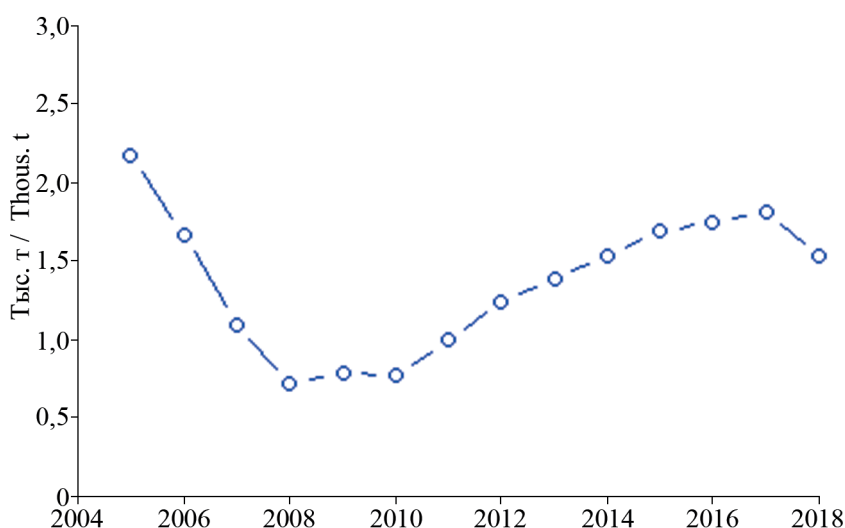


Рис. 3. Вылов северной креветки  
Fig. 3. The catch of north shrimp

Таблица 2. Объем материала по северной креветке, полученного во время учетных работ в 2009–2018 гг.  
Table 2. The north shrimp sample size, obtained during surveys in 2009–2018

Год Year	Судно Ship	Период работ Working period	Кол-во анализов, экз. Number of analyzed, specs
2009	НИС «Профессор Кизеветтер» RV “Professor Kizevetter”	Июль–август / July–August	—
2010	НИС «Профессор Кизеветтер» RV “Professor Kizevetter”	Июль, август–сентябрь July, August–September	2029
2011	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Август / August	2985
2012	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Сентябрь / September	2292
2013	НИС «Профессор Кагановский» RV “Professor Kaganovsky”	Сентябрь / September	1551
2014	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Июнь–июль / June–July	717
2015	НИС «Профессор Кизеветтер» RV “Professor Kizevetter”	Июнь–июль / June–July	1322
2016	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Июнь–июль / June–July	817
2017	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Июнь–август / June–August	3554
2018	НИС «ТИНРО» / RV “TINRO”	Апрель–июль / April–July	1823

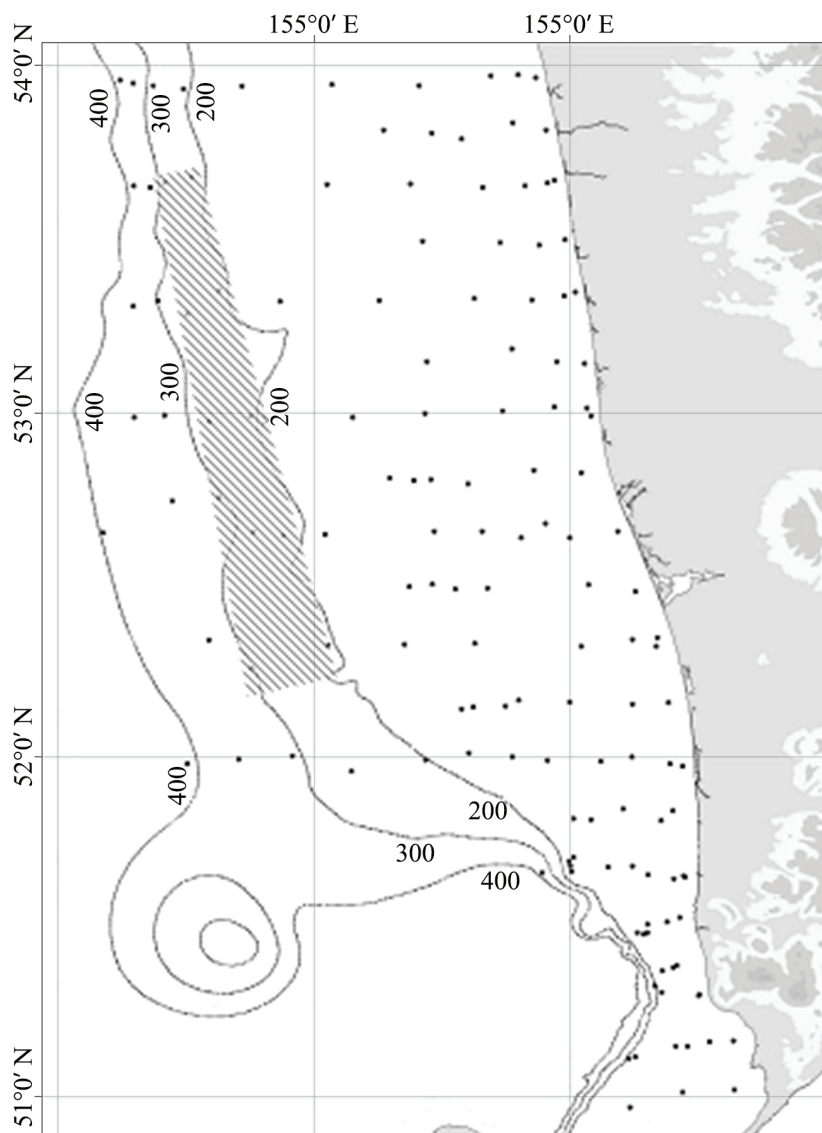


Рис. 4. Карта-схема расположения стандартного полигона в Камчатско-Курильской подзоне  
Fig. 4. The schematic map of the distribution of standard ground within the Kamchatka-Kuril subzone

$$B_{t+1} = \frac{B_t^*}{1 + \frac{B_t^* - B_t}{B_t} \exp(-(\frac{4m}{K} - F_t))}, B_t^* = K - \frac{K^2}{4m} F_t.$$

В продукционной модели Шефера в качестве входной информации используются:

- вылов по годам промысла (2005–2017 гг.);
- индекс биомассы промыслового запаса (оценки биомассы промысловой части запаса по данным учетных донных траловых съемок в 2009–2018 гг. на стандартном полигоне);
- стандартизованные уловы на единицу промыслового усилия.

Предполагается, что наблюдаемые значения индекса биомассы промыслового запаса и стандартизованные уловы на единицу усилия отличаются от своих модельных аналогов на случайную величину, имеющую логнормальное распределение. Параметры модели оценивались из условия наилучшего приближения модели к данным на-

блюдений, в соответствии с допущениями относительно распределений ошибок. Целевая функция представляет собой логарифм функции правдоподобия:

$$Z = Z_I + Z_U \rightarrow \max,$$

$$Z_I = \sum_t \ln \left[ \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(q_1 B_t) - \ln(I_t))^2}{2\sigma_1^2}\right) \right],$$

$$Z_U = \sum_t \ln \left[ \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(q_2 B_t) - \ln(U_t))^2}{2\sigma_2^2}\right) \right],$$

где  $q_1, q_2$  — оцениваемые коэффициенты пропорциональности,  $I_t$  — индекс биомассы промыслового запаса по данным учетных донных траловых съемок,  $U_t$  — стандартизованные уловы на единицу промыслового усилия в год  $t$ . Общеизвестная модель ASPIC (Prager, 1994) реализует этот алгоритм.

**Выделение возрастных групп по размерной структуре.** Для применения когортных моделей

динамики запаса необходима информация об уловах по возрастным группам. Выделение возрастных групп по размерной структуре осуществляли методом расщепления смеси распределений. При этом был сделан ряд предположений о росте северной креветки.

Приняли, что особи креветки одного возраста линяют одинаковое число раз в год.

Предположили, что размерный ряд креветки является смесью возрастных нормальных распределений вида:

$$\varphi_a(l) = \frac{1}{\sigma(a)\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(l-l(a))^2}{2(\sigma(a))^2}\right)$$

со средними размерами  $l(a)$ , зависящими от (модельного) условного возраста  $a$  по закону Берталанффи (Bertalanffy, 1938):

$$l(a) = L_\infty (1 - \exp(-k(a - a_0))),$$

где  $L_\infty$ ,  $k$ ,  $a_0$  — оцениваемые параметры уравнения; и среднеквадратической ошибкой  $\sigma(a)$ , линейно зависящей от условного возраста:

$$\sigma(a) = \sigma_{\min} + \frac{l(a) - l(a_{\min})}{l(A) - l(a_{\min})} (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}).$$

Здесь  $a_{\min}$  ( $= 1$ ) — минимальный условный возраст,  $A$  — число возрастных групп (или максимальный условный возраст),  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  — соответствующие им оцениваемые значения стандартных отклонений. Здесь под условным возрастом понимается порядковый номер возрастной группы (когорты).

Параметры  $L_\infty$ ,  $k$ ,  $a_0$ ,  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  оценивались для каждого из двух периодов: 2005–2006 гг., когда сбор материалов о размерном составе проводился в октябре–ноябре, и 2007–2018 гг.; массовые промеры осуществлялись в апреле–июне. Таким образом, предполагается, что с 2007 по 2018 гг. рост северной креветки подчинялся одному и тому же закону. Данные за 2005–2006 гг. описываются другим законом роста. При таком предположении отпадает проблема сопоставления возрастных когорт в разные годы, возникающая из-за межгодовой изменчивости указанных параметров.

Оценки параметров  $L_\infty$ ,  $k$ ,  $a_0$ ,  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  и численности возрастных групп  $n_{ja}$  (в возрасте  $a$  в году  $j$ ) были найдены из условия максимума функции правдоподобия для мультиномиального распределения:

$$L = \sum_j \sum_i N_j(l_i, l_{i+1}) \log(P_{ji}) \rightarrow \max,$$

$$P_{ji} = \left( \frac{\sum_a n_{ja} p_{ia}}{\sum_a n_{ja}} \right), p_{ia} = \left[ \Phi\left(\frac{l_{i+1} - l(a)}{\sigma(a)}\right) - \Phi\left(\frac{l_i - l(a)}{\sigma(a)}\right) \right],$$

где  $N_j(l_i, l_{i+1})$  — численность экземпляров креветки в интервале  $(l_i, l_{i+1})$  из эмпирического размерного ряда в  $j$ -м году,  $Y$  — число лет, а

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz \quad \text{— функция Лапласа.}$$

Число возрастных групп  $A$  определяли по байесовскому информационному критерию (BIC):

$$BIC = -2L_A + M_A \log\left(\sum_j N_j\right),$$

где  $L_A$  — оптимум целевой функции, а  $M_A$  — число параметров модели, соответствующее количеству возрастных групп, равному  $A$ . Была проведена серия расчетов при  $A = 4, 5, 6, 7, 8, 9$ . Оказалось, что значение BIC начинает возрастать при  $A > 7$ . При увеличении числа возрастных групп  $A$  с 7 до 8 значения параметров уравнения роста изменялись незначительно. Качественно картина возрастного состава не менялась, добавилась немногочисленная самая старшая возрастная группа. На основании этого мы сделали вывод, что число основных возрастных когорт в рассматриваемых размерных рядах северной креветки равно 7.

Кроме указанной выше линейной зависимости среднеквадратической ошибки от возраста, нами рассматривалась зависимость (см., например, Tanaka, Tanaka, 1990):

$$\sigma(a) = \sigma_0 \sqrt{1 + \frac{1}{2k} (1 - \exp(-2ka))}.$$

В последнем случае расчетные значения байесовского информационного критерия оказывались выше.

**Когортная модель.** Когортная модель «Синтез» (Ильин и др., 2014) относится к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. В основе лежит уравнение улова Баранова и экспоненциальный закон убыли численности. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в КамчатНИРО.

В модели «Синтез» в качестве исходной информации для оценки запаса северной креветки используются:

- матрица вылова по возрастам и годам промысла (2005–2017 гг.);
- индекс биомассы общего и промыслового запаса (оценки биомассы запаса по данным учет-

ных донных траловых съемок в 2009–2018 гг. на стандартном полигоне);

– стандартизованные уловы на единицу промыслового усилия;

– среднегодовалая масса северной креветки по возрастам;

– мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) принят равным 0,3 в год, одинаковый для всех возрастных групп.

#### Модель динамики функциональных групп.

Модель типа CSA (Collie, Sissenwine, 1983; Collie, Kruse, 1998) занимает промежуточное положение между продукционной и когортной моделями. Используется в различных модификациях для оценки запасов беспозвоночных дальневосточных морей (Ильин, Иванов, 2015, 2018). Модель разрабатывалась, исходя из структуры имеющейся информации по запасу. Уравнения динамики численности функциональных групп имеют следующий вид:

$$N_{i,2} = p_1 N_{i-1,1} S_{i-1,1} + (1 - p_2) N_{i-1,2} S_{i-1,2},$$

$$N_{i,3} = p_2 N_{i-1,2} S_{i-1,2} + N_{i-1,3} S_{i-1,3},$$

$$S_{i,j} = \exp(-Z_{i,j}), Z_{i,j} = M_{i,j} + F_{i,j},$$

$$j = 1, 2, 3; i = 1, 2, \dots, n.$$

Здесь  $N_{i,1}$ ,  $N_{i,2}$ ,  $N_{i,3}$  — численность функциональных групп в  $i$ -м году, т. е. пререкрутов, рекрутов и промысловых особей соответственно,  $S_{i,j}$  — коэффициент выживания,  $M_{i,j}$  и  $F_{i,j}$  — мгновенные коэффициенты естественной и промысловой смертности в  $j$ -й функциональной группе в  $i$ -м году,  $p_j$  — вероятность линьки в  $j$ -й функциональной группе,  $j = 1, 2, 3$ .

Были приняты следующие допущения:

1) Относительно указанных выше вероятностей предполагается, что они постоянны:  $p_j = p$ . Мгновенные коэффициенты естественной смертности также постоянны  $M_{i,j} = M$ .

2) Предполагается (Doubleday, 1976), что наблюдаемые уловы по функциональным группам  $\hat{C}_{i,j}$  отличаются от модельных

$$C_{i,j} = N_{i,j} \frac{F_{i,j}}{Z_{i,j}} (1 - \exp(-Z_{i,j}))$$

на случайную логнормально распределенную величину:

$$\ln(\hat{C}_{i,j}) - \ln(C_{i,j}) = e^3_{i,j}, e^3 \sim N(0, \sigma_3).$$

3) Предполагается, что наблюдаемые данные траловых съемок по индексу промыслового запаса  $\hat{I}_{i,j}$  (3-й функциональной группы) отличаются от модельных

$$I_{i,3} = q_1 S^{\Delta} N_{i,3} \quad (1),$$

где  $\Delta$  — время от начала года до проведения съемок (в долях года), на случайную величину с логнормальным распределением:

$$\ln(\hat{I}_{i,3}) - \ln(I_{i,3}) = e^1_{i,3}, e^1 \sim N(0, \sigma_1).$$

4) Предполагается, что наблюдаемые данные по уловам на единицу усилия  $\hat{U}_{i,3}$  отличаются от модельных

$$U_{i,3} = q_2 S^{0.5} N_{i,3} \quad (2)$$

на случайную величину, имеющую логнормальное распределение:

$$\ln(\hat{U}_{i,3}) - \ln(U_{i,3}) = e^2_{i,3}, e^2 \sim N(0, \sigma_2),$$

В соотношениях (1) и (2)  $q_1$  и  $q_2$  — калибровочные коэффициенты.

Параметры указанной модели динамики функциональных групп оцениваются из условия наилучшего приближения к данным учетных траловых съемок и промысловой статистики, в соответствии с допущениями относительно распределений ошибок.

Целевая функция представляет собой логарифм функции правдоподобия:

$$L = L_I + L_U + L_C \rightarrow \max \quad (3),$$

где

$$L_I = \sum_i \ln \left[ \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{(\ln(\hat{I}_{i,3}) - \ln(I_{i,3}))^2}{2\sigma_1^2} \right) \right],$$

$$L_U = \sum_i \ln \left[ \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{(\ln(\hat{U}_{i,3}) - \ln(U_{i,3}))^2}{2\sigma_2^2} \right) \right],$$

$$L_C = \sum_{i,j} \ln \left[ \frac{1}{\sigma_3 \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{(\ln(\hat{C}_{i,j}) - \ln(C_{i,j}))^2}{2\sigma_3^2} \right) \right].$$

Оптимизация целевой функции (3) осуществлялась численными методами оптимизации: Левенберга–Марквардта, наискорейшего спуска, сопряженных градиентов Флетчера–Ривза (Базара, Шетти, 1982).

Входная информация для оценки запаса северной креветки по модели CSA следующая:

– вылова по функциональным группам и годам промысла (2005–2017 гг.);

– индекс биомассы промыслового запаса;

– стандартизованные уловы на единицу промыслового усилия;

– среднегодовалая масса северной креветки по функциональным группам;

– мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) принят равным 0,3 в год, одинаковый для всех функциональных групп.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценки параметров продукционной модели Шефера представлены в таблице 3.

Значения  $B_{msy}$  и  $F_{msy}$  составляют 11,59 тыс. т и 0,17 соответственно. Графики плотностей распределения оценок параметров модели и биологического ориентира  $F_{msy}$ , полученные с помощью параметрического бутстрепа, представлены на рис. 5.

Динамика биомассы промыслового запаса представлена на рисунке 6А. Короткий ряд данных и разнонаправленность индексов приводят к тому, что доверительные интервалы полученных значений модельных параметров и ретроспективных оценок запаса довольно велики. Оценка биомассы промыслового запаса северной креветки на начало 2018 г. по продукционной модели составляет

Таблица 3. Оценки параметров продукционной модели  
Table 3. Estimates of the production model's parameters

Параметр / Parameter	Оценка / Estimates	CV
$B_0$ , тыс. т (thous. t)	7,556	0,201
$K$ , тыс. т (thous. t)	23,179	0,197
$m$ , тыс. т (thous. t)	1,968	0,089
$q_1$	0,435	0,248
$q_2$	0,135	0,250

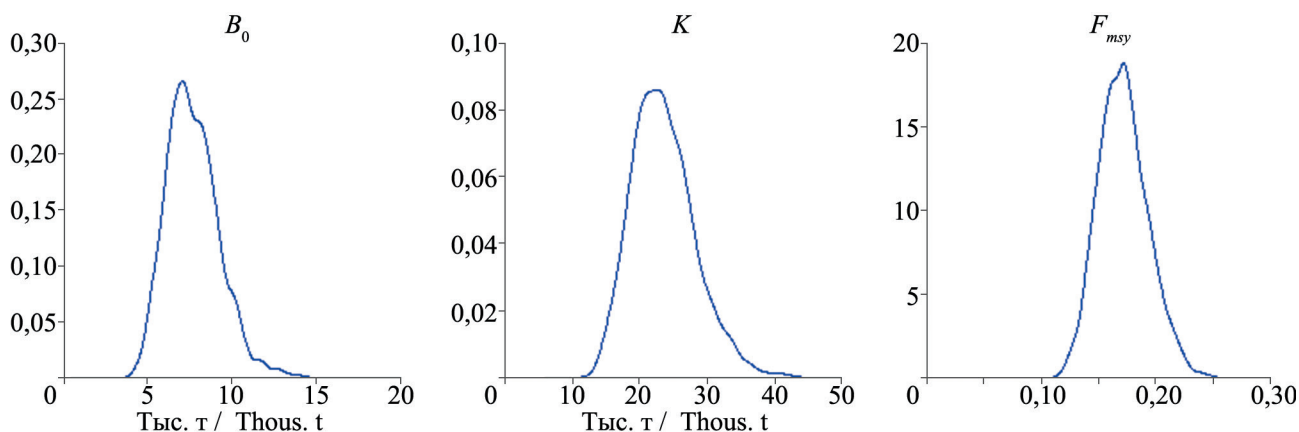


Рис. 5. Плотности распределения оценок параметров продукционной модели  
Fig. 5. The distribution densities of the production model parameter estimates

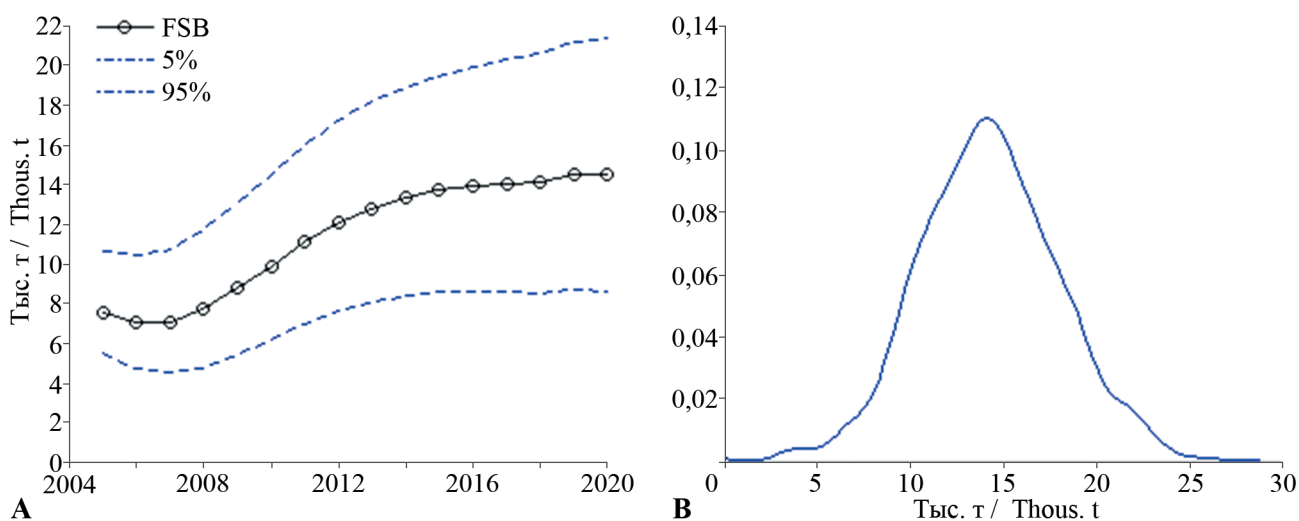


Рис. 6. Динамика биомассы промыслового запаса северной креветки по модели Шефера (А) и плотность распределения оценки промысловой биомассы на начало 2018 г. (В)  
Fig. 6. The dynamics of the north shrimp commercial stock biomass in Schaefer's model (A) and the distribution density of the commercial biomass estimates for the beginning of 2018 (B)

14,1 тыс. т. Неопределенность в оценке терминальной биомассы иллюстрирует рисунок 6Б.

Динамика модельных и наблюдаемых значений индексов запаса представлена на рисунке 7. Итоговые оценки параметров метода расщепления смеси распределений представлены в таблице 4.

Отметим, что полученные нами значения  $L_{\infty}$  оказались близки к исторически максимальной наблюдаемой длине особи северной креветки — 148 мм.

Если предположить, что реальный возраст нулевого размера  $a_0$  лежит в интервале от  $-1$  до  $0$  и учесть, что в 2007–2018 гг. промеры проводились примерно в сроки нереста, то для периода 2007–2018 гг. разница между условным возрастом (т. е. номером возрастной группы) и реальным возрастом особей составит 1 год. Таким образом, возраст особей первой возрастной группы будет равен двум годам (2+). При этом модельная длина особей в возрасте 1 год будет равна 36,2 мм, что примерно соответствует минимальной наблюдаемой длине северной креветки — 32 мм. Как видно, наблюдается сдвиг на один год в оценках условного возраста нулевого размера для двух периодов. Учитывая, что в 2005–2006 гг. сроки работ сдвинуты на полгода позже, когда особи уже полиняли, можно пред-

положить, что для периода 2005–2006 гг. особям условного возраста 1 год также будет соответствовать реальная возрастная группа (2+).

На рисунке 8 представлены модельные размерные ряды в сравнении с эмпирическими. Хорошо видно, что по весенним данным отчетливо выделяются первые две возрастные группы, которым соответствуют линейные размеры от 50 до 70 мм и от 70 до 90 мм.

На рисунке 9 представлены модельные распределения длины северной креветки для каждого возраста, нормированные к численности возрастных групп, в сравнении с наблюдаемыми размерными рядами. Здесь выбран ряд лет, когда данные собирались весной. Пунктиром на графиках обозначен исходный ряд, серым цветом — модельный. Цветом выделены модельные распределения длины для основных возрастных групп. Веса, с которыми эти возрастные распределения длины входят в смесь распределений, образуют возрастную состав северной креветки в режиме мониторинга промысла. В некоторые годы возрастная состав совсем не очевидный. Например, можно заметить, что в исходном размерном ряду нет пиков, соответствующих возрастной группе 5+ (синий цвет).

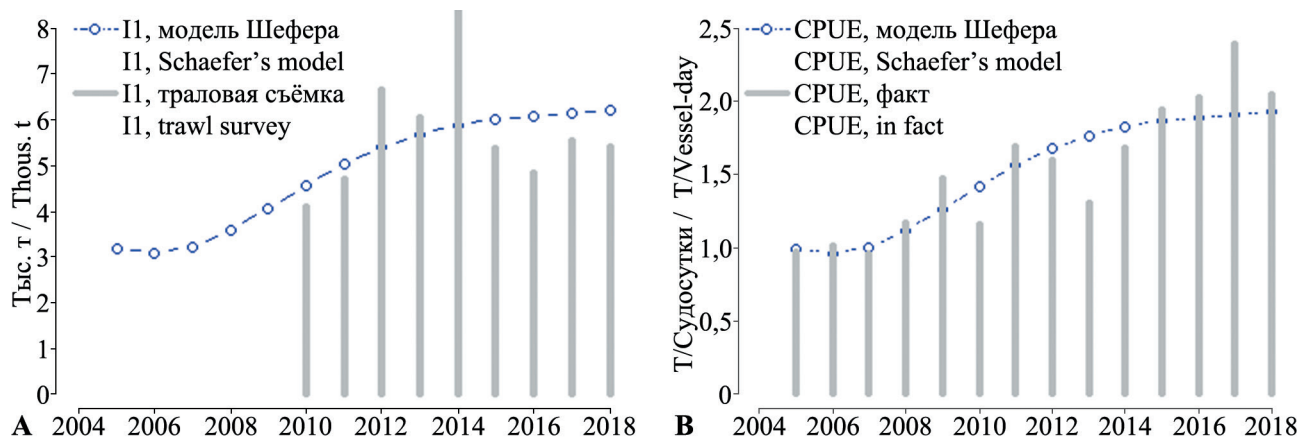


Рис. 7. Динамика индексов запаса — данные траловых учетных съемок о биомассе промысловой части запаса (А) и стандартизованный CPUE (В)

Fig. 7. The dynamics of the stock indices — the trawl surveys data on the commercial stock biomass (А) and the CPUE standardized (В)

Таблица 4. Значения модельных параметров в методе расщепления смеси распределений  
Table 4. Values of model parameters in the method of mixture separation

Параметр Parameter	$k$ , 1/год (year)	$a_0$ , годы (years)	$L_{\infty}$ , мм (mm)	$\sigma_{\min}$ , мм (mm)	$\sigma_{\max}$ , мм (mm)
2005–2006 гг. (осень / Autumn)					
Оценка / Value	0,211	–2,11	152,1	5,08	4,04
CV	0,033	0,032	0,01	0,028	0,029
2007–2018 гг. (зима–весна / Winter–Spring)					
Оценка / Value	0,257	–1,11	146,1	3,8	5,3
CV	0,024	0,03	0,008	0,02	0,03

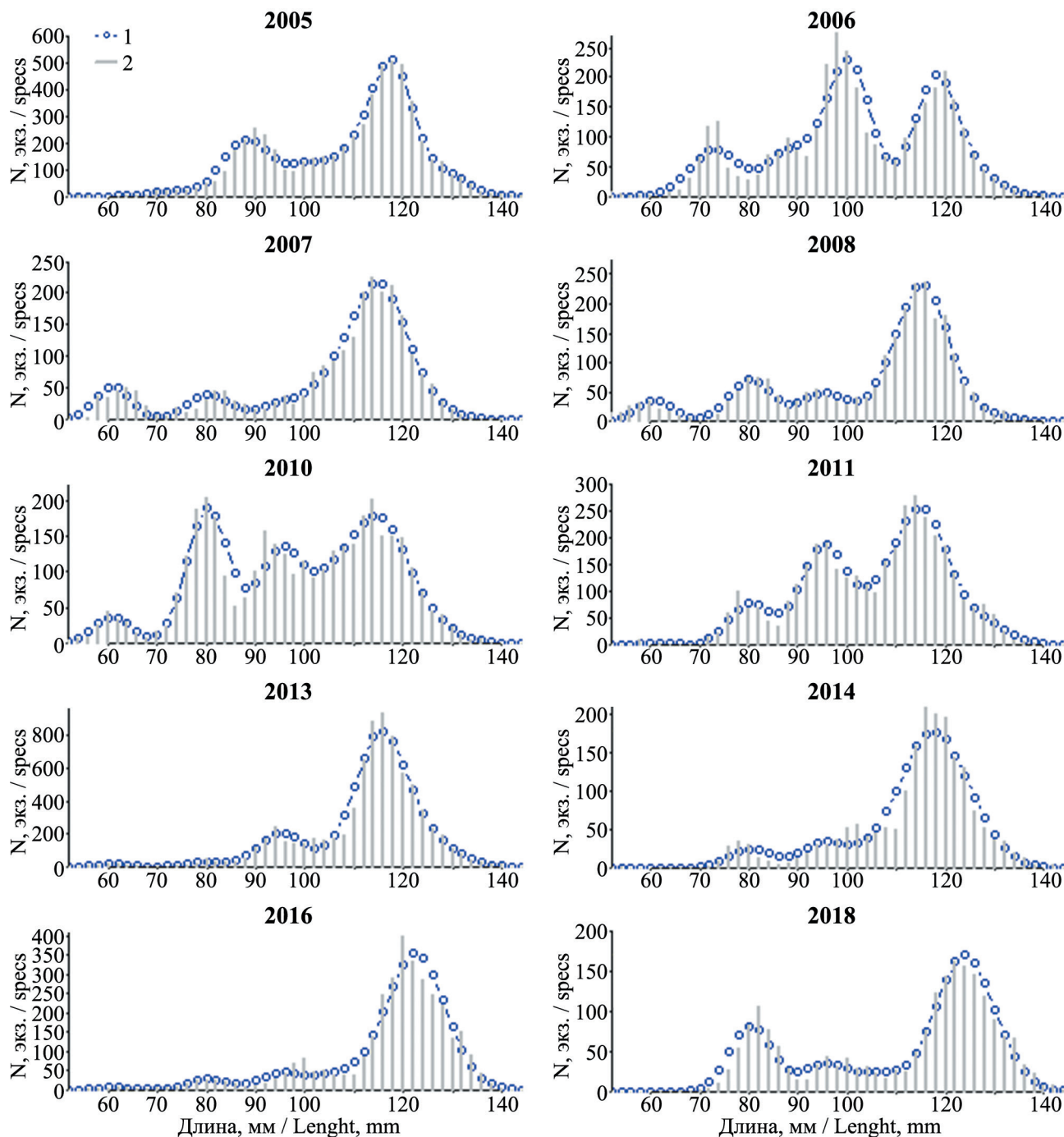


Рис. 8. Модельное (1) и эмпирическое (2) распределение длины на промысле северной креветки в 2005–2018 гг.  
Fig. 8. Simulated (1) and empirical (2) distribution of the body length of north shrimp in the catches in 2005–2018

Соответствующий возрастной состав для 2007–2011 гг. приведен на рис. 10. По значениям численностей возрастных групп  $n_a$ , оцененных методом расщепления смеси распределений, была составлена матрица возрастного состава уловов по возрастам и годам промысла.

Используя полученные распределения длины и зависимость «длина–масса», для всех возрастных групп определили среднюю массу по следующей формуле:

$$W(a) = \int W(l) \varphi_a(l) dl,$$

$$\varphi_a(l) = \frac{1}{\sigma(a)\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(l-l(a))^2}{2(\sigma(a))^2}\right),$$

$$W(l) = 0,000002 \cdot l^{3.3477}.$$

Долю промысловых особей ( $\geq 90$  мм) в каждой возрастной группе определили интегрированием распределения длины в интервале от 90 мм до  $+\infty$ . Результаты сведены в таблицу 5.

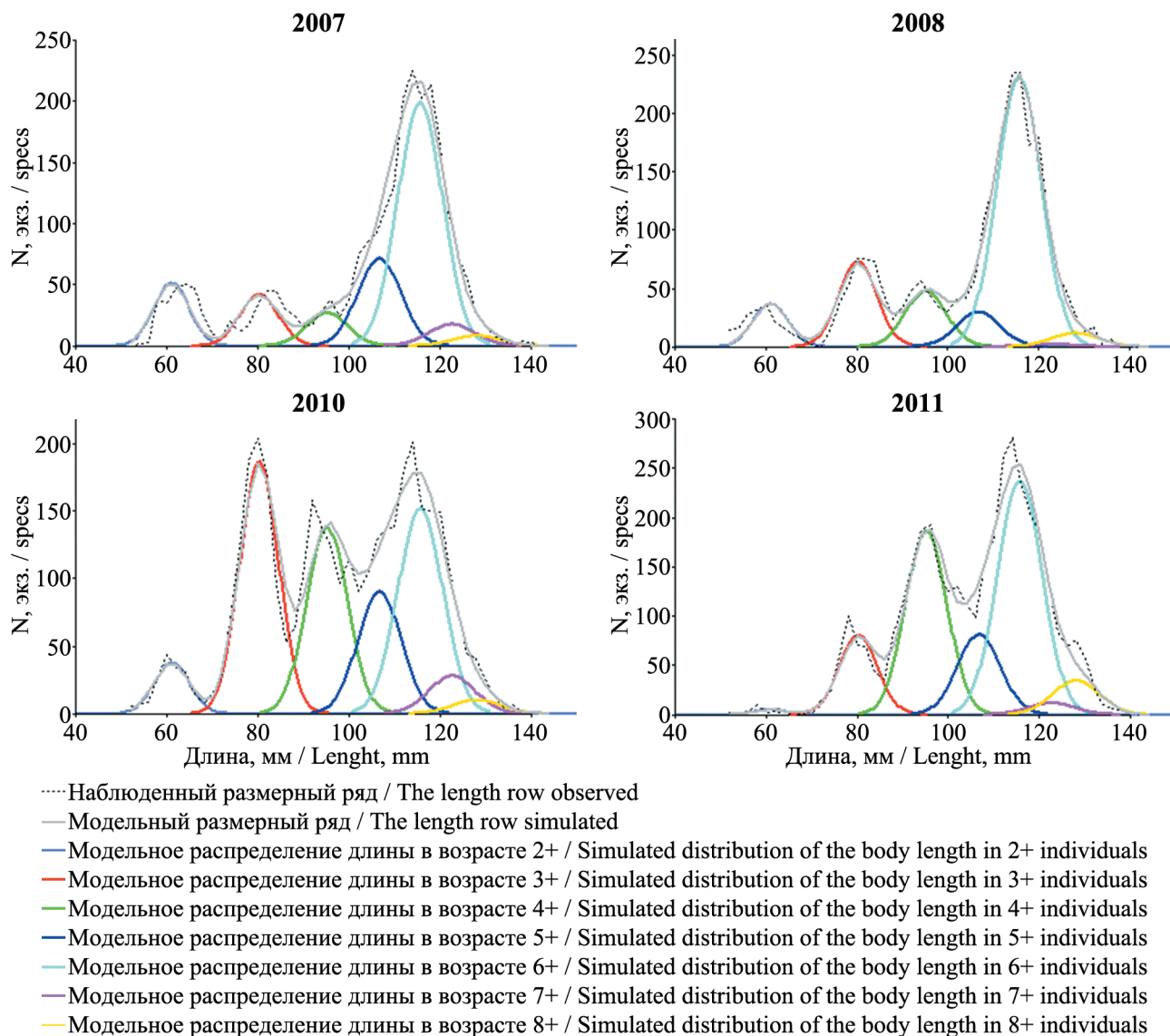


Рис. 9. Распределение длины на промысле северной креветки в 2007–2011 гг.  
 Fig. 9. The distribution of the north shrimp length in the catches in 2007–2011

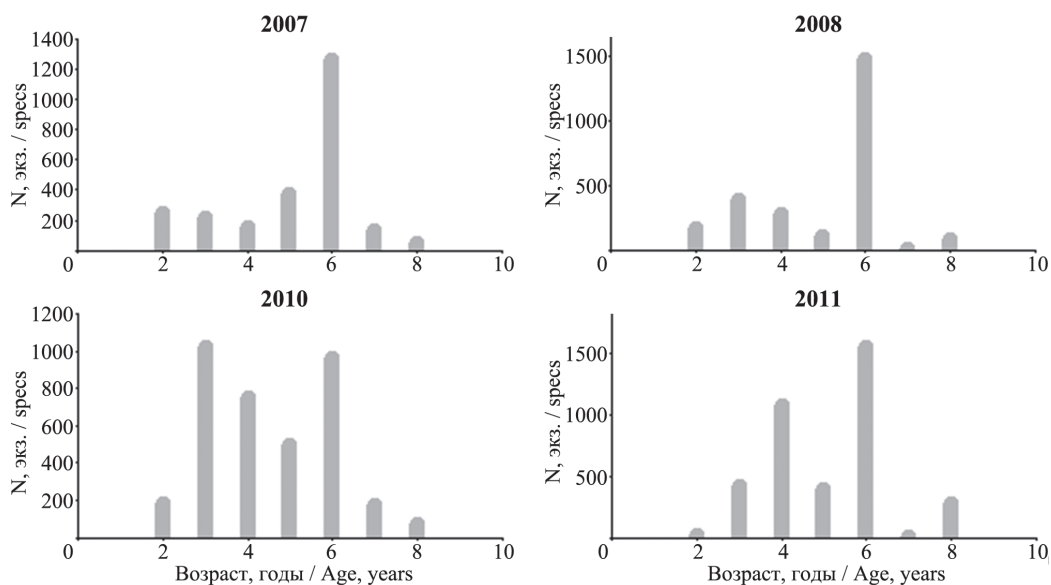


Рис. 10. Возрастной состав уловов северной креветки в 2007–2011 гг.  
 Fig. 10. The age composition of the north shrimp catches in 2007–2011



Полученные оценки средней длины северной креветки по возрастам мы сравнили с результатами, полученными другими методами (таблица 6). Они были взяты из работы Михайловой и Гайдаева (Михайлова, Гайдаев, 2013). Метод Хардинга (Harding, 1949) применялся на весенних данных, метод Броневского–Сахапова (Броневский, Сахапов, 1991) — на осенних данных, а метод Шеперда (Shepherd, 1987) — на смешанных весенне-осенних данных. Первые два метода требуют задания числа моделируемых возрастных когорт. Однако в указанной работе отсутствует обоснование того, почему задается число возрастных групп, равное шести.

Средние размеры первых трех возрастных групп по нашим результатам на весенних данных и по методу Хардинга сопоставимы, в более старших возрастах появляются различия. Средние размеры первых трех возрастных групп по нашим результатам на осенних данных вполне соответствуют средним размерам возрастных групп 3+...5+ по методу Броневского–Сахапова. Здесь авторы приписывают этим размерам возраст на год больше, чем мы. В более старших возрастных группах также заметны различия. Надо отметить,

что метод Броневского–Сахапова является методом расщепления смеси распределений, но средние значения и дисперсии этих распределений не подчинены какой-либо зависимости. Значительные расхождения в оценках средней длины по возрастам по представленному в настоящей работе методу и методу Шеперда объясняются еще и тем, что последний применялся на осредненных весенне-осенних данных. Кроме того, диапазон поиска для параметра роста  $k$  при расчетах методом Шеперда, по нашему мнению, был выбран слишком узким: от 0 до 0,25.

Так как две младшие когорты легко выделяются в размерном ряду, а более старших особей приблизительно (в возрасте 4+ доля особей промыслового размера составляет 88%) можно отнести к промысловому запасу, разумным выглядит применение для оценки запаса северной креветки модели динамики функциональных групп типа CSA. Так, по результатам весенних промеров, с учетом разброса длины, можно приблизительно выделить три функциональные группы северной креветки: пререкруты (до 70 мм), рекруты (70–90 мм), промысловый запас ( $\geq 90$  мм). Состав уловов по функциональным группам (в %) легко оце-

Таблица 5. Средняя длина, средняя масса и доля промысловых особей по возрастным группам  
Table 5. Average length, weight and part of commercial individuals by age groups

Возраст, годы / Age, years	2	3	4	5	6	7	8
2005–2006 (осень / Autumn)							
Средняя длина, мм Average length, mm	73,21	88,22	100,39	110,24	118,22	124,69	129,93
Средняя масса, г Average weight, g	3,56	6,60	10,13	13,83	17,46	20,85	23,92
Доля промысловых особей Part of commercial individuals	0,00	0,36	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2007–2018 (зима–весна / Winter–Spring)							
Средняя длина, мм Average length, mm	61,22	80,46	95,34	106,84	115,74	122,62	127,94
Средняя масса, г Average weight, g	1,95	4,84	8,53	12,48	16,30	19,77	22,78
Доля промысловых особей Part of commercial individuals	0,00	0,01	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 6. Средняя длина (мм) северной креветки по возрастным группам, рассчитанная разными методами (Михайлова, Гайдаев, 2013)  
Table 6. Average length (mm) of north shrimp by age groups, recalculated by different methods (Михайлова, Гайдаев, 2013)

Возраст, годы / Age, years	2	3	4	5	6	7	8
Метод Шеперда (по данным за 2005–2011 гг.) Shepherd's method (on the data for 2005–2011)	–	75,18	93,08	107,45	119,01	128,3	135,77
Метод Броневского и Сахапова (по данным за 1998–2001 гг.) Method by Bronevsky and Sakhapov (on the data for 1998–2001)	44,5	71,95	86,38	100,73	115,15	129,35	–
Метод Хардинга (по данным за 2008 г.) Harding's method (on the data for 2008)	60	80	95	110	120	127	–

нить по размерному ряду, без выделения возрастных групп. Не вызывает проблем и определение средней массы особей указанных функциональных групп по годам. Использование модели динамики функциональных групп типа CSA целесообразнее еще и потому, что избавляет от влияния ошибок определения возраста на оценку запаса.

На рисунке 11 представлены некоторые результаты расчетов по когортной модели — ретроспективная динамика параметров запаса и терминальное распределение численности по возрастным группам. Вероятностные характеристики полученных оценок были определены с помощью процедуры параметрического бутстрепа.

Модель «Синтез» оценивает общую биомассу запаса северной креветки в возрасте от 2 до 8 лет на начало 2018 г. в 18,2 тыс. т, промыслового — 11,1 тыс. т. В целом, по нашим оценкам, в последние годы общий запас северной креветки стабилизировался на уровне 17–18 тыс. т (рис. 11А). Снижение (рис. 11В) промысловой биомассы ( $\geq 90$  мм) в ближайшее время сменится ростом, в связи с появлением поколения 2015 г. (рис. 7, 11D, 11E). Плотности распределения терминальных оценок общей и промысловой биомассы представлены на рисунке 12. Из результатов видно, что разброс оценок существенно уже, чем в продукционной модели.

Похожую ретроспективную динамику параметров запаса и плотность распределения оценки терминальной промысловой биомассы демонстрируют результаты расчетов по модели динамики функциональных групп (рис. 13). Доверительные интервалы оценок по модели CSA оценивались с помощью процедуры параметрического бутстрепа.

Как видно, терминальные оценки запаса по моделям «Синтез» и CSA довольно близки. Модель CSA оценивает биомассу общего запаса северной креветки (длиной более 50 мм) на начало 2018 г. в 17,7 тыс. т, промыслового — 12,8 тыс. т. По нашим оценкам, кратковременное снижение промысловой биомассы в ближайшее время сменится ростом, в связи с высокой численностью рекрутов в 2018 г. (рис. 12Е). Наблюдаемые значения индексов промыслового запаса северной креветки вполне соответствуют своим модельным аналогам (рис. 14).

По запасу северной креветки у Юго-Восточной Камчатки, как и по некоторым приоритетным видам крабов и крабоидов, КамчатНИРО дает вероятностный прогноз состояния промыслового запаса и величины возможного вылова. Результатом вероятностного прогноза являются не точечные оценки, а распределения прогнозных оценок запаса и возможного вылова, полученные в ходе стохастических экспериментов.

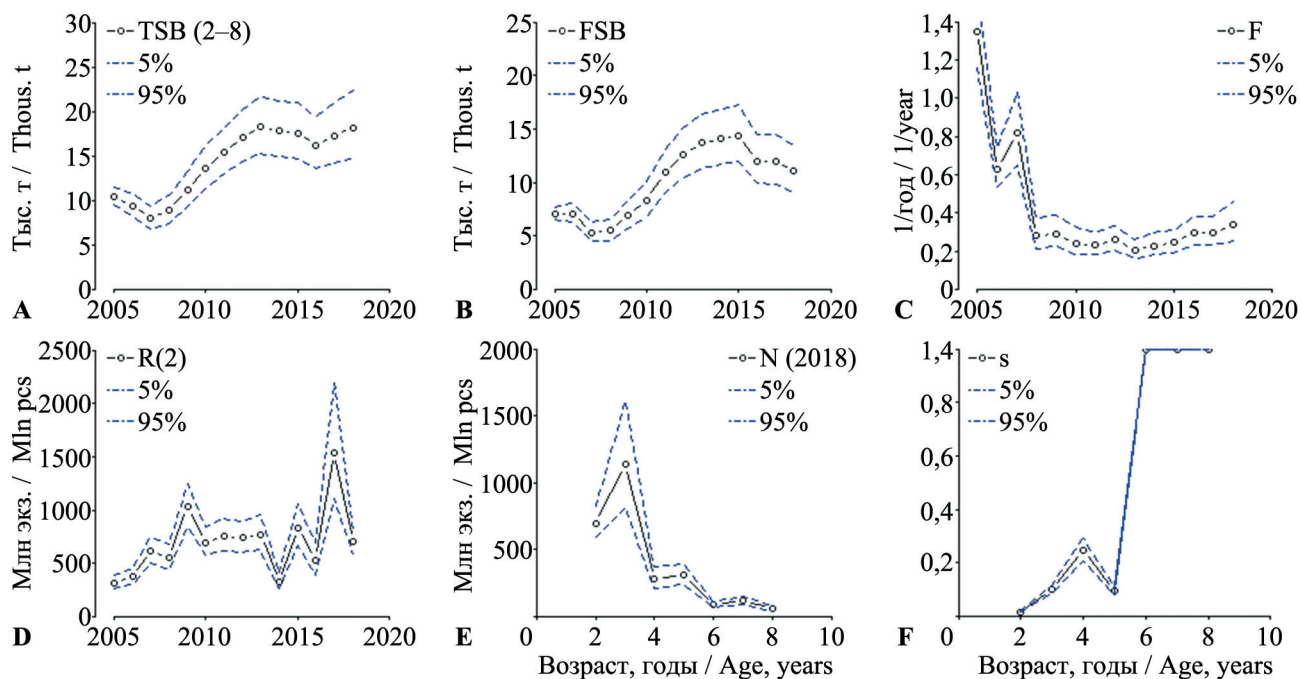


Рис. 11. Динамика запаса северной креветки по когортной модели: А — общая биомасса (2+...8+), В — промысловая биомасса ( $\geq 90$  мм), С — мгновенные коэффициенты промысловой смертности, D — пополнение в возрасте 2 года, E — терминальная численность на начало 2018 г., F — коэффициенты селективности  
Fig. 11. The dynamics of the north shrimp stock in the cohort model: A — the total biomass (2+...8+), B — the commercial biomass ( $\geq 90$  mm), C — the instantaneous (fishing) mortality coefficient, D — the recruitment of the 2 year old individuals, E — the final stock by the beginning of 2018, F — selectivity coefficients

Для прогнозирования величины возможного вылова в настоящее время необходимым является построение зонального правила регулирования промысла (ПРП) северной креветки. Зональное ПРП — это формализованное правило принятия решений по регулированию рыболовства с учетом ориентиров управления и текущего состояния запасов (Бабаян, 2000), которое способствует достижению долговременных целей промысла северной креветки, таких как стабилизация уловов, высокий долгосрочный вылов.

В международной практике в качестве целевого ориентира по биомассе  $B_{lr}$  довольно часто выбирается  $B_{msy}$ . Для северной креветки эта величина составляет 11,59 тыс. т по биомассе промысловой части запаса. По продукционной модели Шефера значение ориентира  $F_{msy}$ , с учетом неопределенности, составило  $0,17 \times \exp(-1,645 \times SE) = 0,138$ , или 13,8%.

Как «заменитель»  $B_{msy}$ , можно использовать среднее значение биомассы промыслового запаса за период времени, когда запас устойчиво находил-

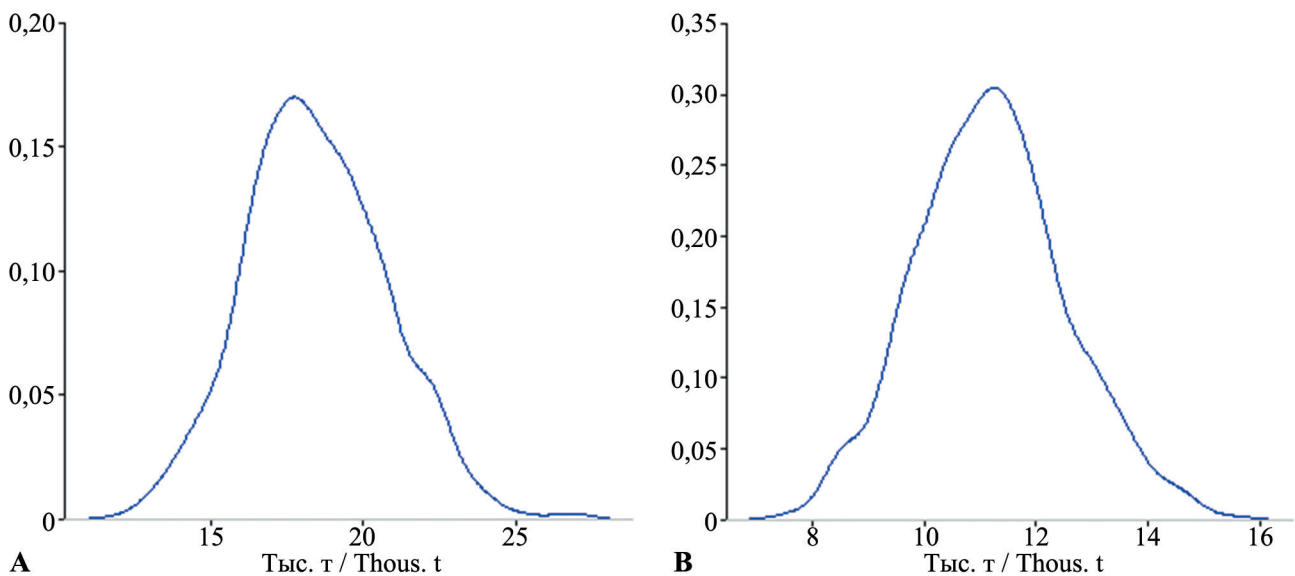


Рис. 12. Плотности распределения оценок общей (А) и промысловой (В) биомассы северной креветки на начало 2018 г.  
Fig. 12. The distribution density of the north shrimp total (А) and commercial (В) biomass values by the beginning of 2018

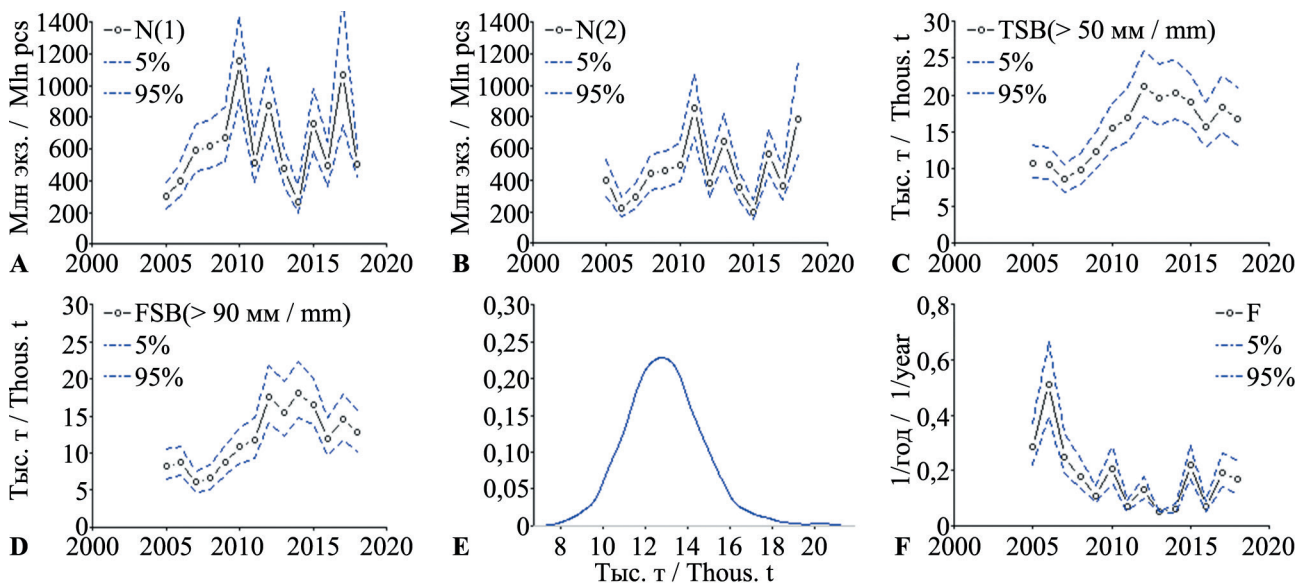


Рис. 13. Динамика запаса северной креветки по модели CSA: А — численность пререкрутов, В — численность рекрутов, С — общая биомасса ( $\geq 50$  мм), D — промысловая биомасса ( $\geq 90$  мм), E — плотность распределения промысловой биомассы на начало 2018 г., F — коэффициенты промысловой смертности  
Fig. 13. The north shrimp stock dynamics in the model CSA: А — the number of pre-recruits, В — the number of recruits, С — the total biomass ( $\geq 50$  mm), D — the commercial biomass ( $\geq 90$  mm), E — the distribution density of the commercial biomass by the beginning of 2018, F — the fishing mortality coefficients

ся на достаточно высоком уровне, подвергаясь при этом промысловой нагрузке, экспертно сравнимой с  $F_{msy}$  (Баканев, 2016; Report., 2012). При этом средняя доля изъятия от промысловой биомассы при стабильном достаточно высоком уровне запаса может быть установлена в качестве целевого ориентира по эксплуатации, как «заменитель»  $F_{msy}$ . Среднее значение биомассы промыслового запаса при стабильно достаточно высоком состоянии (т. е. в последние 8 лет) по модели «Синтез» — 12,59 тыс. т, по модели Шефера — 13,11 тыс. т, по модели CSA — 14,67 тыс. т. Среднее изъятие за этот период по модели «Синтез» составило 11,9%, по модели Шефера — 11,3%, по модели CSA — 10,4%. Ранее установленный экспертно ориентир по промысловому изъятию составлял 15% от биомассы промысловой части запаса.

Определение величины  $B_{lim}$  как доли (20–30%) от величины девственного неэксплуатируемого запаса (параметр  $K$ , табл. 3) достаточно часто используется при разработке правил регулирования промысла морских гидробионтов (Reference., 1993). Например, в качестве  $B_{lim}$  используется значение  $0,25K$  или  $0,5B_{msy}$ . Для северной креветки по модели Шефера оно составляет 5,8 (с учетом неопределенности —  $5,8 \times \exp(-1,645 \times SE) = 8,02$ ) тыс. т, аналог этого ориентира  $B_{25\%B_{vir}}$  по модели «Синтез» составляет 6,48 (8,1) тыс. т.

Наименьшее значение биомассы промысловой части запаса  $B_{loss}$  по данным учетных донных траловых съемок в 2009–2018 гг. с учетом коэффициента пропорциональности  $q$  составляет 9,35 тыс. т, по модели Шефера — 7,09 (с учетом неопределенности

10,5 тыс. т), по модели «Синтез» — 5,33 (6,29 тыс. т), по модели CSA — 5,98 (7,71) тыс. т.

Для определения ориентиров по биомассе можно использовать метод перцентилей (Буяновский, 2012; Koeller et al., 2011) на данных учетных донных траловых съемок в 2009–2018 гг. с учетом коэффициента пропорциональности  $q_1$  (табл. 3). Согласно этому методу, 1-я квартиль эмпирического распределения промысловой биомассы может служить граничным ориентиром  $B_{lim}$ , 3-я квартиль — целевым  $B_{tr}$ . Метод перцентилей дает следующие оценки ориентиров по биомассе промысловой части запаса:  $B_{tr} = 13,56$  тыс. т;  $B_{lim} = 10,94$  тыс. т.

Исходя из вышесказанного, целевой ориентир по биомассе промыслового запаса  $B_{tr}$  целесообразно установить в диапазоне от 11,59 до 14,67 тыс. т, целевой ориентир по доле изъятия  $F_{tr}$  — от 10,4 до 13,8%, а граничный ориентир  $B_{lim}$  — в интервале от 5,33 до 10,94 тыс. т.

Вероятностный прогноз запаса на два года вперед осуществлялся в рамках метода параметрического бутстрепа при следующих предположениях:

- прогнозные значения МКЕС и среднемноголетней средней массы северной креветки по возрастам и функциональным группам те же, что и в ретроспективе;
- коэффициент промысловой смертности в 2019 г. соответствует ОДУ на 2019 г., равному 1,800 тыс. т;
- в качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность пополнения северной креветки;

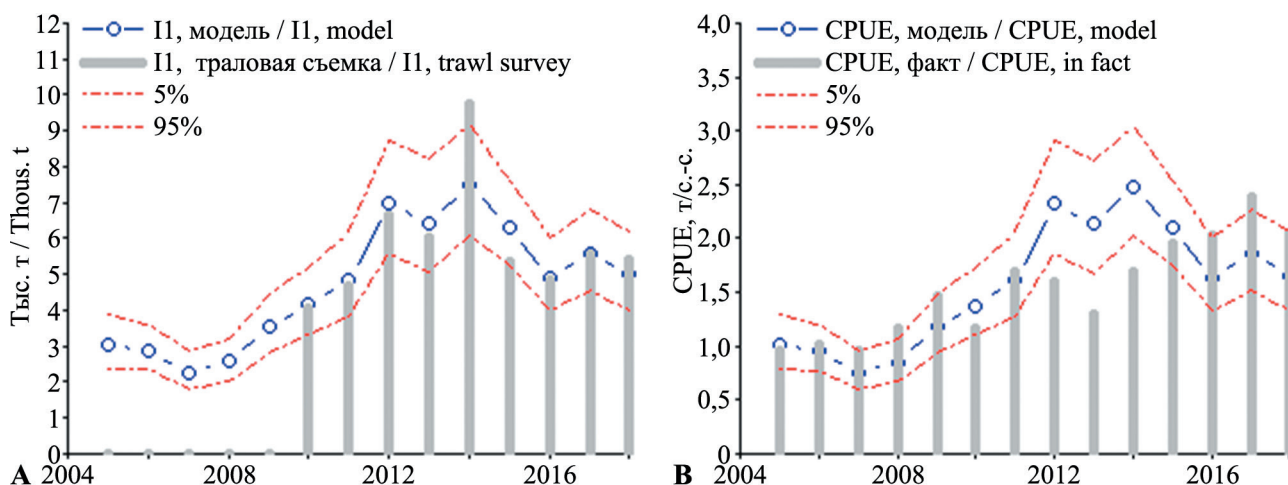


Рис. 14. Динамика индексов запаса: данные траловых учетных съемок о биомассе промысловой части запаса (А) и стандартизованный улов на единицу промыслового усилия (В)  
Fig. 14. The dynamics of the stock indices: the trawl surveys data on the commercial stock biomass (А) and standardized catch per a unit of fishing effort (В)



– доля изъятия на 2020 г. определена в соответствии с зональным ПРП при  $B_{lim} = 6,29$  тыс. т,  $B_{tr} = 11,59$  тыс. т,  $F_{tr} = 13,8\%$ . Модельная траектория промыслового запаса северной креветки и зональное ПРП представлены на рис. 15. Видно, что в 2007–2008 гг. чрезмерная эксплуатация запаса привела к его падению ниже граничного ориентира  $B_{lim}$ . В 2009–2012 гг. происходило восстановление запаса до уровня целевого ориентира  $B_{tr}$ . В 2012–2017 гг. запас северной креветки находился в зоне безопасной эксплуатации. В 2018 г. наблюдалось незначительное снижение промыслового запаса ниже целевого ориентира.

В качестве стартовых значений для прогноза использовались модельные оценки состояния запаса на начало терминального года. По модельным уравнениям оценивалась величина запаса на два года вперед. В итоге мы получили плотности распределения прогнозных оценок промысловой биомассы и возможного вылова северной креветки на 2020 г. по трем моделям. Характеристики этих распределений приведены в таблице 7. Как видно,

прогнозные медианные оценки запаса и возможного вылова довольно близки по всем моделям. Вероятность того, что биомасса промыслового запаса в 2020 г. упадет ниже целевого ориентира  $B_{tr}$ , по продукционной модели оценивается в 24%, по модели «Синтез» — 4,9%, по модели CSA — 5,6%. Риск того, что биомасса промыслового запаса в 2020 г. окажется ниже граничного ориентира  $B_{lim}$  по продукционной модели оценивается в 3%, по моделям «Синтез» и CSA — 0%. Результаты моделирования подтверждают данные прямых наблюдений о хорошем состоянии запаса северной креветки у Юго-Западной Камчатки в последние годы и говорят о том, что рекомендуемая величина вылова этого ценного вида биоресурсов может быть увеличена.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При некоторых предположениях относительно закона роста методом расщепления смеси распределений был определен возрастной состав северной креветки по ее размерной структуре. Приме-

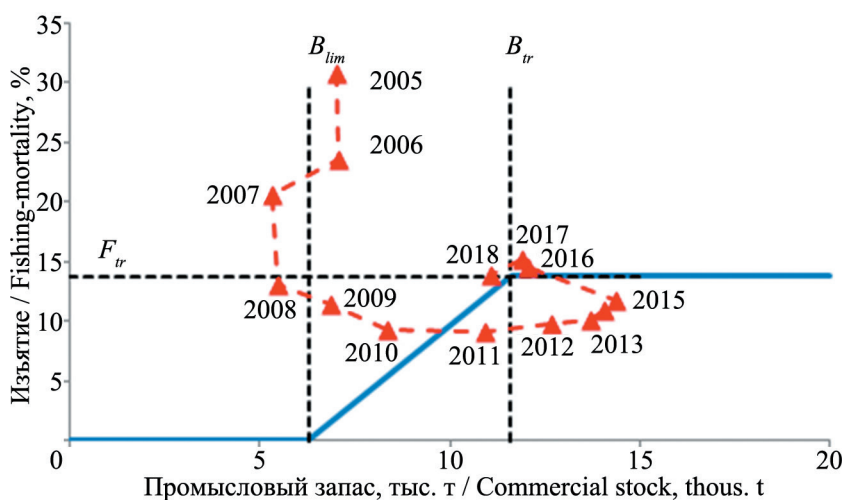


Рис. 15. Зональное ПРП, ретроспективная динамика промысловой биомассы и доли изъятия по когортной модели  
Fig. 15. The zonal harvest control rule (HCR) and the retrospective dynamics of the commercial biomass in the cohort model

Таблица 7. Статистические характеристики оценок промысловой биомассы северной креветки на 2020 г.  
Table 7. Statistical characteristics of the estimates of commercial biomass of north shrimp for 2020

	5%	25%	50%	75%	95%	Mean	SE
Продукционная модель Шефера / Schaefer's production model							
FSB, тыс. т (thous. t)	7,667	11,661	14,24	17,087	21,535	14,34	4,222
Возможный вылов, тыс. т Possible catch, thous. t	0,275	1,609	1,965	2,358	2,972	1,873	0,751
Когортная модель «Синтез» / Cohort model "Synthesis"							
FSB, тыс. т (thous. t)	11,653	13,610	15,196	16,810	19,563	15,330	2,406
Возможный вылов, тыс. т Possible catch, thous. t	1,608	1,879	2,097	2,319	2,700	2,106	0,356
Модель динамики функциональных групп / Model of CSA functional groups dynamics							
FSB, тыс. т (thous. t)	11,47	13,33	14,81	16,27	19,28	14,97	2,38
Возможный вылов, тыс. т Possible catch, thous. t	1,545	1,839	2,044	2,245	2,661	2,053	0,356

нение байесовского информационного критерия показало, что число основных (по численности) возрастных групп в исследованных размерных рядах северной креветки равно 7.

Определены средняя длина, средняя масса и доля особей промыслового размера северной креветки по возрастным группам. Результаты говорят о том, что для оценки состояния запаса северной креветки у Юго-Западной Камчатки целесообразным является применение модели CSA на весенних данных о размерной структуре.

Оценено текущее состояние запаса северной креветки у Юго-Западной Камчатки. На основе полученных ретроспективных оценок выполнен вероятностный прогноз состояния запаса и возможного вылова на 2020 г. Результаты моделирования подтверждают данные прямых наблюдений о хорошем состоянии запаса северной креветки у Юго-Западной Камчатки в последние годы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО. 192 с.
- Базара М., Шетти К. 1982. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. М.: Мир. 583 с.
- Баканев С.В. 2016. Методы оценки ориентиров управления запасом камчатского краба в Баренцевом море // Тр. ВНИРО. Т. 161. С. 16–26.
- Бронеvский А.М., Саханов Э.И. 1991. Метод разделения смеси распределений в исследовании популяции животных. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 18 с. Деп. в ВИНТИ. № 4866-B91.
- Буяновский А.И. 2012. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. М.: ВНИРО. 222 с.
- Иванов Б.Г. 2004. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 2. Метод. пособие по промыслово-биологическим исследованиям морских креветок (съемки запасов и полевые анализы). М.: ВНИРО. 110 с.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2015. Об одном модельном подходе к оценке состояния запасов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 38–47.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2018. К оценке состояния запасов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 50. С. 27–33.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Тр. ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.
- Максименко В.П., Лысенко В.Н. 2002. Оценка промыслового запаса и возможного вылова синего краба северо-восточной части Охотского моря методом виртуально-популяционного анализа // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 6. С. 131–134.
- Михайлова О.Г., Гайдаев В.Э. 2013. Новые данные о возрасте северной креветки *Pandalus borealis* у берегов Юго-Западной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 174. С. 173–181.
- Михеев А.А. 2011. Возрастная детерминация размерного состава улова на основе разделения смеси вероятностных распределений // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 22. С. 79–92.
- Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. 2006. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 114 с.
- Соколов В.И. 1999. Мировой промысел креветок. Перспективы России // Рыбное хозяйство. № 6. С. 24–27.
- Basson M., Rosenberg A., Beddington J.R. 1988. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length-frequency data // J. Cons. Int. Explor. Mer. Vol. 44. P. 277–285.
- Bertalanffy L. von. 1938. A Quantitative Theory Of Organic Growth // Human Biology. Vol. 10. № 1. P. 181–213.
- Bhattacharya C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. Biometrics. Vol. 23. P. 115–135.
- Collie J.S., Kruse G.H. 1998. Estimating king crab (*Paralithodes camtschaticus*) abundance from commercial catch and research survey data. In: Jamieson G.S., Campbell A. (Eds.), Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. Vol. 125. P. 73–83.

- Collie J.S., Sissenwine M.P. 1983. Estimating population size from relative abundance data measured with error. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 40. P. 1871–1879.
- Doubleday W.G. 1976. A Least Squares Approach to analyzing catch at age data // *ICNAF, Res. Bull.* № 12. P. 69–81.
- Fletcher R.I. 1978. Time-dependent solutions and efficient parameters for stock production models // *U.S. Fish Bull.* Vol. 76. P. 377–388.
- Gayanilo F.C., Jr., Sparre P., Pauly D. 2005. FAO-ICLARM stock assessment tools II. User's guide. Computerized Information Series. Fisheries. № 8. Rome: FAO. 168 p.
- Harding J.P. 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions // *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* Vol. 28. № 1. P. 141–153.
- Koeller P., Fuentes-Yaco C., Covey M., King M. 2011. The last traffic light on the Scotian Shelf: shrimp 2009–2010 / Research document (Canadian Science Advisory Secretariat). 2011/061. 84 p.
- McCullagh P., Nelder J.A. 1989. Generalized Linear Models. 2nd Edition, Chapman and Hall, London. 532 p.
- Prager M.H. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model. *Fishery Bulletin.* № 92. P. 374–389.
- Reference points for fisheries management: their potential application to straddling and highly migratory resources. 1993. FAO Fish. Circ. 864. 52 p.
- Report of the workshop to finalize the ICES data-limited stock (DLS) methodologies documentation in an operational form for the 2013 advice season and to make recommendations on target categories for data limited stocks (WKLIFE2). 2012. ICES CM 2012/ACOM:79.
- Schaefer M.B. 1954. Some aspects of dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries // *Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* Vol. 1. P. 27–56.
- Schaefer M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean // *Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* Vol. 2. P. 247–268.
- Schnute J., Fournier D. 1980. A new approach to length frequency analysis: growth structure // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 37. P. 1337–1351.
- Shepherd J.G. 1987. A weakly parametric method for the analysis of length composition data / Length-based methods in fisheries research. Manila, Philippines; Safat, Kuwait: ICLARM; KISR. P. 113–120.
- Tanaka E., Tanaka S. 1990. A method for estimating age-composition from length-frequency by using stochastic growth equation // *Nippon Suisan Gakkaishi.* Vol. 56 (8). P. 1209–1218.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Zheng J., Kruse J.H., Murphy M.C. 1998. A length-based approach to estimate population abundance of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, in Bristol Bay, Alaska // In: *Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management.* Edited by G.S. Jamieson and A. Campbell. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 125. P. 97–105.

## REFERENCES

- Babayan V.K. *Predostorozhnyj podhod k ocenke obshchego dopustimogo ulova (ODU): Analiz i rekomendacii po primeneniyu* [Precautionary approach to assessment of total allowable catch (TAC): Analysis and practical recommendations]. Moscow: VNIRO, 2000, 192 p.
- Bazara M., Shetti K. *Nelinejnoe programmirovaniye. Teorija i algoritmy* [Nonlinear Programming. Theory and Algorithms]. Moscow: Mir, 1982, 583 p.
- Bakanev S.V. Estimation methods for biological reference points of king crab stock in the Barents Sea. *Trudy VNIRO*, 2016, vol. 161, pp.16–26. (In Russian)
- Bronevskiy A.M., Sakhapov E.I. *Metod razdeleniya smesi raspredeleniy v issledovanii populyatsii zhivotnykh* [A method of separating a mixture of distributions in an animal population study]. Vladivostok: IBM DVO RAN, 1991, 18 s. Dep. in VINITI. № 4866-V91.
- Buyanovsky A.I. *Prognoz potentsial'nogo vylova pribrezhnykh bespozvonochnykh pri zatrudnenii s otsenкой zapasa* [Forecast of potential catch for coastal invertebrates: data-poor cases]. Moscow: VNIRO, 2012, 222 p.
- Ivanov B.G. *Izucheniye ekosistem rybokhozyaystvennykh vodoyemov, sbor i obrabotka dannykh o vodnykh biologicheskikh resursakh, tekhnika i tekhnologiya ikh dobychi i pererabotki. Vyp. 2. Metod. posobiye po promyslovo-biologicheskim issledovaniyam morskikh krevetok (s'yemki zapasov i polevyye analizy)* [Studying ecosystems of fishery water bodies, collecting and processing data on aquatic biological resources, equipment and technology for their extraction and processing. Issue 2. The method. manual for com-

- mercial and biological research of sea shrimp (stock surveys and field analyzes)]. Moscow: VNIRO, 2004, 110 p.
- Ilyin O.I., Ivanov P.Y. On one model approach to stock assessment for red king crab *Paralithodes camtschaticus* on the shelf of West Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 182, pp. 38–47. (In Russian with English abstract)
- Ilyin O.I., Ivanov P.Y. To the stock abundance assessment of tanner crab in the Kamchatka-Kurile subzone. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2018, vol. 50, pp. 27–33. (In Russian with English abstract)
- Ilin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I. East-Kamchatka Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) stock and TAC assessment based on the precautionary approach. *Trudy VNIRO*, 2014, vol. 151, pp. 62–74. (In Russian)
- Maksimenko V.P., Lysenko V.N. Virtual-population analytic assessments of fishery stock abundance and possible landings of blue crab in the north-east part of the Sea of Okhotsk. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 6, pp. 131–134. (In Russian)
- Mikhailova O.G., Gaydaev V.E. New data on age of northern shrimp *Pandalus borealis* at the southwest coast of Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2013, vol. 175, pp. 173–181. (In Russian with English abstract)
- Mikheyev A.A. Age recognition in catch-at-size composition base on mixture separation of probability distributions. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2011, vol. 22, pp. 79–92. (In Russian)
- Nizyaev S.A., Bukin S.D., Klitin A.K., Perveeva E.R., Abramova E.V., Krutchenko A.A. *Posobie po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morej Rossii* [Manual to study commercial crustaceans from the Far East seas of Russia]. Yuzhno-Sahalinsk: Sakh-NIRO, 2006, 114 p.
- Sokolov V.I. World shrimp fishing. Prospects for Russia. *Rybnoe hozyajstvo*, 1999, no. 6, pp. 24–27. (In Russian)
- Basson M., Rosenberg A., Beddington J.R. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length-frequency data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 1988, vol. 44, pp. 277–285.
- Bertalanffy L. von. A Quantitative Theory of Organic Growth. *Human Biology*, 1938, vol. 10, no. 1, pp. 181–213.
- Bhattacharya C.G. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 1967, vol. 23, pp. 115–135.
- Collie J.S., Kruse G.H. Estimating king crab (*Paralithodes camtschaticus*) abundance from commercial catch and research survey data. In: Jamieson G.S., Campbell A. (Eds.), *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, vol. 125, pp. 73–83.
- Collie J.S., Sissenwine M.P. Estimating population size from relative abundance data measured with error. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1983, vol. 40, pp. 1871–1879.
- Doubleday W.G. A Least Squares Approach to analyzing catch at age data. *ICNAF, Res. Bull.*, 1976, no. 12, pp. 69–81.
- Fletcher R.I. Time-dependent solutions and efficient parameters for stock production models. *U.S. Fish Bull*, 1978, vol. 76, pp. 377–388.
- Gayanilo F.C., Jr., Sparre P., Pauly D. FAO-ICLARM stock assessment tools II. User's guide. Computerized Information Series. Fisheries, 2005, no. 8. Rome: FAO. 168 p.
- Harding J.P. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 1949, vol. 28, no. 1, pp. 141–153.
- Koeller P., Fuentes-Yaco C., Covey M., King M. The last traffic light on the Scotian Shelf: shrimp 2009–2010 / Research document (Canadian Science Advisory Secretariat). 2011/061. 84 p.
- McCullagh P., Nelder J.A. Generalized Linear Models. 2nd Edition, Chapman and Hall, London, 1989, 532 p.
- Prager M.H. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model. *Fishery Bulletin*, 1994, № 92, pp. 374–389.
- Reference points for fisheries management: their potential application to straddling and highly migratory resources. 1993. FAO Fish. Circ. 864. 52 p.
- Report of the workshop to finalize the ICES data-limited stock (DLS) methodologies documentation in an operational form for the 2013 advice season and to make recommendations on target categories for data limited stocks (WKLIFE2). 2012. ICES CM 2012/ACOM:79.
- Schaefer M.B. Some aspects of dynamics of populations important to the management of commercial



- marine fisheries. *Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1954, vol. 1, pp. 27–56.
- Schaefer M.B. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1957, vol. 2. P. 247–268.
- Schnute J., Fournier D. A new approach to length frequency analysis: growth structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1980, vol. 37, pp. 1337–1351.
- Shepherd J.G. A weakly parametric method for the analysis of length composition data / Length-based methods in fisheries research. Manila, Philippines; Safat, Kuwait: ICLARM; KISR, 1987, pp. 113–120.
- Tanaka E., Tanaka S. A method for estimating age-composition from length-frequency by using stochastic growth equation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1990, vol. 56 (8), pp. 1209–1218.
- Vasilets P.M. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Zheng J., Kruse J.H., Murphy M.C. A length-based approach to estimate population abundance of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, in Bristol Bay, Alaska. In: Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Edited by G.S. Jamieson and A. Campbell. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, vol. 125, pp. 97–105.

УДК 639.29

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.92-106

## ПРОМЫСЕЛ СИНЕГО КРАБА В ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОЙ ПОДЗОНЕ ОХОТСКОГО МОРЯ В 2013–2018 ГГ.

Э.Р. Шагинян



Вед. н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18  
Тел.: 8 (4152) 42-38-62. E-mail: shaginyan.e.r.@kamniro.ru

ЗАПАДНО-КАМЧАТСКАЯ ПОДЗОНА, СИНИЙ КРАБ, САМЦЫ, ПРОМЫСЕЛ, УЛОВ НА ЛОВУШКУ, РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

На основе имеющихся материалов проведен анализ промысла синего краба. Дана оценка состояния запаса синего краба Западно-Камчатской подзоны. Рассмотрен характер сезонного распределения промысловых самцов и оконтурены участки максимальных скоплений краба. Определены периоды наиболее эффективного промысла. Данные, полученные при мониторинге промысла, использованы для рассмотрения качественного состава уловов, оценки величины на усилие. Рассмотрено размерно-частотное распределение самцов синего краба в сравнительном аспекте с данными предыдущих лет.

## FISHERY OF BLUE KING CRAB IN THE WEST-KAMCHATKA SUBZONE OF THE SEA OF OKHOTSK IN 2013–2018

Eduard R. Shaginyan

Leading Scientist; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18  
Tel.: +7 (4152) 42-38-62. E-mail: shaginyan.e.r.@kamniro.ru

WEST-KAMCHATKA SUBZONE, BLUE KING CRAB, MALES, FISHERY, CATCH PER TRAP, SIZE COMPOSITION, FUNCTIONAL GROUPS, DISTRIBUTION

Analysis of the fishery of blue king crab is provided based on collected data. State of blue king crab stock abundance in the West-Kamchatka subzone is evaluated. Character of seasonal distribution of commercial males is analyzed, and plots of the maximum dense aggregations of the crab and periods of the most efficient fishing are figured out. The data obtained in the course of commercial fishery monitoring are used for the quality analysis of the catch composition and evaluation of the CPUE. Size-frequency distribution of blue king crab males is analyzed comparing to the data pools of previous years.

В дальневосточных морях России обитает большое количество промысловых видов крабов, но лишь несколько из них имеют важное значение и являются объектами специализированного лова. К их числу относится синий краб *Paralithodes platypus* (сем. Lithodidae). Являясь субарктическо-бореальным видом (Виноградов, 1946, 1947), этот вид краба встречается от Японского до Чукотского морей (Иванов, 1955; Иванов, Стрелков, 1949; Макаров, 1941; Виноградов, 1946, 1950; Слизкин, 1972, 1974; Слизкин, Сафронов, 2000; Ушаков, 1952), но наиболее многочисленная популяция синего краба обитает в относительно холодных водах северо-восточной части Охотского моря, прилегающих к зал. Шелихова.

О распределении и особенностях биологии синего краба Охотского моря до недавнего времени в литературе упоминалось очень кратко, главным образом из-за редких экспедиций, невысокой численности популяции и значительно меньшего промыслового значения по сравнению с камчатским крабом (Букин и др., 1988; Мясоедов, Низяев, 1988).

В небольших количествах он добывался как прилов в местах традиционного промысла камчатского краба, главным образом в Хайрюзовском районе Западной Камчатки.

С появлением в 1992 г. на промысле судов, оснащенных тяжелыми прямоугольными ловушками американского образца, начинаются промышленное освоение запасов синего краба и регулярные исследования данного объекта (Долженков и др., 1996).

Уже к концу 1990-х – началу 2000-х гг. синий краб становится одним из важнейших объектов крабового промысла в дальневосточных морях России (Шагинян, 2014). Вместе с тем публикаций о современном состоянии промысла синего краба в северо-восточной части Охотского моря, его особенностях в зависимости от сезона года крайне недостаточно. Немногочисленные исследования были посвящены, главным образом, анализу распределения краба, рассмотрению размерной структуры самцов и соотношения в уловах функциональ-

ных групп синего краба по материалам научно-исследовательских работ (Шагинян, 2014, 2016).

Вопросы, касающиеся характера распределения скоплений по данным промысловых уловов и сезонного распределения промысловых усилий, что может представлять интерес для рационального ведения промысла, не рассматривались.

К настоящему времени накоплен достаточный объем данных, позволяющих проведение ретроспективного анализа промысла синего краба в северо-восточной части Охотского моря в сезонном и межгодовом аспектах, что и явилось целью настоящей работы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Район обитания синего краба в северо-восточной части Охотского моря характеризуется сложным рельефом дна и крайне задебрированными грунтами (поселения гидроидов, балянуса). Это значительно осложняет проведение исследований при помощи донного трала, как это осуществляется на Западной Камчатке по шельфовым видам крабов, и не позволяет получать адекватные данные по основным биолого-промысловым показателям синего краба.

В связи с этим основным источником биологической и промысловой информации по синему крабу являются данные ловушечных уловов. Наиболее полные сведения о состоянии популяции этого вида краба были получены в 2013–2015 и 2017 гг. (рис. 1). В эти годы учетные съемки проводились на судах ООО «Феникс» и ООО «Антей» (СКЯМ «Сивинд», СКЯМ «Одиссей-1», СРТМ «Спарта», РС «Асача») на акватории, ограничен-

ной координатами  $57^{\circ}45'–59^{\circ}46'$  с. ш.,  $155^{\circ}00'–157^{\circ}31'$  в. д. на изобатах 90–430 м.

Особая ценность этих съемок заключалась в их скоротечности (выполнение одновременно с двух судов), сроках проведения (за редким исключением, работы проводились до начала онтогенетических миграций в зону мелководья, когда плотность скоплений значительно снижается ввиду рассредоточения краба по обширной зоне мелководья), единой схеме станций, судов, орудий лова.

Кроме того, в работе использованы данные учетных работ предыдущих лет, собранные в северо-восточной части Охотского моря, в границах Западно-Камчатской подзоны (табл. 1).

По причинам организационного характера не удалось провести подобные исследования в 2016 и 2018 гг. Тем не менее определенный блок биостатистической информации по синему крабу был получен при ведении промысла камчатского краба в Западно-Камчатской подзоне в осенний период.

Лов краба осуществлялся стандартными конусными ловушками японского образца, объединенными в порядки по 40 шт. при выполнении учетных работ и по 150–240 — при ведении промышленного лова.

Для анализа качественного состава уловов, размерного ряда самцов синего краба и показателей уловов на усилие использованы данные, полученные с промысла в разные годы от научных наблюдателей ФГБНУ «КамчатНИРО».

Сбор и обработка данных проводились по общепринятым гидробиологическим методам (Родин и др., 1979; Низяев и др., 2006), а построение

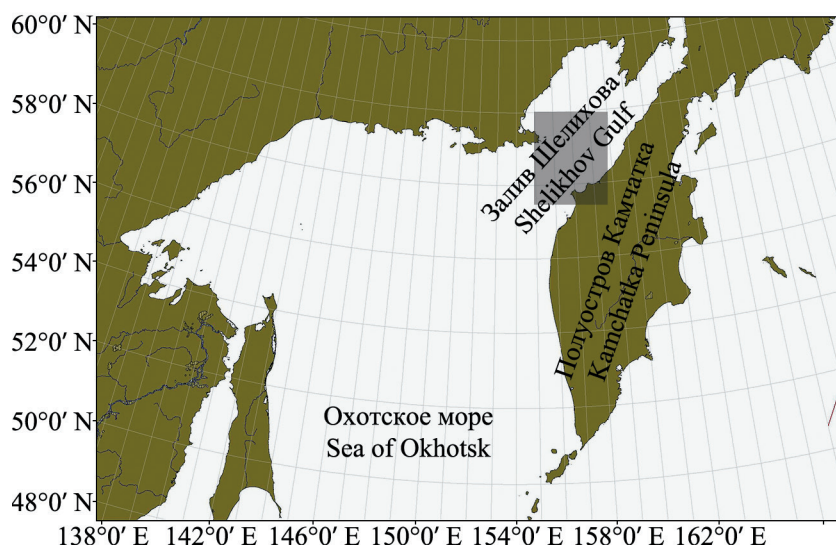


Рис. 1. Карта-схема района учетной съемки по синему крабу в Западно-Камчатской подзоне в 2013–2015 (А) и 2017 гг. (Б)

Fig. 1. The schematic map of the area of blue king crab survey in the West-Kamchatka subzone in 2013–2015 (A) and 2017 (B)

карт распределения уловов — с использованием программы «КартМастер» 4.2, в основе которой лежит метод сплайн-аппроксимации плотности запаса (Бизиков и др., 2006).

Анализ промысла проводили, используя данные судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинг «Рыболовство» (ОСМ) (Vasilets, 2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В северо-восточной части Охотского моря синий краб обитает в широком диапазоне глубин — от прибрежного мелководья до глубин 400–500 м, а

его распределение подчинено определенной закономерности.

В осенне-зимний период краб концентрируется в глубоководном каньоне, прилегающем к зал. Шелихова, или на его восточных склонах (Лысенко, 2001) (рис. 2). По данным мониторинга промышленного лова, в отдельные годы уловы только промысловых самцов здесь достигали 28 экз./ловушку.

Используя данные по суточному вылову синего краба за первые два месяца года, когда добыча ведется с максимальной интенсивностью, были построены карты распределения плотности скоплений в январе–феврале 2013–2018 гг. (рис. 3).

Таблица 1. Период работ и объем собранного материала по синему крабу Западно-Камчатской подзоны в 2009–2017 гг.  
Table 1. The working periods and the number of the blue king crabs measured in the West-Kamchatka subzone in 2009–2017

Год Year	Судно Vessel	Период работ Working period	Кол-во контрольных станций Number of control stations	Кол-во измерений, экз. Number of measured crabs
2009	НИС «Аметист» R/V “Ametist”	23.04–27.05	70	8570
2010	НИС «Аметист» R/V “Ametist”	08.05–15.05	24	3355
2011	СТР «Зуйково» STR “Zuykovo”	22.09–14.10 01.11–16.11	86	4004
2012	СТР «Дежнево» STR “Dezhnevo”	16.04–15.05	86	15 358
2013	СКЯМ «Сивинд», СКЯМ «Одиссей-1» SKYaM “Seawind” SKYaM “Odyssey-1”	28.04–07.05	99	8362
2014	СКЯМ «Сивинд», СКЯМ «Одиссей-1» SKYaM “Seawind” SKYaM “Odyssey-1”	30.04–05.05	55	8432
2015	СКЯМ «Сивинд» СРТМ «Спарта» SKYaM “Seawind” SRTM “Sparta”	12.04–30.04 01.05–10.06	145	28 902
2017	СРТМ «Угулан» РС «Асача» SRTM “Ulugan” RS “Asacha”	19.04–25.04	57	8257

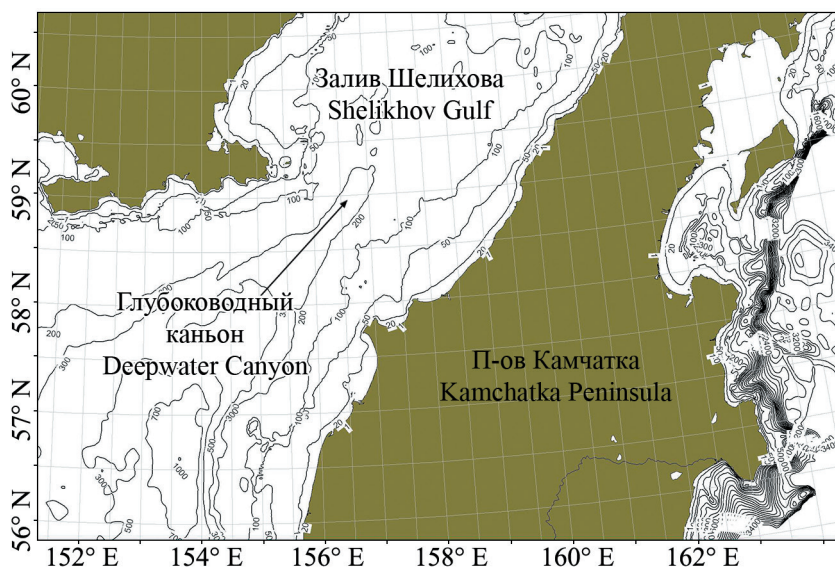


Рис. 2. Батиметрическая характеристика северо-восточной части Охотского моря  
Fig. 2. The bathymetric characteristics of the northeastern part of the Sea of Okhotsk



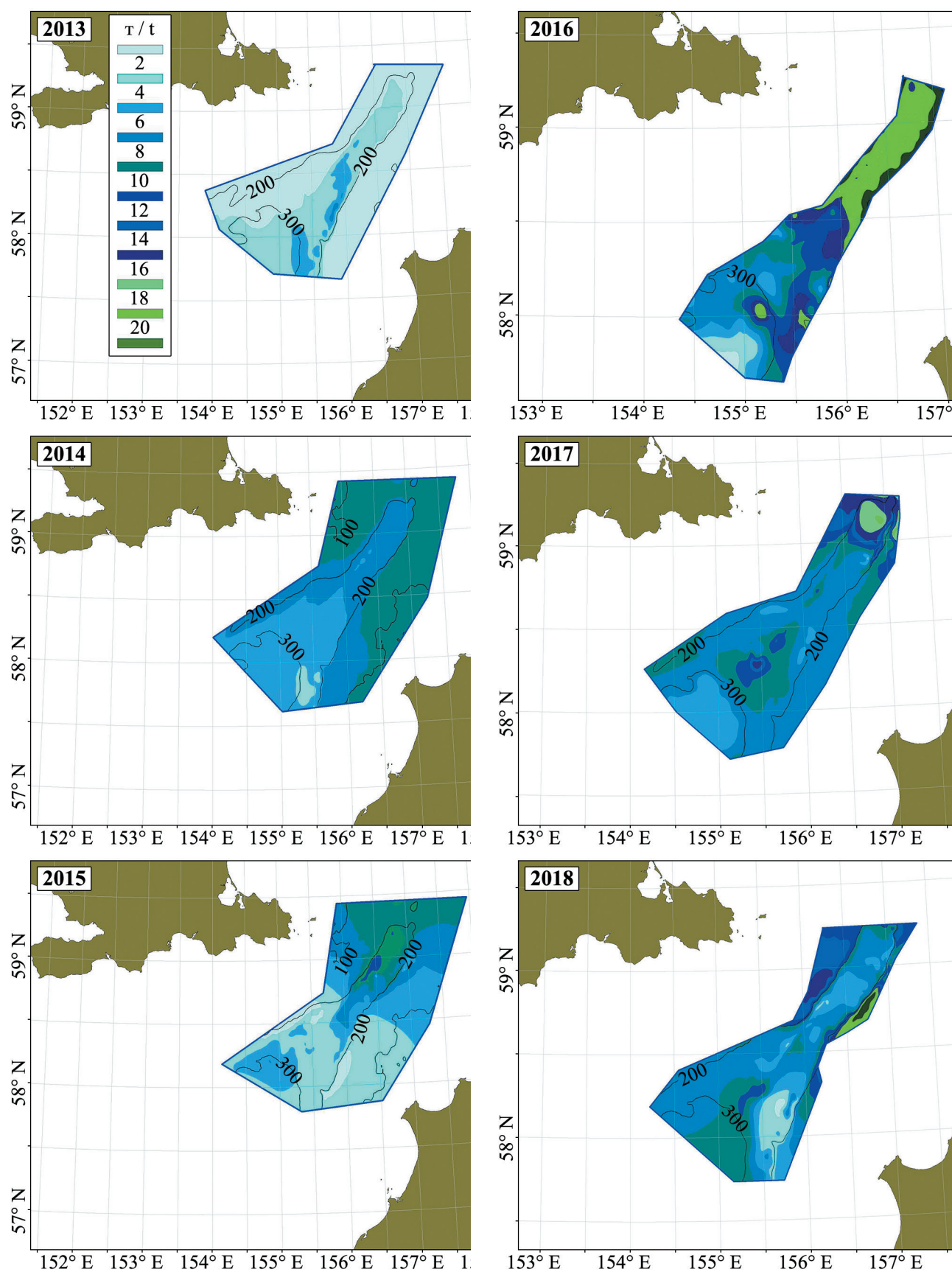


Рис. 3. Распределение плотности скоплений промысловых самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне в январе–феврале 2013–2018 гг.  
Fig. 3. The density distribution of the aggregations of blue king crab commercial males in the West-Kamchatka subzone in January–February 2013–2018

В весенне-летний период синий краб мигрирует в зону мелководья для участия в процессах воспроизводства и нагула, что влечет за собой заметные изменения в характере распределения его ско-

плений. В отличие от зимнего сезона, наиболее плотные скопления промысловых самцов концентрируются за пределами каньона на изобатах 100–200 м (рис. 4, 5). Поэтому при организации про-

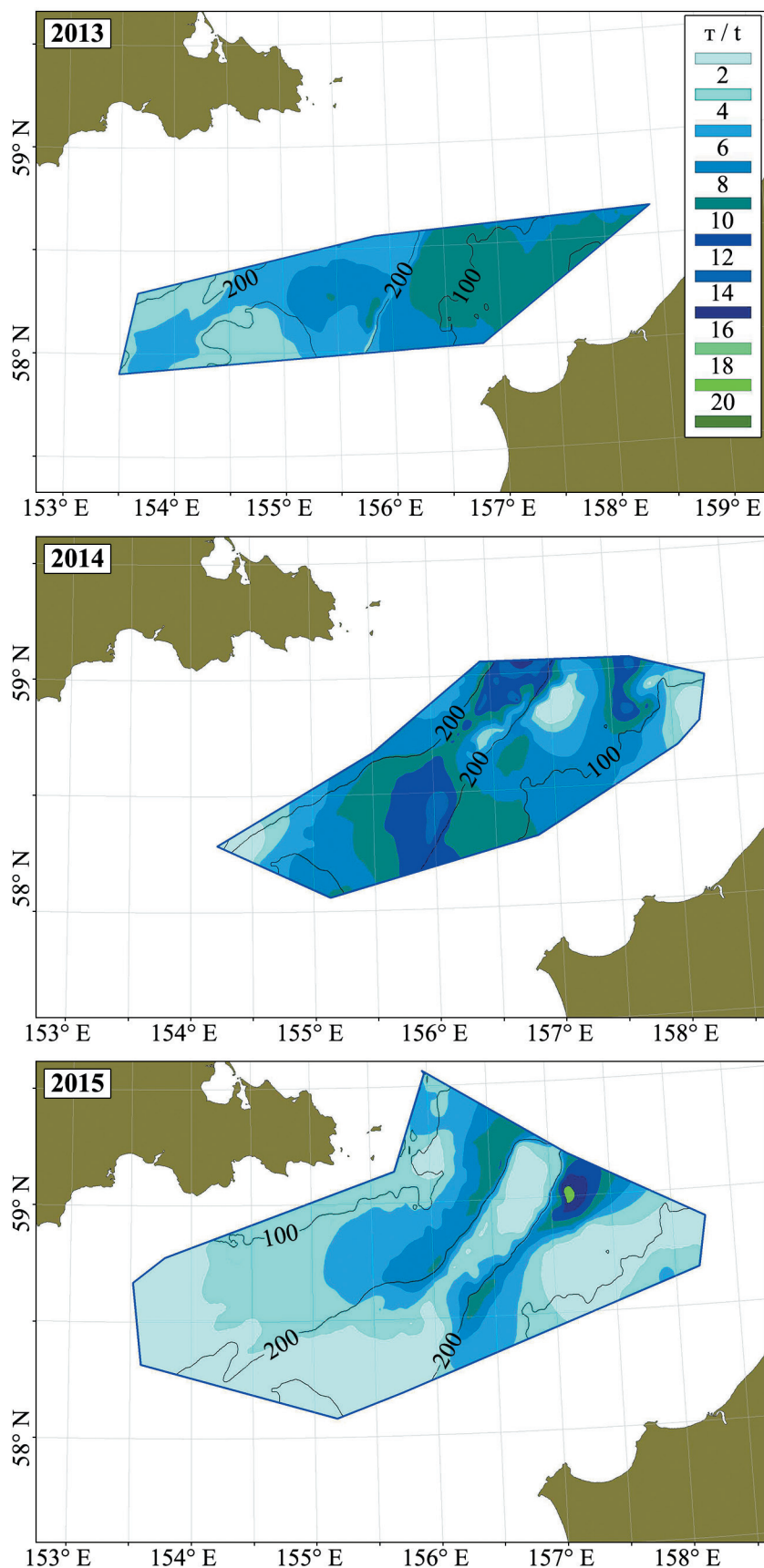


Рис. 4. Распределение плотности скоплений промысловых самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне в мае–июне 2013–2015 гг.

Fig. 4. The density distribution of the aggregations of blue king crab commercial males in the West-Kamchatka subzone in May–June 2013–2015

мысловой деятельности в мае–июне данный факт необходимо учитывать. Осенью синий краб совершает обратную миграцию на зимовку в каньон.

В настоящее время этот вид краба очень востребован промысловиками Дальневосточного рыбопромыслового района. За последнее десятилетие

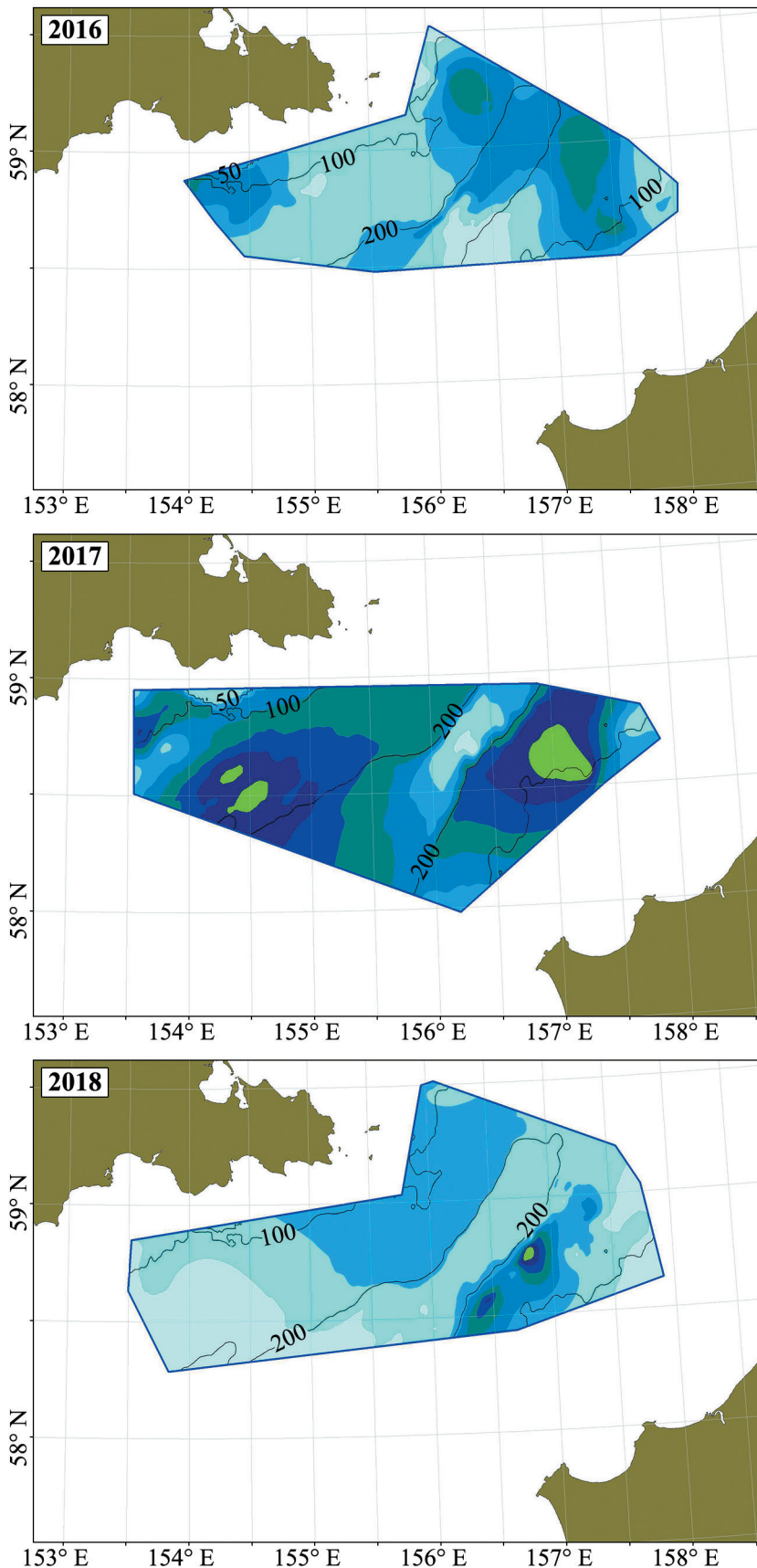


Рис. 5. Распределение плотности скоплений промысловых самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне в мае–июне 2016–2018 гг.

Fig. 5. The density distribution of the aggregations of blue king crab commercial males in the West-Kamchatka subzone in May–June 2016–2018

освоение запасов синего краба осуществляет большое количество пользователей — от 17 до 28 (табл. 2).

Начальный этап освоения запаса синего краба совпал с периодом резкого падения численности камчатского краба Западной Камчатки. Исследованиями установлено (Лысенко, 2001; Лысенко и др., 2001; Шагинян, 2011), что на севере Западно-Камчатской подзоны (преимущественно в Хайрюзовском районе) синий и камчатский крабы обитают совместно, причем прилов камчатского краба при промысле синего может достигать значительных величин, сопоставимых со специализированным промыслом.

С учетом того, что северная часть Западно-Камчатской подзоны (Хайрюзовский и Северный Запретный районы) является центром воспроизводства западнокамчатской популяции камчатского краба, были подготовлены соответствующие рекомендации для снижения воздействия промысла синего краба на состояние запасов камчатского краба.

По приказу Госкомрыболовства № 277, в 2008 г. был введен запрет на промышленный лов синего краба в Западно-Камчатской подзоне к югу 57°40' с. ш., законодательно закрепленный в действующих Правилах рыболовства. В последующие годы ограничения промышленного лова синего краба в указанной подзоне были обусловлены исключительно мерами административного характера. Так, с 7 июня 2009 г. по приказу Федерального агентства по рыболовству (далее — Росрыболовство) № 290 был введен запрет на промышленный лов синего краба. То же было осуществлено и в 2010 г. (приказ Росрыболовства № 1 от 12 февраля). В 2011 г. промышленный лов синего краба был ограничен I кварталом года (приказ ФАР № 61 от 01 февраля).

Безусловно, введение в 2009–2011 гг. ограничительных мер на промышленный лов синего краба существенно отразилось на общем вылове данного объекта, оказавшемся самым низким за последнее десятилетие.

С 2012 г. действует установленная норма минимального суточного объема вылова краба на одно среднетоннажное судно. Данная мера была направлена для предотвращения необоснованного нахождения судов в районе промысла. Целесообразность ее введения отчетливо показали результаты промысла синего краба в 2012 г., когда за первые 1,5 месяца было выловлено 54,3% общего допустимого улова (ОДУ).

В результате работ 2013 г. были обнаружены плотные скопления синего краба в водах, прилегающих к зал. Шелихова и в самом заливе. На основании новых данных были внесены изменения в общий допустимый улов (ОДУ) синего краба. Согласно приказу ФАР № 396 от 29 октября 2013 г., ОДУ был увеличен на 2,05 тыс. т до уровня 4,5 тыс. т. Общий вылов в путину 2013 г. в подзоне составил 4,343 тыс. т, а степень освоения ОДУ — 96,5%.

В путину 2014 г. было добыто 4,238 тыс. т, или 98,6% ОДУ, в 2015–2016 гг. общий вылов составил 3,497 и 3,449 тыс. т, а ОДУ освоен на 98,4 и 98,3% соответственно. Еще более эффективно прошла путина 2017 г., когда допустимый улов синего краба был освоен на 99,1%.

Высокие темпы освоения запаса синего краба сохранились и в промысловый сезон 2018 г. В первом полугодии добыто 3,638 тыс. т краба (92,1% от рекомендованного улова), а на конец года общий вылов составил 3,915 тыс. т, ОДУ освоен на 99,2%, что является самым высоким показателем за последнее десятилетие. Данные по вылову краба и степени освоения ОДУ, в межгодовом аспекте, приведены в таблице 3.

Таблица 2. Характеристика промысла синего краба Западно-Камчатской подзоны в 2009–2018 гг.  
Table 2. Characteristics of the fishery of blue king crab in the West-Kamchatka subzone in 2009–2018

Год Year	Кол-во пользователей Number of users	Кол-во судов на промысле Number of fishing vessels	С/с лова Boat days of fishing	Среднесуточный вылов, т Average daily catch, t
2009	19	24	748	1,597
2010	17	18	237	3,220
2011	24	24	441	3,730
2012	28	28	528	4,384
2013	28	30	584	7,435
2014	26	27	578	7,321
2015	18	23	465	4,515
2016	19	31	475	7,257
2017	19	28	431	8,847
2018	17	34	527	7,138



Как видно из данной таблицы, рекомендованные объемы вылова синего краба в Западно-Камчатской подзоне осваиваются практически в полном объеме.

С 2008 г. оценка численности синего краба осуществляется исключительно к северу 57°40' с. ш. В 2013 г. была проведена детальная учетная ловушечная съемка с охватом значительной по площади акватории. Результаты съемки позволили существенно увеличить ОДУ, что повлекло и значительное усиление промыслового пресса на популяцию.

Несмотря на это, численность синего краба, оцененная по результатам учетных съемок, находится в относительно стабильном состоянии (табл. 4).

Результаты учетных работ 2017 г. показали существенное снижение численности самцов всех функциональных групп и заметное увеличение численности самок, по сравнению с данными 2015 г. Причем численность промысловых самцов и пререкрутов I порядка снизилась на 3,871 и 3,294 млн экз. соответственно и примерно на столько же (3,384 млн экз.) увеличилась численность самок. Достаточно существенно (на 2,469 млн экз.) оказалась ниже численность пререкрутов II порядка. Возможно, это результат неполного учета самцов и, напротив, удачного охвата исследованиями скоплений самок.

Одной из причин такого положения может быть и временной фактор. Так, оценка численности краба в 2017 г. была осуществлена в период, когда ОДУ был освоен на 82,3%. К примеру, в 2014 г. оценка численности проводилась при 43%-м освоении рекомендованного объема вылова, а в 2015 г. — при 30%-м освоении ОДУ. Учитывая это, становится понятной такая вариабельность полученных результатов. Необходимо отметить, что в 2017 г. среднесуточный улов синего краба был максимальным за последнее десятилетие.

По данным более ранних исследований (Лысенко и др., 2001), численность только промысловых самцов составляла в 1999–2000 гг. 8,53 и 4,50 млн экз. на площади 24 500 и 27 400 км<sup>2</sup> соответственно.

Как видно из таблицы 5, максимальная за десятилетний период промысла синего краба величина среднесуточного улова отмечена в октябре 2016 г., она превышала показатель вылова в этот же период в другие годы в 1,3–10,2 раза. В целом, вариабельность среднегодового улова невысока: от 5,33 до 6,69 т/сутки. Данные за август–сентябрь отсутствуют по причине временного запрета на промысел, вызванного линькой краба.

Оптимальным периодом для промысла синего краба в северо-восточной части Охотского моря являются I, II и IV кварталы, когда краб макси-

Таблица 3. Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения синего краба в Западно-Камчатской подзоне  
Table 3. The interannual dynamics of the TAC of blue king crab, true catch and the percent of the TAC used in the West-Kamchatka subzone

Год / Year	ОДУ, тыс. т / TAC, thous. t	Вылов, тыс. т / Catch, thous. t	Освоение ОДУ, % / TAC used, %
2012	2,400	2,319	96,7
2013	4,500	4,343	96,5
2014	4,300	4,238	98,6
2015	3,555	3,497	98,4
2016	3,510	3,440	98,0
2017	3,850	3,817	99,1
2018	3,948	3,915	99,2

Таблица 4. Численность синего краба по данным учетных ловушечных съемок 2006–2017 гг., млн экз.  
Table 4. Stock abundance of blue king crab according to trap research data for 2006–2017, mln specs

Год / Year	Промысловые самцы / Commercial males	Пререкруты / Pre-reqruiats		Молодь / Young	Самки / Females	Площадь работ, км <sup>2</sup> / Working square, km <sup>2</sup>
		I порядка (120–129 мм) / Of the 1st order (120–129 mm)	II порядка (110–119 мм) / Of the 2nd order (110–119 mm)			
2006	9,019	2,367	1,983	3,301	3,472	15 940
2007	7,506	4,242	3,930	3,064	17,026	12 533
2008	6,850	4,242	5,070	7,729	—	16 642
2009*	5,432	3,351	3,045	1,905	—	10 170
2010	6,787	2,983	2,017	2,045	—	9812
2011	7,415	3,330	3,555	7,162	11,698	5300
2012	7,312	3,816	2,948	5,662	0,642	4870
2013	13,330	5,810	4,050	4,140	25,190	13 245
2014	12,506	5,533	3,657	4,128	24,989	15 656
2015	13,381	5,055	3,589	2,955	9,315	15 605
2017	9,510	1,761	1,120	1,420	12,699	17 881

\* С 2009 г. оценена численность синего краба к северу от 57°40' с. ш. / Since 2009, the abundance of blue king crab has been estimated to the North from 57°40' N

мально технологичен: внешние покровы чистые и твердые, наполнение конечностей мышечной тканью (мясом) колеблется в пределах 90–95%, высокая плотность скоплений промысловых самцов.

Кроме изменения границ плотных скоплений промысловых самцов в зимний и летний периоды, существенно изменяется межлиночное состояние самцов, имеющее важное промысловое значение. Динамика этого показателя в апреле–июле и ноябре представлена на рисунке 6.

Динамика среднесуточного вылова синего краба в январе–феврале за последнее десятилетие демонстрировала устойчивый рост до 2017 г. В 2018 г. этот показатель несколько снизился, но

продолжает оставаться на высоком уровне (рис. 7).

Для выявления изменений в популяции в последние годы, из-за существенного усиления промысловой нагрузки на нее, проведен анализ данных 2013–2017 гг. Выбор данного периода обусловлен тем, что в эти годы были осуществлены работы по сбору основных биолого-промысловых показателей синего краба в ходе мониторинга промышленного лова (табл. 6).

Данные за апрель и ноябрь 2013–2017 гг., как наиболее полные, показывают, что, несмотря на высокую интенсивность промысла, показатели лова краба оставались на стабильно высоком уровне.

Таблица 5. Среднесуточный улов (т) добывающих судов на промысле синего краба в 2009–2018 гг.  
Table 5. Daily average catch (t) by fishing vessels for the blue king crab fishery campaign for 2009–2018

Годы Years	Месяц / Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	10,38	2,68	–	4,29	5,23	6,53	2,17	–	–	1,21	2,84	3,72
2013	5,87	7,71	6,94	5,94	4,66	5,65	–	–	–	9,44	8,30	7,74
2014	5,18	4,67	4,97	8,28	10,72	7,54	5,16	–	–	7,24	6,88	–
2015	7,90	7,31	6,08	8,81	7,69	7,14	4,84	–	–	2,20	10,71	8,28
2016	7,67	3,18	–	8,05	6,43	5,91	5,30	–	–	12,32	8,01	7,03
2017	9,78	8,84	8,73	7,10	4,94	6,52	7,03	–	–	3,44	4,97	–
2018	8,66	6,64	6,99	4,62	4,79	4,74	6,03	–	–	6,31	3,53	–
Средне- годе- летний улов Long-term average catch	6,74	5,33	5,62	6,01	5,75	5,86	5,09	–	–	6,02	6,46	6,69

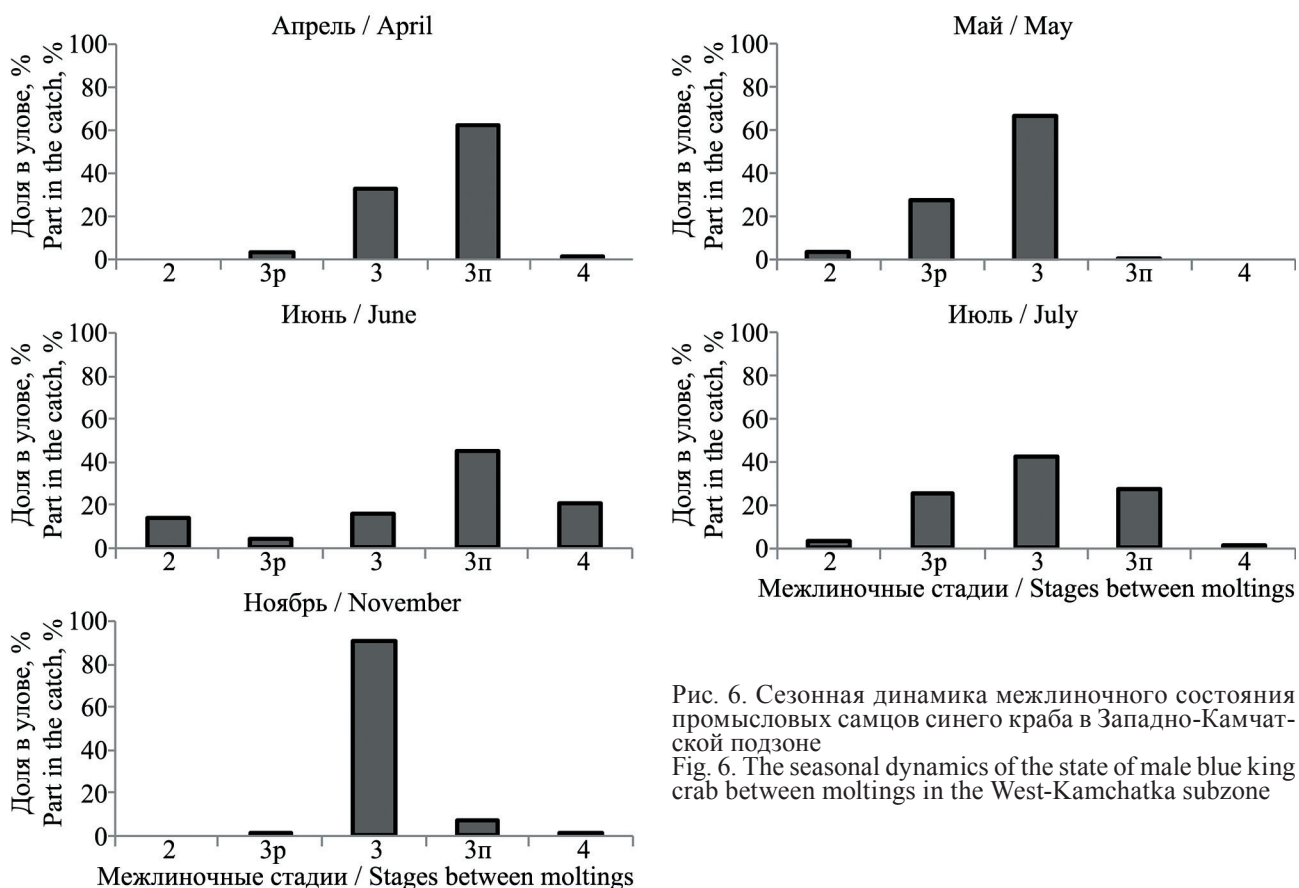


Рис. 6. Сезонная динамика межлиночного состояния промысловых самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне  
Fig. 6. The seasonal dynamics of the state of male blue king crab between moltings in the West-Kamchatka subzone

не, варьируя в пределах 5,1–19,0 экз./лов./сут (в среднем 9,4) и 6,7–8,8 экз./лов./сут (в среднем 7,8) соответственно.

Показателем состояния популяции и запаса в целом может служить соотношение в общем улове крабов различных функциональных групп: маломерных самцов, пререкрутов I и II порядков, промысловых особей. За последнее десятилетие эта биологическая характеристика претерпевала определенные колебания, но лидирующая роль самцов промыслового размера в общем улове оставалась неизменной (Шагинян, 2014, 2016) (рис. 8).

Исследования размерной структуры самцов показали, что размерно-частотное распределение достаточно изменчиво, но причины, вызывающие ее, обусловлены преимущественно биотическими факторами. Из представленных на рисунке 9 гистограмм размерного состава самцов видно, что достаточно высокая доля маломерных самцов (пополнения) в 2011–2012 гг. привела к заметному снижению в целом относительной численности крупных самцов размером 136–155 мм: с 39,5–42,0% в 2009–2010 гг. до 24,5–30,4% — в 2011–2012 гг. В последующие три года (2013–2015 гг.) относительная числен-

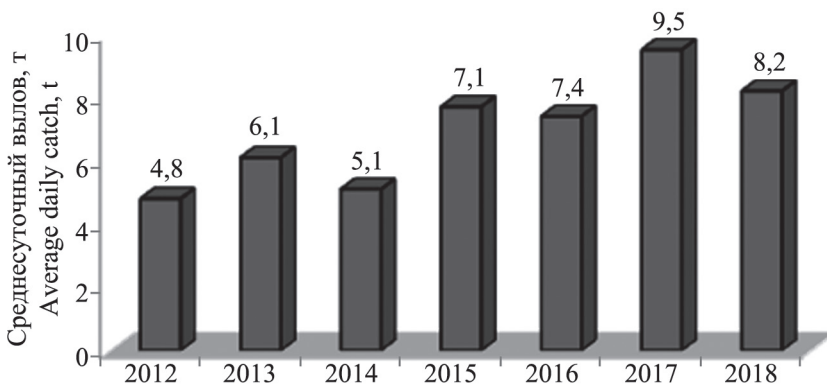


Рис. 7. Межгодовая динамика среднесуточного вылова синего краба в Западно-Камчатской подзоне  
Fig. 7. The interannual dynamics of the average daily catch of blue king crab in the West-Kamchatka subzone

Таблица 6. Показатели промышленного лова синего краба в Западно-Камчатской подзоне в 2013–2017 гг.  
Table 6. The indices of the blue king crab fishing catch in the West-Kamchatka subzone in 2013–2017

Судно Vessel	Период промысла Period of fishing	Улов/сут., экз. / Catch/day, specs		
		Промысловые самцы Commercial males	Пререкруты I Pre-recruits I	Пререкруты II Pre-recruits II
«Дежнево» / «Dezhnevo»	2013, апрель / April	9,2	5,7	4,1
«Сивинд» / «Seawind»	2013, май / May	8,7	3,7	2,7
«Камчатский лосось» «Kamchatskiy losos»	2013, ноябрь / November	8,7	1,7	1,0
«Камчатский лосось» «Kamchatskiy losos»	2014, апрель / April	5,1	2,3	2,3
«Одиссей-1», «Сивинд» «Odyssey-1», «Seawind»	2014, апрель / April	6,0	1,5	1,0
«Гефест» / «Gefest»	2014, ноябрь / November	6,7	2,8	3,4
«Сивинд» / «Seawind»	2015, апрель / April	10,6	2,5	1,4
	2015, май / May	8,0	2,5	1,6
	2015, июнь / June	9,2	3,5	2,5
«Спарта» / «Sparta»	2015, апрель / April	6,2	1,6	0,9
«Алаид» / «Alaid»	2016, ноябрь / November	6,9	1,8	1,4
«Орлан» / «Orlan»	2016, ноябрь / November	8,8	1,7	1,5
«Асача» / «Asacha»	2017, апрель / April	19,0	3,4	2,4



Рис. 8. Соотношение функциональных групп синего краба в Западно-Камчатской подзоне в 2009–2018 гг. (Шагинян, 2016, данные 2009–2015 гг. Дополнено данными 2016–2018 гг.)  
Fig. 8. The ratio between the functional groups of blue king crab in the West-Kamchatka subzone in 2009–2018 (Шагинян, 2016, data for 2009–2015. Completed by the data for 2016–2018)

ность крупноразмерных самцов в общем улове повысилась до 46,3–48,7%, а в 2017 г. составила более половины от общего количества самцов —

53,3%, что косвенно указывает на отсутствие негативных явлений в популяции, эксплуатируемой промыслом.

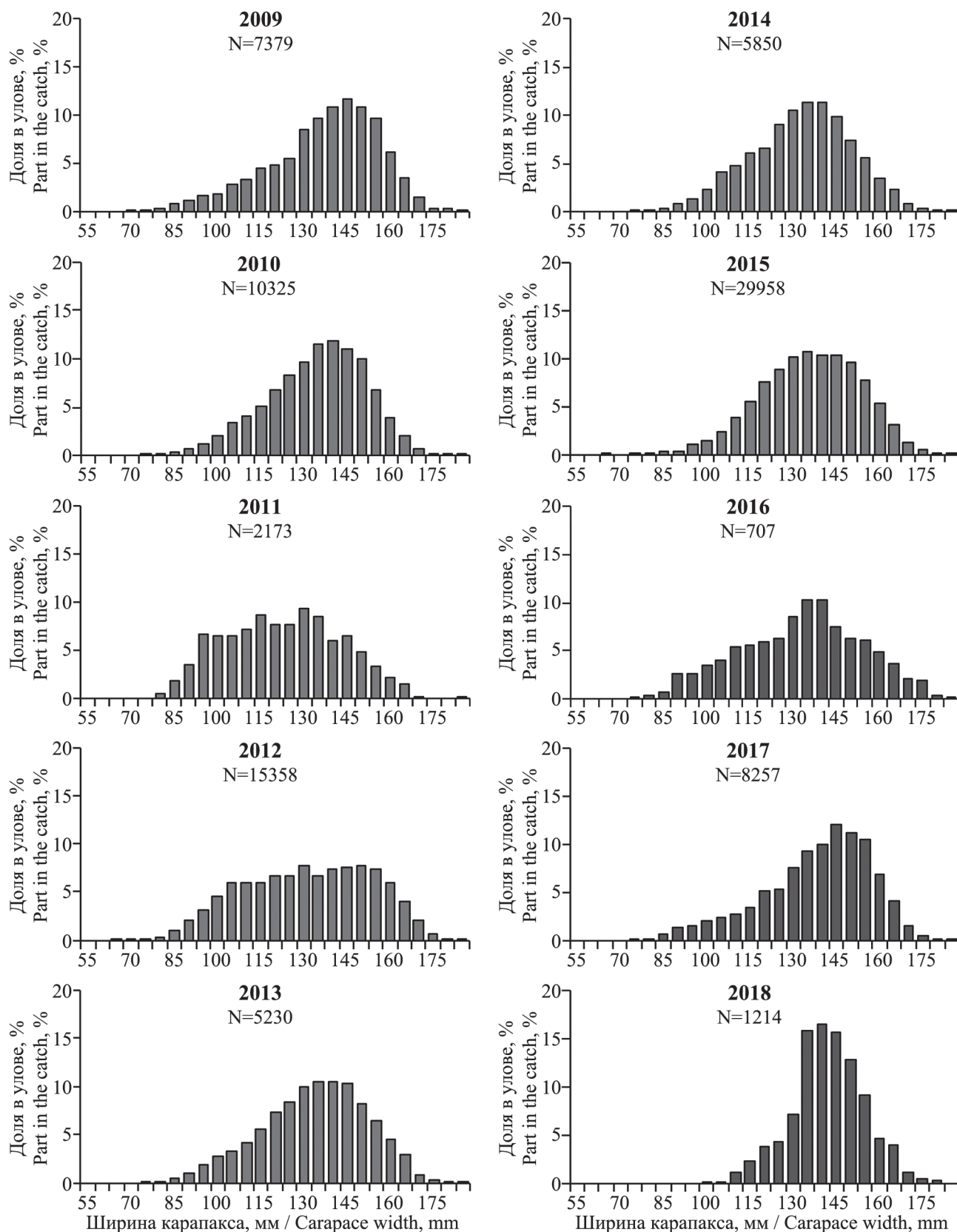


Рис. 9. Межгодовая динамика размерного состава самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне  
Fig. 9. The interannual dynamics of the size composition of blue king crab males in the West-Kamchatka subzone



Динамика среднего размера самцов за период с 2009 по 2017 гг. (за исключением 2016 г.) достаточно изменчива, но в последние годы наблюдается рост этого показателя (рис. 10).

При сравнительном анализе обобщенных данных по размерному составу самцов синего краба от начального периода освоения запаса этого вида (1994–1999 гг.) (Максименко, 1996; Брыков, 1997; Селин, 1998; Харламенко, 1997) и по настоящее время видно, что каких-либо значительных изменений этого биологического параметра не отмечено (рис. 11). Следовательно, процесс «изъятие–пополнение» в популяции достаточно сбалансирован, а сохранение такого положения — гарантия благополучного состояния популяции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований установлены участки с повышенными концентрациями в них краба в северо-восточной части Охотского моря (в границах Западно-Камчатской подзоны) в период наиболее активного лова краба.

Дана оценка сезонной динамики важнейшего биологического параметра краба — его межлиночного состояния, определены периоды с наиболее высокими технологическими качествами краба-сырца.

При рассмотрении обобщенных данных по размерному составу самцов синего краба от начального освоения запаса этого вида и по настоящее время каких-либо значительных изменений этого биологического параметра не отмечено.

Анализ данных промысла синего краба свидетельствует, что этот объект имеет важное значение в экономике многих рыбопромысловых организаций Дальневосточного рыбопромыслового района. Его запасы используются на максимально допустимом уровне. При соблюдении рекомендованных объемов изъятия, рациональном использовании запасов и контроле промысла синий краб Западно-Камчатской подзоны может оставаться объектом долгосрочного и устойчивого промысла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КартМастер» для обработки данных биоресурсных съемок // VII Всерос. конф. по промысл. беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова): Тез. докл. М.: ВНИРО. С. 18–24.
- Брыков В.А. 1997. Результаты научно-исследовательских работ по крабам на НПС «Юнико», в мае–сентябре 1997 г. Архив КамчатНИРО, № 6032. 14 с.
- Букин С.Д., Мясоедов В.И., Низяев С.А., Слизкин А.Г., Терехов С.П., Галимзянов К.Г., Кочнев Ю.Р. 1988. Динамика пространственного распределения и некоторые особенности биологии синего краба северной части Тихого океана // Морские промысл. беспозвоночные. Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 4–16.
- Виноградов Л.Г. 1946. О географическом распространении камчатского краба // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 22. С. 195–232.

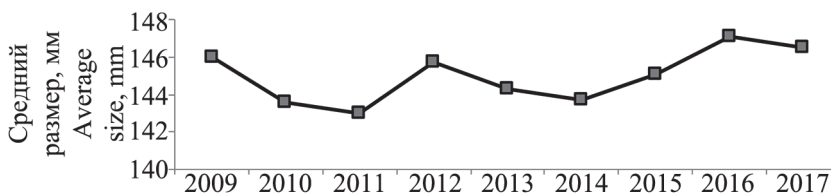


Рис. 10. Межгодовая динамика среднего размера промысловых самцов синего краба в северо-восточной части Охотского моря  
Fig. 10. The interannual dynamics of the average size of blue king crab commercial males in the northeastern part of the Sea of Okhotsk

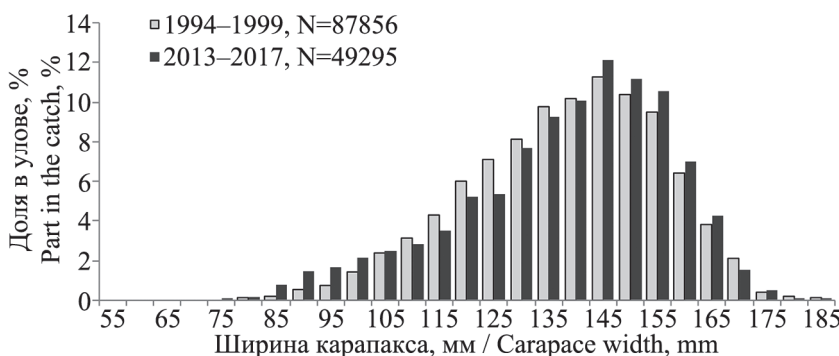


Рис. 11. Сравнительная характеристика размерного состава самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне в 1994–1999 и 2013–2017 гг.  
Fig. 11. Comparative characterization of the size composition of blue king crab males in the West-Kamchatka subzone in 1994–1999 and 2013–2017

- Виноградов Л.Г. 1947. Десятиногие ракообразные Охотского моря // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 25. С. 67–24.
- Виноградов Л.Г. 1950. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 33. С. 179–358.
- Долженков В.Н., Кобликов В.Н., Шагинян Э.Р. 1996. Новые данные по синему крабу северо-восточной части Охотского моря // VI Междунар. совещ. Пайсис. Владивосток. С. 75–76.
- Лысенко В.Н. 2001. Особенности биологии самцов синего краба *Paralithodes platypus* в северо-восточной части Охотского моря // Биология моря. Т. 27. № 3. С. 173–178.
- Иванов А.В. 1955. Промысловые водные беспозвоночные. М.: Сов. наука. 355 с.
- Иванов А.В., Стрелков А.А. 1949. Промысловые беспозвоночные дальневосточных морей (Описание строения и атлас анатомии). Владивосток. 103 с.
- Лысенко В.Н., Федотов П.А., Бажин А.Г., Шагинян Э.Р., Харламенко В.И. 2001. Отчет по плану экспедиций по мониторингу (контрольный лов) и научным исследованиям состояния запасов водных биоресурсов по закрепленным сферам деятельности КамчатНИРО в 2000 г. (Промысловые беспозвоночные). Архив КамчатНИРО, № 6494. С. 43–47.
- Макаров В.В. 1941. Фауна Decapoda Берингова и Чукотского морей // Исследования дальневосточных морей СССР. М.-Л.: АН СССР. Т. 1. С. 111–163.
- Максименко В.П. 1996. Результаты научно-промысловых работ по синему и камчатскому крабам и крабам-стригунам бэрди и опилю в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской промысловых подзонах в мае–июне и сентябре 1996 г. Архив КамчатНИРО. № 6341. 8 с.
- Мясоедов В.И., Низяев С.А. 1988. Распределение и некоторые аспекты биологии синего краба *Paralithodes platypus* у берегов Западной Камчатки // Морские пром. беспозвоночные. Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 16–23.
- Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. 2006. Пособие по изучению ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 114 с.
- Родин В.Е., Слизкин, А.Г., Мясоедов В.И., Барсуков В.Н., Мирошников В.В., Згуровский К.А., Канарский О.А., Федосеев В.Я. 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных *Decapoda* дальневосточных морей. Владивосток. 57 с.
- Селин Н.И. 1998. Результаты научно-исследовательских работ по синему и равношипому крабам Западно-Камчатской подзоны в ноябре–декабре 1998 г. Архив КамчатНИРО. № 6256. 18 с.
- Слизкин А.Г. 1972. Экологическая характеристика беринговоморской популяции синего краба // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 81. С. 201–232.
- Слизкин А.Г. 1974. Особенности распределения крабов (Crustacea, Decapoda, Lithodidae et Majidae) в Беринговом море // Тр. Всесоюз. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 99. С. 29–37.
- Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.
- Ушаков П.В. 1952. Чукотское море и его донная фауна. Крайний Северо-Восток СССР. М.: АН СССР. Т. 2. С. 5–82.
- Харламенко В.И. 1997. Результаты научно-исследовательских работ по камчатскому и синему крабам на западном побережье Камчатки на СТР «Начинский» в марте–апреле 1997 г. Архив КамчатНИРО. № 6028. 12 с.
- Шагинян Э.Р. 2011. Оценка запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в пределах Западно-Камчатского лицензионного участка // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 23. С. 70–76.
- Шагинян Э.Р. 2014. Состояние запаса и оценка численности синего краба (*Paralithodes platypus*, Brandt) Западно-Камчатской подзоны в путину 2013 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 35. С. 56–62.
- Шагинян Э.Р. 2016. Синий краб северо-восточной части Охотского моря: современное состояние запаса, перспективы промысла // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биол. станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 3. С. 479–482.
- Vasilets P.M. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

## REFERENCES

Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. The new geographical information system “CartMaster” for processing bioresource survey data. *Abstracts of*

- VII All-Russian conference by fishing invertebrates (in memory of B.G. Ivanov)*. Moscow: VNIRO, 2006, pp. 18–24. (In Russian)
- Brykov V.A. *Rezultaty nauchno-issledovatel'skikh rabot po krabam na NPS "Yuniko" v maye–sentyabre* [The results of scientific research on crabs at the Unico pumping station, May–September, 1997]. KamchatNIRO Archive, 1997, no. 6032, 14 p.
- Bukin S.V., Myasoedov V.I., Nizyaev S.A., Slizkin A.G., Terekhov S.P., Galimzyanov K.G., Kochnev Y.R. The Dynamics of Spatial Distribution and Some Peculiarities of Biology of Blue King Crab in the Northern Pacific Ocean. *Morskiye promyslovyye bespozvonochnyye: sb. nauchn. tr.* [Commercial Marine Invertebrates: Collection of Sci. Works]. Moscow: VNIRO, 1988, pp. 4–14. (In Russian)
- Vinogradov L.G. On the geographical distribution of red king crab. *Izvestiya TINRO*, 1946, vol. 22, pp. 195–232. (In Russian)
- Vinogradov L.G. Decapod crustaceans of the Okhotsk Sea. *Izvestiya TINRO*, 1947, vol. 25, pp. 67–24. (In Russian)
- Vinogradov L.G. Classification of shrimps, prawns and crabs from the Far East. *Izvestiya TINRO*, 1950, vol. 33, pp. 179–358. (In Russian)
- Dolzhnikov V.N., Koblikov V.N., Shaginyan E.R. New data on the blue crab of the north-eastern part of the Sea of Okhotsk. *Abstracts of International conference PISES*, Vladivostok, 1996, pp. 75–76. (In Russian)
- Ivanov A.V. *Promyslovyye vodnyye bespozvonochnyye* [Commercial aquatic invertebrates]. Moscow: Soviet science, 1955, 355 p.
- Ivanov A.V., Strelkov A.A. *Promyslovyye bespozvonochnyye dal'nevostochnykh morey* (Opisaniye, stroyeniye i atlas anatomii) [Commercial invertebrates of the Far Eastern seas (Description, structure and atlas of anatomy)]. Vladivostok, 1949. 1032 p.
- Lysenko V.N. Peculiarities of the biology of the male blue king crab *Paralithodes platypus* in the northeastern Sea of Okhotsk. *Biologiya morya*, 2001. Vol. 27, no. 3, pp. 173–178. (In Russian)
- Lysenko V.N., Fedotov P.A., Bazhin A.G., Shaginyan E.R., Kharlamenko V.I. *Otchet po planu ekspeditsiy po monitoringu (kontrol'nyy lov) i nauchnym issledovaniyam sostoyaniya zapasov vodnykh bioresursov po zakreplennym sferam deyatel'nosti KamchatNIRO v 2000 g. (Promyslovyye bespozvonochnyye)* [Report on the plan of expeditions for monitoring (control fishing) and scientific research on the status of stocks of aquatic biological resources in the assigned areas of KamchatNIRO activity in 2000 (commercial invertebrates)]. Archive of KamchatNIRO, 2001, no. 6494, pp. 43–47.
- Makarov V.V. Fauna of the Decapoda of the Bering and Chukchi Seas. *Issledovaniya dal'nevostochnykh morey SSSR*. Moscow – Leningrad: AN SSSR, 1941, vol. 1, pp. 111–163. (In Russian)
- Maksimenko V.P. *Rezultaty nauchno-promyslovykh rabot po sinemu i kamchatskomu krabam i krabam-strigunam berdi i opilio v Kamchatsko-Kuril'skoy i Zapadno-Kamchatskoy promyslovykh podzonakh v maye–iyune i sentyabre 1996 g.* [The results of scientific and research work on blue and Kamchatka crab and Birdie and Opilio crab in the Kamchatka-Kuril and West Kamchatka fishing subzones in May–June and September 1996]. KamchatNIRO Archive, 1996, no. 6341, 8 p.
- Myasoyedov V.I., Nizyaev S.A. Distribution and some aspects of the biology of the blue crab *Paralithodes platypus* off the coast of Western Kamchatka. *Collection of scientific "Marine commercial invertebrates"*. Moscow: VNIRO, 1988, pp. 16–23. (In Russian)
- Nizyaev S.A., Bukin S.D., Klitin A.K., Perveyeva E.R., Krutchenko A.A., Abramova E.V. *Posobiye po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morey Rossii* [Manual on the study of the fishing crustaceans of the Far Eastern seas of Russia]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2006, 114 p.
- Rodin V.E., Slizkin A.G., Myasoedov V.I., Barsukov V.N., Miroshnikov V.V., Zgurovskiy K.A., Karnarskaya O.A., Fedoseev V.Ya. *Rukovodstvo po izucheniyu desyatinogikh rakoobraznykh Decapoda dal'nevostochnykh morey* [Study guide on decapod crustaceans Decapoda of the Far Eastern seas]. Vladivostok: TINRO, 1979, 59 s.
- Selin N.I. *Rezultaty nauchno-issledovatel'skikh rabot po sinemu i ravnoshipomu krabam Zapadno-Kamchatskoy podzony v noyabre–dekabre 1998 g.* [The results of scientific research on blue and equine crabs of the West Kamchatka subzone in November–December 1998]. KamchatNIRO Archive, 1998, no. 6256, 18 p.
- Slizkin A.G. Ecological characteristics of the Bering Sea blue crab population. *Izvestiya TINRO*, 1972, vol. 81, pp. 201–232. (In Russian)
- Slizkin A.G. Features of the distribution of crabs (Crustacea, Decapoda, Lithodidae et Majidae) in the Bering Sea. *Trudy VNIRO*, 1974, vol. 99, pp. 29–37. (In Russian)
- Slizkin A.G., Safronov S.G. *Promyslovyye kraby pri-kamchatskikh vod* [Commercial crabs of the Kamchat-

ka waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: North Pacific, 2000, 180 p.

Ushakov P.V. *Chukotskoye more i yego donnaya fauna. Krayniy Severo-Vostok SSSR* [The Chukchi Sea and its bottom fauna. Extreme Northeast of the USSR]. Moscow: AN USSR, 1952, vol. 2, pp. 5–82.

Kharlamenko V.I. *Rezultaty nauchno-issledovatel'skikh rabot po kamchatskomu i sinemu krabam na zapadnom poberezh'ye Kamchatki na STR "Nachikinskiy" v marte–aprele 1997 g.* [The results of scientific research on Kamchatka and blue crabs on the western coast of Kamchatka on the Nachikinsky R&D site in March–April 1997]. Arkhiv KamchatNIRO. 1997, no. 6028, 12 p.

Shaginyan E.R. An assessment of king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) stock abundance within West-Kamchatka licenced parcel. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2011, vol. 23, pp. 70–76. (In Russian with English abstract)

Shaginyan E.R. State of stock and assessment of stock abundance of blue king crab (*Paralithodes Platypus*, Brandt) in the West Kamchatka subzone for fishery campaign 2013. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, vol. 35, pp. 56–62. (In Russian with English abstract)

Shaginyan E.R. Blue king crab of north east part Sea of Okhotsk: current state, fishery prospects. *Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station Sevastopol "Marine biological research: achievements and perspectives"*. Sevastopol, 2016, vol. 3, pp. 479–482. (In Russian)

Vasilets P.M. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

Статья поступила в редакцию: 23.04.2019

Статья принята после рецензии: 29.10.2019



УДК 597.54

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.107-125

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* (VAL.) НА ПРИМЕРЕ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Н.П. Сергеева



Вед. н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18  
Тел.: 8 (4152) 41-27-01. E-mail: sergeeva.n.p@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКАЯ СЕЛЬДЬ, СТАДИЯ ЗРЕЛОСТИ, ГОНАДЫ, МАССА, ДЛИНА, ВЫСОТА, ООЦИТЫ, ДИАМЕТР, ФАЗА РАЗВИТИЯ

Выполнен анализ полевых и лабораторных определений стадий зрелости гонад сельди в 1960–2017 гг. Исследована динамика размеров, массы гонад и гонадосоматического индекса по мере созревания. Выявлены размерная структура и состояние ооцитов сельди в яичниках разных стадий зрелости. Рассмотрено сезонное созревание сельди.

## MATURATION PATTERNS OF PACIFIC HERRING *CLUPEA PALLASII* (VAL.) IN CASE OF THE CORF-KARAGIN POPULATION

Nadezhda P. Sergeeva

Leading Scientist; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18  
Tel.: +7 (4152) 42-57-96. E-mail: sergeeva.n.p@kamniro.ru

PACIFIC HERRING, STAGES OF MATURATION, GONADS, WEIGHT, LENGTH, HEIGHT, OOCYTES, DIAMETER, DEVELOPMENT STAGES

Analysis of field and laboratory identifications stages of gonad maturity was carried out for 1960–2017. The dynamics of the gonad size and weight and of the gonad-somatic index during maturation were studied. The size structure and the condition of herring oocytes in the ovaries of different stages of maturity was figured out. Seasonal maturation was considered.

Основные исследования корфо-карагинской сельди были связаны с изучением динамики численности. Вопросы изменений состояния репродуктивной системы корфо-карагинской сельди рассматривались в некоторых публикациях фрагментарно (Прохоров, 1967, 1968; Качина, Акимова, 1972; Коркош, 1975; Качина, 1981; Науменко, 2001, 2012).

Сведения о сезонной динамике созревания гонад ограничиваются лишь перечислением доминирующих стадий зрелости в разные периоды годового цикла и некоторых показателей, характеризующих физиологическое состояние половозрелых особей (Прохоров, 1967; Калюжная, 1982, 1985). Данные о размерной структуре ооцитов в процессе начального созревания гонад у половозрелых самок приводятся в работе В.В. Коркоша (1975). Возрастная и межгодовая изменчивость среднего диаметра и массы ооцитов в железах V стадии зрелости изучены Н.И. Науменко (2012). Однако цельное представление об изменениях размерной структуры ооцитов

расходного фонда в яичниках разных стадий зрелости не освещено. Не изучался вопрос об особенностях формирования расходного фонда, структуре ооцитов резервного фонда.

По материалам, собранным в 1975 г. в ходе комплексной корфо-карагинской экспедиции, проводились исследования морфологии ооцитов, строения оболочек, диаметра клеток и ядер у неполовозрелых, преднерестовых, нерестовых и нагульных рыб (Отчет., 1976). Однако эти материалы можно найти только в ограниченном числе отчетов экспедиции. Другие исследования с использованием срезов тканей гонад сельди этой популяции не проводились.

Цель работы — выяснение закономерностей развития гонад корфо-карагинской сельди.

Для ее достижения определены задачи: проанализировать данные о темпе полового созревания в современный период; выяснить абсолютные и относительные показатели размеров и массы гонад самцов и самок, их изменение в зависимости от степени зрелости; определить размерную

структуру и состояние ооцитов у сельди разных стадий зрелости; выяснить статус рыб II–III стадии зрелости в осенний период и описать сезонные изменения в соотношении рыб с гонадами разных стадий зрелости.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы результаты полных биологических анализов, массовых промеров со вскрытием, выполненных в 1960–2017 гг. В разное время наблюдения проводились на промысловых, научно-исследовательских судах, рыбокомбинатах и приемных базах. Орудиями лова служили донные и пелагические тралы, дрейфтерные и ставные сети, кошельковые и ставные невода. Распределение использованного материала по месяцам и стадиям зрелости показано в табл. 1, 2.

Длина рыб (по Смитту) измерялась с точностью 0,5 см, иногда — 0,1 см. Взвешивали рыб на чашечных или электронных весах с точностью 5 или 1 г. Стадии зрелости оценивали по 6-балльной шкале, от I до VI (Мейен, 1938; Сакун, Буцкая, 1963), используя переходные (II–III, III–IV, IV–V, VI–II). Возраст определяли по чешуе. Гонады взвешивали на чашечных или электронных весах с точностью 0,1 г (у молоди — 0,001 г). Длину и высоту доли железы измеряли после извлечения из полости тела с точностью 0,1 см. Гонadosоматический индекс (ГСИ) определяли отношением массы гонады к массе рыбы без внутренностей, выраженным в процентах.

Сбор материалов для характеристики размерной структуры ооцитов проводили в 2005, 2012–2017 гг. Для этого небольшой фрагмент яичника массой 1–2 г или целиком (у неполовозрелых) фиксировали в 4%-м растворе формальдегида. В лаборатории пробы отмачивали. Кусочки яичника массой 0,01–0,5 г помещали на предметное стекло, добавляли 2–3 капли воды и, по возможности, равномерно распределяли ооциты на стекле с помощью скальпеля и препаровальной иглы. Затем просматривали под бинокулярным микроскопом Olympus CH-2 (объектив 4×) или бинокулярном Olympus SZX10 с регулируемым увеличением (объектив GWH10X-D). Отмечали наличие клеток, характерных для периодов оогенеза: прозрачные с видимым ядром, прозрачные с желтоватым оттенком, желтковые непрозрачные, овулированные, фолликулярные оболочки. С помощью видеокамеры DCM35 (350K pixels, USB2.0) делали фотографии ооцитов под микроскопом (4×) или бинокулярном (2×). Снимки срезов гонад выполняли при увеличении 4×.

В яичниках всех анализируемых неполовозрелых самок измеряли диаметр трех самых крупных яйцеклеток (объектив 4×) с помощью видеокамеры. У отдельных самок с гонадами разных стадий зрелости измеряли диаметр 50 ооцитов периода малого роста размерами более 20 мкм, периода вителлогенеза, фаз созревания и овуляции. Цену деления шкалы на экране монитора определили с помощью окуляр-микрометра.

Таблица 1. Количество определений стадий зрелости и массы гонад в разные месяцы, экз.  
Table 1. The number of the gonad weight measured and stages of maturity analyzed by months, fish

Месяц Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всего The total sample size
Стадия зрелости Maturity stage	60	146	48	300	2981	4734	1795	2041	3086	23 826	68 022	39 656	146 695
Масса гонад Gonad weight	41	145	—	196	1256	100	882	843	873	1084	727	747	6894

Таблица 2. Объем анализированных материалов разных стадий зрелости сельди, экз., и количество измеренных ооцитов, шт.  
Table 2. The size of herring maturity stage sample analyzed, fish, and the number of measured oocytes, specs

Показатель The index	Стадия зрелости / Maturity stage									Всего The total sample size
	I, II	II–III	III	III–IV	IV	IV–V	V	VI	VI–II	
Размеры гонад The gonad length	203	21	236	20	228	1	67	6	36	818
Масса гонад The gonad weight	1349	633	1453	703	1277	290	785	30	374	6894
Кол-во ооцитов * The number of the oocytes*	—	—	450	400	750	250	455	—	—	2305
Кол-во срезов The number of sections	910	400	250	400	100	—	350	—	100	2510
	16	6	2	2	2	—	—	—	—	28

\*Числитель и знаменатель — периоды вителлогенеза и превителлогенеза / periods of vitellogenesis and previtellogenesis

Для характеристики особенностей гаметогенеза самок и изучения строения яйцеклеток в гонадах разных стадий зрелости применяли гистологические методики. Собранные и фиксированные в жидкости Буэна фрагменты гонад подвергали стандартной обработке (Елисеев, 1959). Материал проводили через спирты возрастающей концентрации, хлороформ, смесь парафина и хлороформа. Срезы гонад толщиной 5–7 мкм помещали на предметное стекло и окрашивали железным гематоксилином по методике Гейденгайна (Волкова, Елецкий, 1982).

С началом первого или повторного полового созревания формируется расходный фонд — совокупность ооцитов, предназначенных к вымету в ближайший нерестовый сезон (Алексеев, Алексеева, 1996). Развитие ооцитов у сельди происходит по прерывистому типу, с синхронным развитием ооцитов в период вителлогенеза. Такой тип развития яйцеклеток характерен для рыб с коротким нерестовым периодом особи и однократным икрометанием (Овен, 1976).

В исследовании использована периодизация оогенеза, принятая в общей эмбриологии рыб, включающая четыре периода в развитии половых клеток (Макеева, 1992; Чмилевский, 2003):

I — оогониальный,

II — малого роста (цитоплазматического, превителлогенеза)

III — большого роста (трофоплазматического, вителлогенеза)

IV — созревания.

Данное исследование затрагивает периоды превителлогенеза, вителлогенеза и созревания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Закономерности созревания сельди в онтогенезе

Корфо-карагинская сельдь начинает созревать на четвертом году жизни, иногда встречаются созревающие трехлетки (самцы и самки). Последние

примут участие в нересте в возрасте 3 года. Согласно литературным данным, минимальная длина созревающих особей в 1950–60-е годы равнялась 24 см, в 1970-е годы — 23 см (Качина, 1981). В 1990-е годы при длине 23 см встречались созревающие самцы, а половозрелые самки размерами менее 25 см не отмечались (Науменко, 2001). В 2003–2016 гг. начало созревания наблюдалось при длине самцов и самок 23 и 24 см соответственно.

В работах о темпе полового созревания (Качина, 1977, 1981; Науменко, 2001) закономерности его рассматриваются, в целом, для популяции, без разделения по полу, акцентируя внимание на особенностях темпа созревания поколений разной численности и в годы с различным уровнем запаса. Однако, согласно данным Н.И. Науменко (2001), в 1950-е и 1990-е годы среди рекрутов доля созревающих самцов выше, чем самок такой же длины. Анализ данных последних лет показал, что иногда встречались зрелые самцы длиной 22–23 см, тогда как самки такой длины были исключительно неполовозрелы. Доля зрелых рыб в размерных классах среди самцов была всегда выше, вплоть до полного созревания (рис. 1). Тем не менее различия в долях зрелых рыб по размерным группам, рассчитанные по критерию Пирсона ( $\chi^2 = 0,103$ ; {40,1; 47,0; 55,5} (Плохинский, 1961) и Стьюдента ( $t = 0,005 < t_{st}$  при  $P > 0,001$ ) (Лакин, 1980), статистически недостоверны.

В 2003–2017 гг. наибольшая часть особей сельди созревала при длине 27–29 см (79% рыб) в возрасте 4+, 5+ лет (76%) (рис. 2).

Зависимость доли зрелых особей в размерных классах изменяется по виду логистической функции (рис. 3) и аппроксимируется уравнением Ферхюльста:

$$Y = A/(1+10^{a+bx}) + C,$$

где  $Y$  — доля половозрелых особей в размерном классе (%),  $x$  — середина класса (см),  $A = 100\%$ ,  $C = 0$ ,  $a, b$  — коэффициенты, равные 9,936 и –0,358 соответственно.

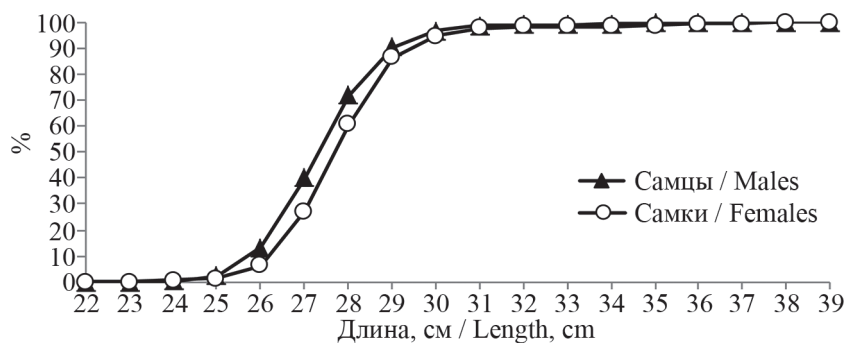


Рис. 1. Доля зрелых рыб по размерным классам корфо-карагинской сельди в 2003–2017 гг. ( $n = 105\,798$  экз.)  
Fig. 1. The percent of mature Korfo-Karagin herring by size classes for 2003–2017 ( $n = 105\,798$  ind.)

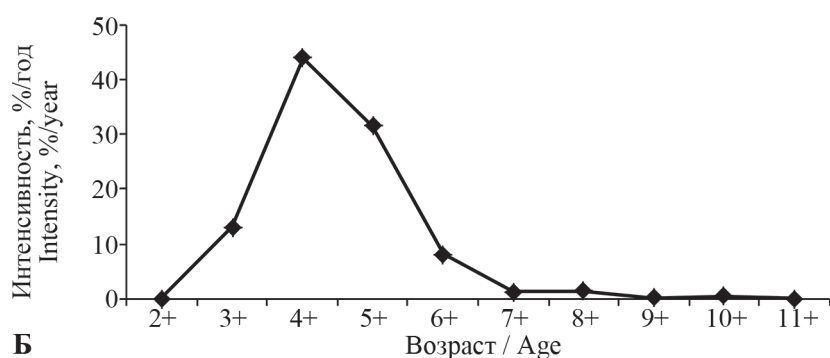
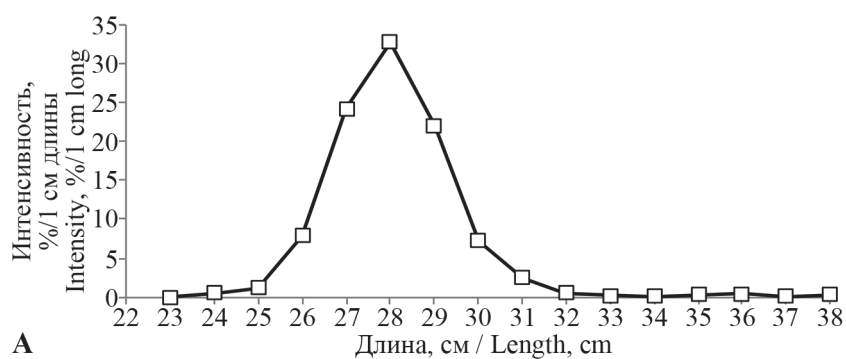


Рис. 2. Интенсивность созревания корфо-карагинской сельди в зависимости от длины (А) и возраста (Б) в 2003–2017 гг.

Fig. 2. The intensity of maturation of Korf-Karagin herring depending the body length (A) and the age (Б) in 2003–2017

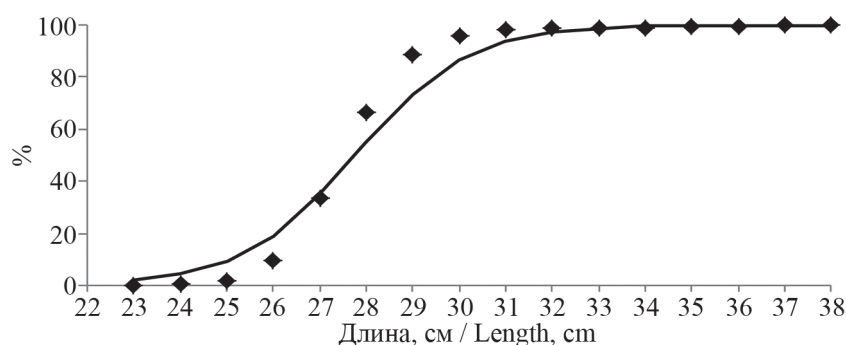


Рис. 3. Среднегодовое относительное количество зрелых рыб по размерным группам

Fig. 3. The average annual relative number of mature fish by size groups

### Характеристика гонад сельди разных стадий зрелости

Разные показатели, характеризующие закономерности созревания гонад сельди, рассматривали для четырех групп рыб: неполовозрелых, созревающих, нерестовых и отнерестившихся.

**Неполовозрелые рыбы.** Особи, стадия зрелости которых определялась как I и II.

Цитологическая дифференцировка пола у сельди предшествует анатомической, поэтому у молоди первого года жизни визуально определить половую принадлежность трудно. Однако с помощью оптики можно обнаружить гонады, содержащие ооциты. Первые признаки анатомической дифференцировки пола наблюдаются у сеголетков сельди в осенний период. Как справедливо отмечал Г.М. Персов (1975, с. 40), «дифференцировка пола может быть установлена лишь с того момента, когда появляются какие-либо показатели развития гонад в женском направлении». Именно так поступают исследователи при выполнении биологи-

ческого анализа молоди не только сельди, а и других видов рыб, в частности минтая и трески (Сергеева и др., 2011; Сергеева, Варкентин, 2016), когда часто возникает ситуация, что у самок гонады можно увидеть, а у самцов железы настолько тонки и незаметны, что наблюдатель в таком случае считает, что анализируется самец.

I, или ювенильная стадия зрелости половых желез обычно определялась у молоди первых двух лет жизни, длиной до 18–19 см. Средняя масса гонад самцов составляла 0,03 г, самок — 0,14 г. Длина гонад самцов изменялась от 1,7 до 3,6 см, у самок колебалась в пределах 1,7–5,9 см. Высота лопасти железы у рыб обоего пола не превышала 0,1 см (табл. 3, 4).

Длина гонад по отношению к длине рыб не показывала направленного изменения и составляла в среднем 17,5% у самцов и 26,5% у самок. ГСИ у самцов изменялся от 0,03 до 0,31, у самок — от 0,06 до 0,63, при средних показателях, соответственно, 0,09 и 0,41%.



Таблица 3. Размеры и масса гонад самцов корфо-карагинской сельди разных стадий зрелости (мин.—макс. (среднее))  
Table 3. The size and the weight of the gonads of Korf-Karagin male herring at different stages of maturation (min—max (mean))

Стадия зрелости The stage of maturity	Длина рыб, см The body length, cm	Размеры гонад, см The gonad size, cm		Длина железы / длина рыбы, % The gonad length / the fish length, %	Масса гонад, г The gonad weight, g	ГСИ, % The GSI, %
		Длина The length	Высота The height			
I	14,3–18,0 (16,5)	1,7–3,6 (2,8)	≤ 0,1	10,6–23,6 (17,5)	0,01–0,08 (0,03)	0,1–0,3 (0,09)
II	18,1–30,5 (22,9)	1,7–9,2 (4,9)	0,1–0,4 (0,3)	10,6–30,2 (21,3)	0,4–9,0 (3,1)	0,2–4,4 (1,4)
II–III	25,0–31,0 (28,7)	6,0	0,5	—	1,5–6,0 (3,6)	0,9–2,3 (1,6)
III	25,5–32,0 (28,8)	9,5–21,3 (15,9)	0,9–2,9 (1,6)	33,0–57,1 (51,6)	2,5–96,0 (30,5)	1,0–27,1 (11,5)
III–IV	25,5–33,0 (28,5)	11,8	—	—	8,7–75,0 (27,2)	4,2–26,6 (12,2)
IV <sup>1</sup>	24,5–34,5 (29,3)	12,5–22,0 (17,2)	2,3–4,4 (3,2)	35,7–61,0 (54,2)	13,1–100,0 (43,4)	5,6–36,3 (18,4)
IV <sup>2</sup>	25,0–32,5 (29,1)	—	—	—	15,0–90,0 (45,7)	9,4–36,0 (21,3)
IV–V	26,0–31,0 (28,0)	16,5	3,7	54,1	15,0–65,5 (45,9)	15,2–32,8 (23,3)
V	25,0–30,0 (27,9)	14,6–19,8 (17,0)	2,1–4,4 (3,6)	44,2–58,3 (51,4)	25,0–80,0 (45,6)	11,6–35,6 (23,0)
VI	26,5–30,5 (28,3)	14,4–19,0 (16,5)	2,2–3,6 (2,9)	45,0–50,0 (47,5)	2,5–19,0 (11,5)	2,0–10,6 (6,3)
VI–II	24,5–32,5 (28,5)	8,2–16,5 (12,0)	1,0–1,6 (1,2)	31,5–54,1 (37,8)	0,9–8,5 (3,4)	0,5–3,7 (1,6)

IV<sup>1</sup> — Октябрь–декабрь (October–December), IV<sup>2</sup> — апрель–май (April–May)

Таблица 4. Размеры, масса гонад, ГСИ самок корфо-карагинской сельди разных стадий зрелости (мин.—макс. (среднее))  
Table 4. The size, the gonad weight and the GSI of Korf-Karagin herring females at different stages of maturation (min—max (mean))

Стадия зрелости The stage of maturity	Длина рыб, см The fish length, cm	Размеры гонад, см The size of the gonads, cm		Длина железы / длина рыбы, % The gonad length / the fish length, %	Масса гонад, г The gonad weight, g	ГСИ, % The GSI, %
		Длина The length	Высота The height			
I	12,8–18,0 (15,8)	1,7–5,9 (4,2)	≤ 0,1	13,3–37,3 (26,5)	0,02–0,24 (0,14)	0,06–0,63 (0,41)
II	18,0–29,5 (23,2)	1,7–9,2 (6,1)	0,1–0,8 (0,5)	13,3–37,3 (26,7)	0,6–8,0 (3,8)	0,3–3,4 (1,7)
II–III	24,5–33,0 (29,0)	6,9–11,0 (9,0)	0,5–1,3 (0,7)	27,1–35,1 (31,1)	0,7–42,0 (6,2)	0,5–16,0 (2,6)
III	23,5–39,5 (29,6)	6,2–17,5 (12,5)	0,7–2,4 (1,5)	20,3–54,1 (40,6)	2,0–39,5 (13,8)	1,1–21,4 (5,7)
III–IV	24,0–34,5 (29,9)	17,5	1,6–3,2 (2,3)	49,6	3,0–85,0 (22,4)	1,1–34,0 (9,0)
IV <sup>1</sup>	23,0–37,5 (30,2)	10,5–20,4 (16,6)	1,3–3,5 (2,4)	32,3–60,1 (49,3)	10,0–54,0 (26,7)	3,9–18,5 (10,0)
IV <sup>2</sup>	24,5–32,5 (29,1)	—	—	—	15,0–90,0 (45,7)	9,4–36,0 (21,3)
IV–V	24,5–32,0 (29,9)	—	—	—	16,7–95,0 (51,7)	10,0–41,4 (24,3)
V	23,0–36,5 (30,1)	15,0–22,2 (17,8)	3,0–5,0 (4,2)	48,4–64,7 (53,9)	30,0–148,0 (68,3)	3,2–42,6 (28,7)
VI	31,5–35,0 (33,4)	15,5–17,8 (16,8)	1,9–4,8 (3,0)	49,1–51,6 (50,3)	1,2–4,6 (4,2)	0,6–5,2 (2,1)
VI–II	24,0–32,0 (28,3)	9,8–14,9 (12,9)	1,0–1,5 (1,2)	30,6–45,2 (40,7)	1,1–9,1 (3,8)	0,7–4,2 (1,9)

IV<sup>1</sup> — Октябрь–декабрь (October–December), IV<sup>2</sup> — апрель–май (April–May)

II стадия зрелости определялась у двухлеток и молоди более старших возрастных когорт. У самцов масса гонад варьировала от 0,4 до 9,2 г, длина желез достигала 9,2 см и в среднем равнялась 4,9 см, высота — 0,4 см. Колебания массы гонад самок составляли 0,6–8,0 г. Длина желез у самок в среднем больше, чем у самцов. Средние значения относительной длины гонад у самцов и самок — 21,3 и 26,7% соответственно. У рыб этой стадии зрелости заметна разная высота желез: у самцов она составляет в среднем 0,3, у самок — 0,5 см. ГСИ слабо изменяется по мере роста рыб и имеет большие, чем у ювенильных особей, значения: в среднем 1,4% — у самцов, 1,7% — у самок (табл. 3, 4). Наиболее заметное увеличение массы гонад и ГСИ самцов и самок отмечается к октябрю–ноябрю на третьем–четвертом годах жизни.

Размеры лидирующих в развитии яйцеклеток возрастают с увеличением возраста рыб. У сего-

леток диаметр ооцитов достигает 112 мкм, у двухлеток — 127 мкм, у четырехлеток — 291 мкм.

Состояние лидирующих ооцитов у неполовозрелых рыб также меняется по мере роста рыб. Для сеголетков характерно присутствие ооцитов чаще 2-й, иногда 3-й ступени (рис. 4А, Б) периода цитоплазматического роста (по классификации Г.М. Персова (1966). У двухлеток и трехлеток ооциты достигают 4-й ступени (рис. 4В). При исследованиях ооцитов в мае 1975 г. (Отчет., 1976) у неполовозрелой сельди, наряду с ооцитами с выраженным циркумнуклеарным кольцом, отмечали наличие ооцитов фазы вакуолизации цитоплазмы у рыб старше двух лет (рис. 4Г).

**Созревающие.** К этой группе относили рыб, стадия зрелости которых в полевых условиях определялась как II–III, III, III–IV, IV.

Рыбы с гонадами II–III стадии зрелости, очевидно, круглогодично присутствуют в скоплениях сельди (в феврале и марте сельдь попадалась в виде при-

лова в очень небольшом количестве, в апреле сборы осуществляли из траловых уловов преднерестовых косяков и из ставных неводов в период подходов сельди для икрометания, и поэтому эта стадия не зафиксирована). В мае в траловых уловах гонады этой стадии зрелости имели 2% самок и 1% самцов. Наибольшая встречаемость наблюдалась в июле (23 и 35%) и августе (42 и 30% среди самок и самцов соответственно). В сентябре доля таких рыб значительно снижается, а в ноябре и декабре остается ничтожно малой: в среднем 1% самок и 0,4% самцов.

В летний период рыб с гонадами II–III стадии зрелости считали половозрелыми и принимавшими участие в прошедшем нересте. По визуальным оценкам, период восстановления гонад после нереста заканчивается к концу июля (Прохоров, 1967). В августе гонады основной части этих рыб достигают III стадии зрелости.

Отдельно следует остановиться на характеристике половых желез, определенных II–III стадией

в осенний период, когда проходит интенсивный промысловый лов сельди.

Как указывалось, доля таких рыб в ноябре–декабре чрезвычайно мала. Размеры особей с гонадами II–III стадии зрелости в это время изменяются от 25 до 33 см, т. е. по размерным характеристикам они представляют группу рекрутов или, в меньшей степени, повторно созревающих особей. Отнесение таких рыб к той или другой группе требует дополнительных исследований с привлечением гистологических методик. Во всяком случае, по устному замечанию Т.Ф. Качиной, такие рыбы не будут нереститься в следующем году. Одно из предположений неучастия в размножении: особи, принимавшие участие в нересте в поздние сроки, не накопили энергетических ресурсов, необходимых для генеративного роста желез, и в них продолжают процессы восстановления репродуктивных свойств. Так, на рисунке 5А показан

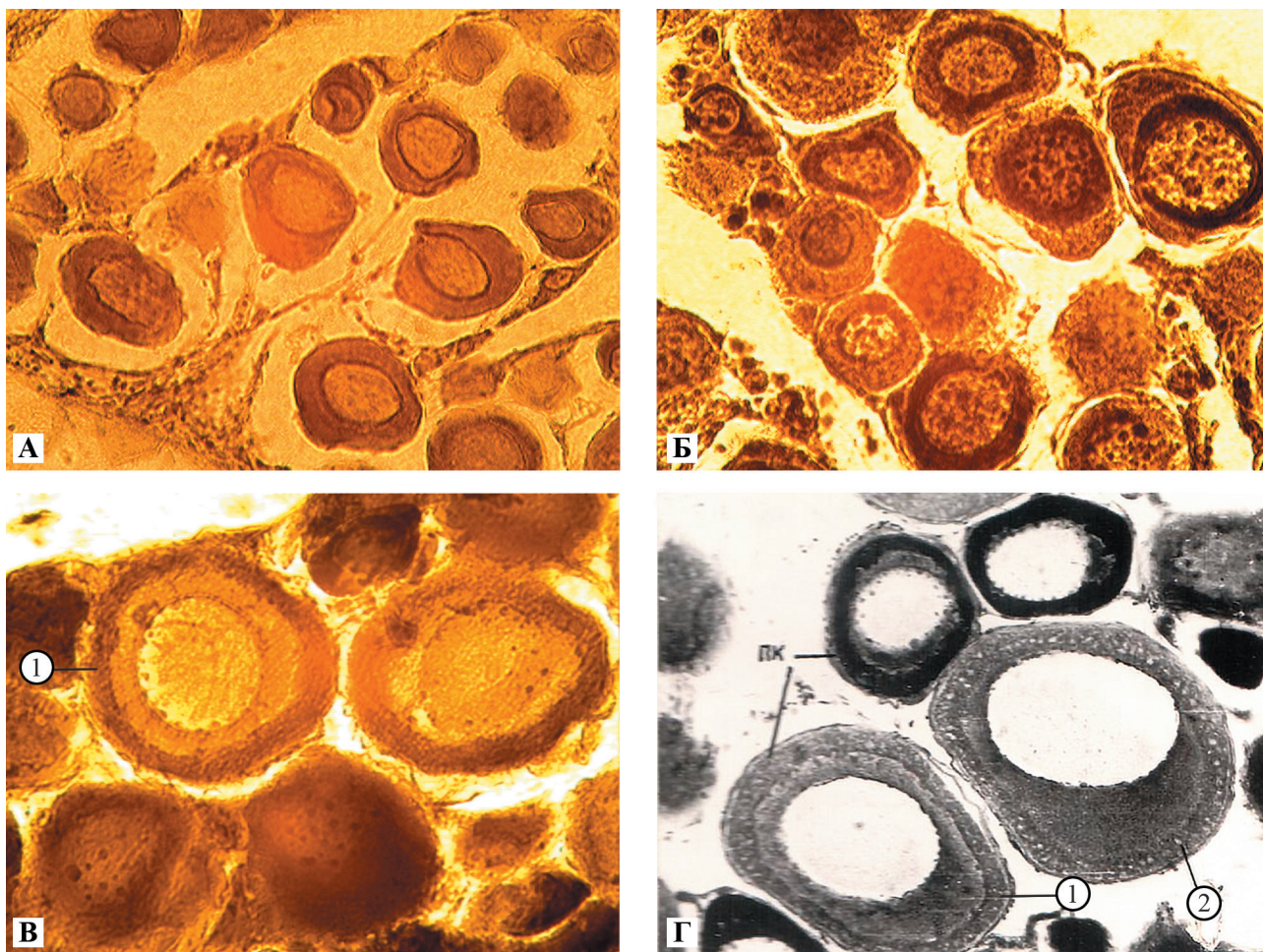


Рис. 4. Срезы яичников молоди сельди разной длины. А — 9,9 см; Б — 11,0 см; В — 18,0 см; Г — 21,5 см (по Отчет..., 1976). 1 — циркумнуклярное кольцо; 2 — ооцит фазы вакуолизации цитоплазмы  
Fig. 4. Sections of the ovaries of juvenile herring of different body length. А — 9.9 cm; Б — 11.0 cm; В — 18.0 cm; Г — 21.5 cm (on the Отчет..., 1976). 1 — the circumnuclear ring; 2 — the oocyte in the phase of vacuolization of cytoplasm



срез яичника рыбы длиной 29 см, пойманной в ноябре 2005 г., стадия зрелости которой определена как II–III. Максимальный диаметр фиксированных в растворе формальдегида ооцитов этой рыбы равнялся 250 мкм. Состояние самых крупных ооцитов соответствовало 4-й ступени цитоплазматического роста. Ооциты фазы вакуолизации отсутствовали. На срезе еще видны фолликулярные оболочки.

На другом рисунке (рис. 5Б) показан срез гонады рыбы длиной 26,5 см, также пойманной в ноябре. Старшая генерация ооцитов достигла фазы вакуолизации. На этом этапе развития гонада сохранится до мая–июня.

Надо полагать, что особи, не достигшие в ноябре–декабре III и более зрелых стадий развития гонад, не будут принимать участие в предстоящем нересте. Об этом свидетельствуют показатели

размеров гонад и ооцитов. Максимальный диаметр ооцитов, масса, ГСИ и размерные показатели гонад у самок II и II–III стадий зрелости сходной длины очень близки и отличаются от таковых самок III стадии зрелости (табл. 5, рис. 6). Такое же заключение можно сделать и в отношении самцов (табл. 6).

**III стадия.** Созревающие впервые и повторно. Самцы с гонадами III стадии зрелости отмечаются в уловах с июля до ноября. За это время среднемесячная масса гонад возрастает с 6,9 до 56,3 г, ГСИ — с 2,8 до 19,8% (табл. 7). Длина желез III стадии развития изменяется от 9,5 до 21,3 см, в среднем составляя 15,9 см, высота желез варьирует от 0,9 до 2,9 (1,6) см. Длина гонад составляет 33,0–57,1 (51,6)% от длины рыбы (см. табл. 3). ГСИ изменяется от 1,0 до 27,1, при среднем показателе 11,5%.



Рис. 5. Срез яичника рыбы длиной 29,0 (А) и 26,5 см (Б) II–III стадии зрелости. 1 — фолликулярная оболочка, 2 — ооциты 2 ступени, 3 — ооциты 3 ступени, 4 — ооциты фазы вакуолизации  
Fig. 5. The section of the ovary of herring individual with the body length 29.0 (A) and 26.5 cm (Б) at the II–III stages of maturation. 1 – the follicular envelope, 2 – the oocytes of the 2<sup>nd</sup> stage, 3 – the oocytes of the 3<sup>rd</sup> stage, 4 – the oocytes at the phase of vacuolization

Таблица 5. Некоторые показатели самок II, II–III и III стадий зрелости и их гонад в ноябре–декабре 2005 г. (мин.–макс. (среднее))  
Table 5. Some of indices for females at the II, II–III and III stages of maturity and their gonads in November–December 2005 (min–max (mean))

Показатели Indices	Стадия зрелости / Stages of maturation		
	II	II–III	III
Длина рыб, см Fish length, cm	25,0–30,0 (27,1)	25,0–30,0 (28,1)	26,0–28,0 (28,8)
Масса гонад, г Gonad weight, g	0,035–1,440 (0,916)	0,659–2,180 (1,553)	3,2–39,5 (13,8)
ГСИ / GSI, %	0,423–0,855 (0,578)	0,499–1,016 (0,782)	1,4–21,4 (5,7)
Длина гонады, см Gonad length, cm	4,6–9,6 (7,6)	6,9–12,4 (9,7)	6,2–17,5 (12,5)
Длина гонады / длина рыбы, % Gonad length / fish length, %	15,6–34,1 (25,9)	27,1–44,3 (35,7)	20,3–54,1 (40,6)
Высота гонады, см Gonad height, cm	0,4–0,9 (0,6)	0,5–1,2 (0,7)	0,7–2,4 (1,5)
Макс. диаметр ооцитов, мкм Max oocyte diameter, μm	142,4–325,6 (268,3)	224,8–335,6 (268,3)	491–674 (567)
Кол-во рыб / Number of fish	48	18	27

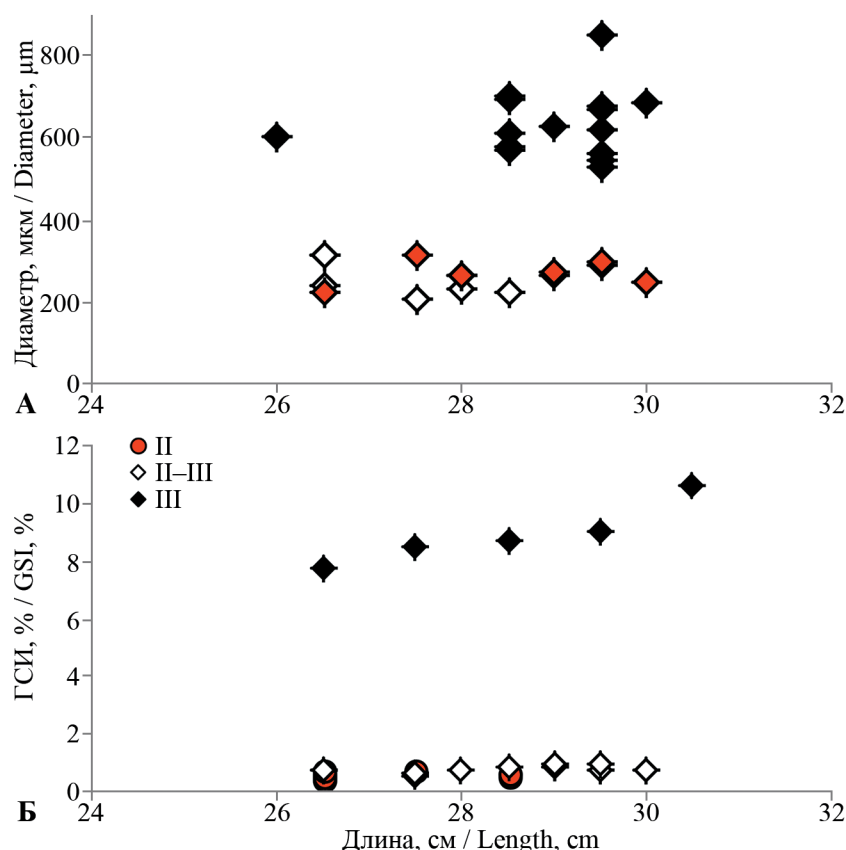


Рис. 6. Диаметр наиболее крупных ооцитов и ГСИ самок II, II–III и III стадий зрелости в ноябре–декабре  
Fig. 6. The diameter of the largest oocytes and the gonad-somatic indices of females at the II, II–III and III stages of maturation in November–December

Таблица 6. Некоторые показатели самцов II, II–III и III стадий зрелости и их гонад в ноябре–декабре 2005 г. (мин. – макс. (среднее))  
Table 6. Some indices for males at the II, II–III and III stages of gonad maturation in November–December of 2005 (min–max (mean))

Показатели Indices	Стадия зрелости / Stage of maturity		
	II	II–III	III
Длина рыб, см Fish length, cm	24,8–30,5 (27,1)	26,8	26,9–30,0 (29,3)
Масса гонад, г Gonad weight, g	0,009–0,493 (0,130)	0,500	17,0–103,0 (50,2)
ГСИ / GSI, %	0,03–0,32 (0,15)	0,32	7,4–23,4 (19,3)
Длина гонады, см Gonad length, cm	4,4–9,2 (6,5)	6,0	9,5–16,7 (14,3)
Длина гонады / длина рыбы, % Gonad length / fish length, %	17,6	22,4	33,0–56,6 (48,8)
Высота гонады, см Gonad height, cm	0,2–0,7 (0,4)	0,5	0,9–2,9 (1,5)
Кол-во рыб / Number of fish	33	1	22

Самки с яичниками III стадии зрелости встречаются в уловах с июля до января. За это время средне-месячная масса гонад самок возрастает от 4,5 до 15,1 г. Среднемесячный ГСИ увеличивается от 1,9 до 6,3% и в среднем составляет 5,7% (табл. 8, см. табл. 4). Длина гонад у разных особей варьирует от 6,2 до 17,5 см, равняясь, в среднем 12,5 см. Высота желез может составлять 0,7–2,4, в среднем 1,5 см. Длина желез относительно длины рыбы изменяется в диапазоне 20,3–54,1, при среднем показателе 40,6%.

При просмотре под биноклем желтковые ооциты непрозрачны (рис. 7А) и занимают весь ястык. Размеры ооцитов текущего фонда изменя-

ются от 390 до 777 мкм (рис. 8). Средний диаметр ооцитов у разных самок изменяется в пределах 491–674 мкм, равняясь в среднем 569 мкм (табл. 9). Ооциты расходного фонда находятся в фазах начального и интенсивного накопления желтка (рис. 7Б). Содержат много вакуолей, расположенных в периферической части яйцеклетки. Ооциты резервного фонда значительно отличаются по размерам. Их максимальный диаметр у разных особей варьирует от 196 до 316 мкм, составляя в среднем 239 мкм. Наиболее развитые ооциты резервного фонда имеют выраженное циркумнуклярное кольцо (рис. 7Б).



Таблица 7. Масса гонад, гонадосоматический индекс самцов III, III–IV, IV стадий зрелости в разные месяцы  
Table 7. The gonad weight and the gonad-somatic index of males at the III, III–IV, IV stages of maturity in different months

Месяц Month	Стадия зрелости / Stage of maturity					
	III		III–IV		IV	
	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %
Июль / July	4,2–10,4 (6,9)	1,7–4,1 (2,8)	–	–	–	–
Август / August	2,5–47,0 (25,1)	1,0–15,2 (7,2)	8,7–53,7 (30,4)	4,2–19,2 (10,9)	–	–
Сентябрь September	5,0–65,0 (34,7)	2,1–22,0 (13,0)	11,4–68,5 (38,5)	4,4–26,6 (14,9)	15,3–80,0 (49,6)	6,4–28,1 (18,4)
Октябрь October	3,2–41,8 (19,0)	1,9–22,9 (9,3)	11,7–75,0 (40,9)	6,0–26,0 (16,5)	13,1–100,0 (41,2)	6,0–24,7 (17,2)
Ноябрь November	3,9–96,0 (56,3)	1,8–27,1 (19,8)	9,0–58,3 (26,0)	5,1–20,5 (13,1)	15,5–100,0 (53,5)	9,0–31,0 (20,5)
Декабрь December	–	–	17,0–65,0 (33,8)	7,7–21,5 (16,3)	13,7–90,0 (45,0)	5,6–36,3 (19,3)
Январь / January	–	–	–	–	25,0–58,0 (41,5)	14,7–23,1 (18,7)
Февраль February	–	–	17,3–45,5 (36,7)	11,5–20,5 (17,2)	30,0–50,0 (42,6)	14,0–22,2 (19,3)
Март / March	–	–	–	–	19,0–43,0 (26,2)	11,5–19,5 (15,4)
Апрель / April	–	–	–	–	22,0–85,0 (46,6)	13,9–31,5 (22,5)

Таблица 8. Масса гонад, гонадо-соматический индекс самок III, III–IV, IV стадий зрелости в разные месяцы  
Table 8. The gonad weight and the gonad-somatic index of females at the III, III–IV, IV stages of maturity in different months

Месяц Month	Стадия зрелости / Stage of maturity					
	III		III–IV		IV	
	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %
Июль / July	2,0–5,8 (4,5)	1,1–3,4 (1,9)	–	–	–	–
Август / August	3,2–15,0 (8,3)	1,6–4,4 (3,0)	–	–	–	–
Сентябрь September	3,6–22,0 (12,3)	2,1–8,4 (4,7)	8,2–25,0 (14,3)	2,5–7,5 (5,2)	–	–
Октябрь October	6,8–20,8 (13,9)	3,8–8,0 (5,4)	3,0–27,9 (18,3)	1,3–9,4 (6,7)	–	–
Ноябрь November	7,6–39,5 (15,1)	3,9–21,4 (6,0)	5,0–36,5 (18,7)	1,1–11,6 (7,5)	10,0–90,0 (38,1)	3,9–17,1 (10,5)
Декабрь December	7,0–23,2 (13,9)	5,0–8,0 (6,3)	13,8–50,0 (29,7)	7,3–19,5 (11,4)	31,0–54,0 (41,2)	10,7–18,5 (14,6)
Январь January	–	–	15,0–85,0 (37,1)	8,6–34,0 (15,2)	33,0–40,0 (36,7)	12,9–15,0 (13,9)
Февраль February	–	–	–	–	30,0–50,0 (40,9)	14,0–20,4 (17,9)
Март / March	–	–	–	–	15,0–37,0 (23,0)	98,4–16,5 (12,6)
Апрель / April	–	–	–	–	15,0–105,0 (56,4)	11,2–40,1 (25,6)

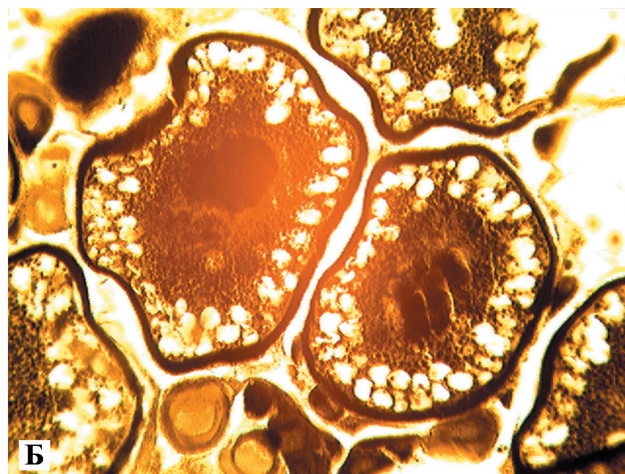
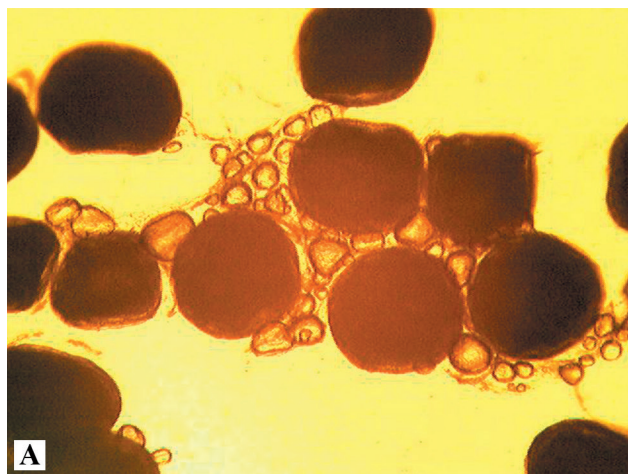


Рис. 7. Ооциты (А) и гистологический срез яичника (Б) сельди длиной 29,5 см III стадии зрелости  
Fig. 7. The oocytes (A) and the histological section of the ovary (Б) of herring with the body length 29.5 cm at the III stage of maturity

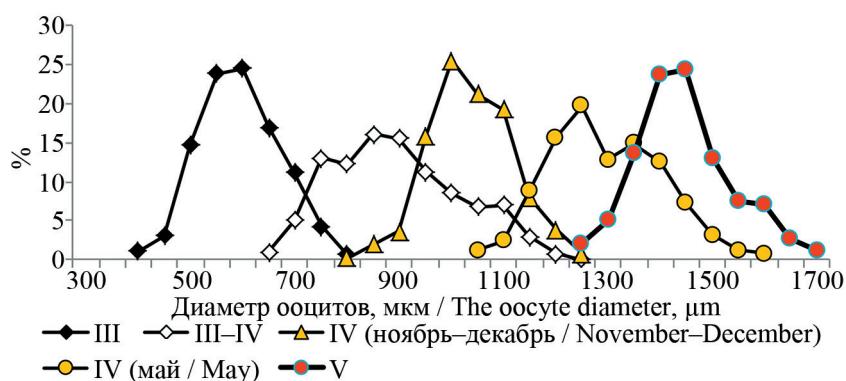


Рис. 8. Размерная структура ооцитов сельди «текущего» фонда разных стадий зрелости гонад

Fig. 8. The size structure of herring oocytes of "current" pool at different gonad maturity stages

Таблица 9. Диаметр ооцитов корфо-карагинской сельди разных стадий зрелости (мин.–макс. (среднее))  
Table 9. The diameter of the oocyte of Korf-Karagin herring at different stages of maturation (min–max (mean))

Стадия зрелости Stage of maturity	Макс. диаметр ооцитов, мкм The maximal diameter of oocyte, $\mu\text{m}$		Средний диаметр ооцитов, мкм The average diameter of oocyte, $\mu\text{m}$
	Резервный фонд Reserve pool	Расходный фонд Current pool	
II	142–327 (253)	–	–
II–III	224–336 (270)	352–527 (440)	–
III	196–316 (239)	352–986 (646)	491–674 (569)
III–IV	212–284 (254)	635–1197 (1009)	721–1112 (915)
IV (ноябрь–декабрь / November–December)	219–284 (250)	824–1229 (1207)	931–1064 (1012)
IV (май / May)	–	1193–1569 (1357)	1070–1387 (1270)
V	306–350 (330)	1473–1696 (1586)	1364–1524 (1420)
VI	306–398 (352)	–	–
VI–II	248–348 (298)	–	–

Масса гонад самцов и самок с увеличением длины рыб изменяется по виду степенной функции, а ГСИ более соответствует положительному

прямолинейному тренду, однако из-за значительного разброса значений теснота связи невысока (рис. 9, 10).

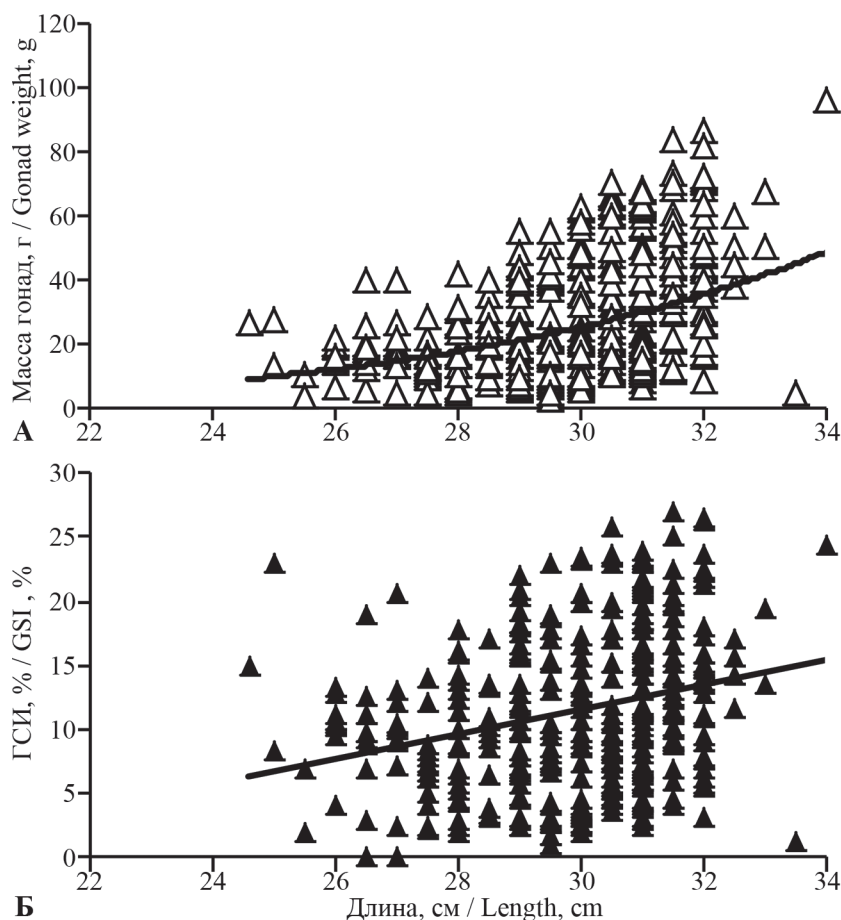


Рис. 9. Изменение массы гонад (А) и ГСИ (Б) самцов сельди III стадии зрелости в сентябре

Fig. 9. The dynamics of the gonad weight (A) and of the GSI (Б) of herring males at the III stage of maturity in September

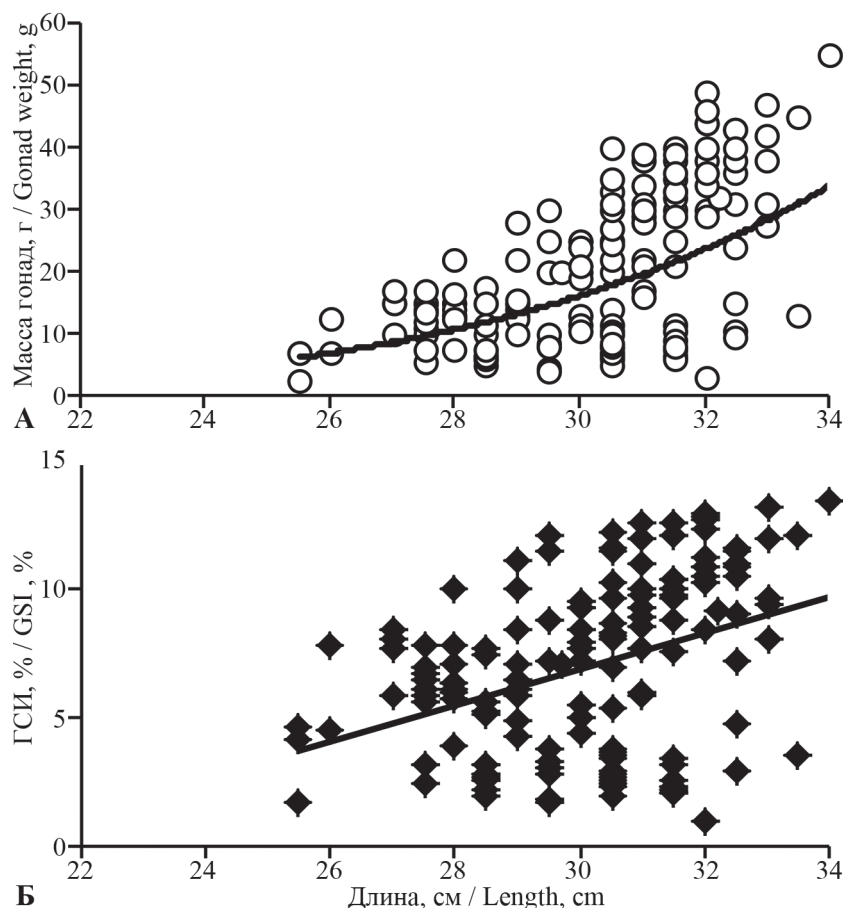


Рис. 10. Изменение массы гонад (А) и ГСИ (Б) самок III стадии зрелости в ноябре  
Fig. 10. The dynamics of the gonad weight (A) and of the GSI (B) of females at the III stage of maturity in November

**III–IV стадия.** Самцы, зрелость которых определена этой переходной стадией, отмечались в уловах с августа по апрель. Индивидуальные колебания массы гонад составляли 8,7–75,0 г, ГСИ — 4,2–26,6%. Среднемесячная масса семенников изменялась от 30,4 г в августе и к февралю достигала 36,7 г (табл. 7). ГСИ возрастал от 10,9 в августе до 16,3–17,2% в декабре и феврале.

Самки III–IV стадии зрелости регистрировались в августе–марте, наиболее часто отмечались в январе–марте и составляли около половины проанализированных рыб. Индивидуальные колебания массы яичников значительны: от 3,0 до 85,0 г. Среднемесячная масса гонад возрастала от 14,3 до 37,1 г, ГСИ увеличивался от 5,2 до 15,2% (табл. 8). Размеры желтковых ооцитов в ноябре–декабре изменялись от 635 до 1197 мкм, при среднем показателе 915 мкм (рис. 8). У разных самок средний диаметр изменялся в пределах 721–1112 мкм (табл. 9).

Как свойственно рыбам с гонадами переходной стадии, величина ГСИ занимает промежуточное положение, однако в отдельные месяцы отмечено нарушение этой закономерности, что связано с визуальной оценкой стадии наблюдателем.

**IV стадия.** Самцы с гонадами IV стадии зрелости встречаются с августа до апреля. В сентябре доля их составляет около 10%, в ноябре увеличивается вдвое и остается высокой до апреля. Индивидуальная масса гонад колеблется от 13,1 до 100,0 г, ГСИ — от 5,6 до 36,3%. Показатели ГСИ изменяются по месяцам от 17,2 до 22,5%, при среднем 18,4%. Длина гонад варьирует от 12,5 до 22,0 см и составляет в среднем 54,2% от длины рыбы (см. табл. 3, 7). Высота доли железы изменяется от 2,3 до 4,4 см.

Самки с гонадами этой стадии отмечаются в ноябре–апреле. В ноябре–декабре их доля невысока и равна 10%, затем к апрелю возрастает до 70%. За это время значительно увеличивается масса гонад (в среднем за месяц от 38,1 до 56,4 г) и, соответственно, ГСИ — от 10,5 в ноябре до 25,6% в апреле (табл. 8). Масса желез в ноябре–декабре изменяется от 32,5 до 80,0 г, длина — от 10,5 до 20,4 см, составляя в среднем 16,6 см, или 49,3% от длины рыбы. Высота желез варьирует от 1,3 до 3,5 см и в среднем составляет 2,4 см (см. табл. 4).

Размеры желтковых ооцитов в ноябре изменяются от 752 до 1229, а в мае — от 941 до 1569 мкм (рис. 8). Также отмечается заметное увеличение



средних показателей диаметра ооцитов: от 1012 мкм в ноябре–декабре до 1270 мкм в апреле–мае. В фиксированных пробах, собранных в ноябре–декабре, ооциты непрозрачны, просматривается тонкая студенистая оболочка. Состояние клеток текущего фонда соответствует фазам интенсивного наполнения и заполненного желтком ооцита (рис. 11А, Б).

По визуальным наблюдениям на нерестилищах, в яичниках сельди, определенных IV стадией, желтковые ооциты не овулированы, в фиксированных пробах выглядят непрозрачными либо более светлыми, с видимыми глобулами. Хорошо заметно пространство между желтком и оболочкой ооцита. На срезах просматриваются фолликулярный и студенистый слои. В апреле–мае в ооцитах начинается миграция ядра к анимальному полюсу (Отчет., 1976).

Рыбы с гонадами IV–V стадии зрелости в марте не встречались, а в апреле их доля достигала максимальной величины: 49% среди самцов и 26% — среди самок. В мае доля таких преднерестовых особей уменьшилась втрое. Масса семенников изменялась от 15,0 до 65,5 г, при среднем показателе 45,9 г. ГСИ варьировал от 15,2 до 32,8 (23,3%).

Самки, гонады которых визуальным образом определены IV–V стадией развития, встречались в сетных уловах в апреле и мае. Масса ястыков колебалась в широких пределах (от 16,7 до 95,0 г) и равнялась в среднем 51,7 г. ГСИ этих особей изменялся от 10,1 до 41,4, составляя в среднем 24,3%.

**Нерестовые. V стадия.** По длительности самая короткая стадия наблюдается во второй половине апреля – мае.

Масса гонад самцов может достигать 105 г. Длина гонад изменяется от 14,6 до 19,8 см и составляет в среднем 51,4% длины рыбы. Высота железы у рыб разной длины варьирует от 2,1 до 4,4 см (см. табл. 3). Часто в уловах встречаются особи с частично выметанными либо выдавленными из-за сжатия половыми продуктами. У готовых к нересту особей ГСИ может достигать 26,4–41,1%, а у частично выметавших половые продукты он снижается до 9,1%.

Масса гонад самок варьирует от 30 до 148 г, равняясь в среднем 68,3 г. Средняя длина желез равна 17,8 см и составляет 53,9% от длины рыбы. Высота гонад, как длина и масса, имеют наибольшие за весь цикл созревания значения — от 3 до 5 см. ГСИ может достигать 42,6%. На этой стадии желточные гранулы сливаются в гомогенную массу, и вскоре ооциты выходят из фолликулов. Со-

держимое ооцита заполнено глобулами. Хорошо видна студенистая оболочка ооцита (рис. 12). Диаметр овулированных ооцитов составляет

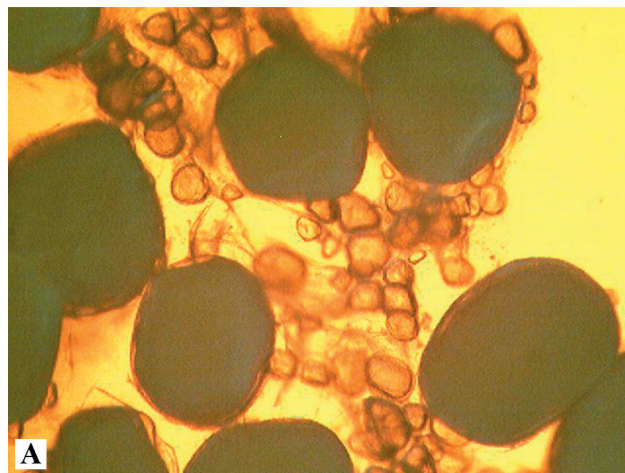


Рис. 11. Ооциты (А) и гистологический срез яичника (Б) сельди длиной 32,5 см IV стадии зрелости в ноябре  
Fig. 11. The oocytes (A) and the histological section of the ovary (B) of herring with the body length 32.5 cm at the IV stage of maturity in November

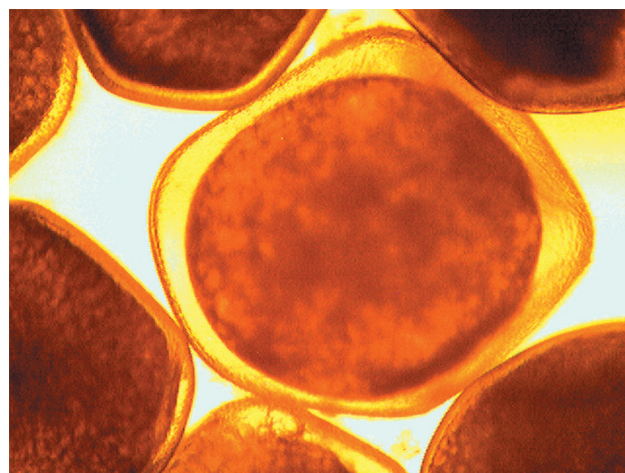


Рис. 12. Овулированный ооцит сельди длиной 32,5 см V стадии зрелости  
Fig. 12. Ovulated oocyte of herring with the body length 32.5 cm at the V stage of maturity



1209–1696, в среднем 1420 мкм (см. рис. 8). У разных самок средний диаметр варьировал от 1364 до 1524 мкм (табл. 9). У корфо-карагинской сельди размеры и масса ооцитов закономерно увеличиваются по мере роста самок (Науменко, 2001, 2012).

У корфо-карагинской сельди после фазы миграции ядра и слияния гранул желтка, перед овуляцией, наблюдается процесс созревания яйцеклетки, который сопровождается гидратацией. Однако в отличие, например, от минтая, выметывающего пелагическую икру, он менее выражен. У корфо-карагинской сельди размеры ооцитов при гидратации увеличиваются в среднем на 6%, у минтая — на 27% (Сергеева и др., 2011). Содержание воды в яйчниках сельди Британской Колумбии за период овуляции возрастает от 66 до 76% и остается на таком уровне до оплодотворения яиц (Gillis et al., 1990). Особенность небольшого овождения икринок сельди перед выметом можно считать приспособительным свойством, как и формирование студенистой оболочки.

**Отнерестившиеся. VI стадия.** Эта стадия определялась у рыб со следами недавнего нереста. Могут встречаться самцы с не полностью выметанными продуктами. Масса гонад самцов колебалась от 2,5 до 19,0 г, в среднем 11,5 г. Длина гонад практически не изменилась по сравнению с таковой у рыб V стадии зрелости, несколько уменьшилась высота желез, в среднем до 2,9 см. ГСИ варьирует в пределах 2,0–10,6, в среднем 6,3% (см. табл. 3).

Средняя масса гонад самок уменьшается до 4,2 г, длина желез — до 16,8 см, ГСИ — до 2,1% (см. табл. 4). В ткани яйчника имеется множество фолликулярных мешочков, оставшихся от выметанных ооцитов. Некоторые наиболее крупные ооциты под бинокляром отличаются от основной массы яйцеклеток и выглядят мутноватыми (рис. 13А). Максимальный диаметр ооцитов составляет 306–398 мкм. Фонд половых клеток представлен ооцитами цитоплазматического роста 1–4 ступеней и ооцитами фазы вакуолизации цитоплазмы (рис. 13Б) (Отчет..., 1976). Последние сформируют фонд текущей плодовитости следующего нерестового сезона. Ооциты периода цитоплазматического роста образуют фонд яйцеклеток, который реализуется в ходе последующих икрометаний.

**VI–II стадия.** Отнерестившиеся рыбы с железами в процессе восстановления. Встречаются с мая по июль, достигая наивысших значений в июле: 59% среди самцов и 70% — среди самок.

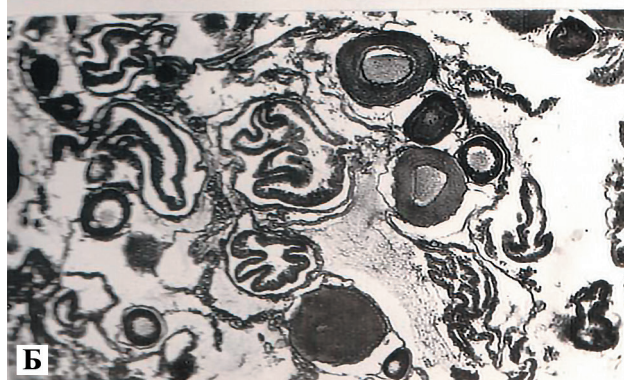
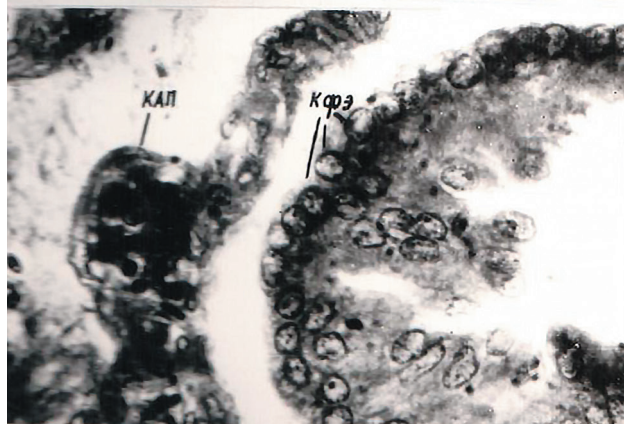
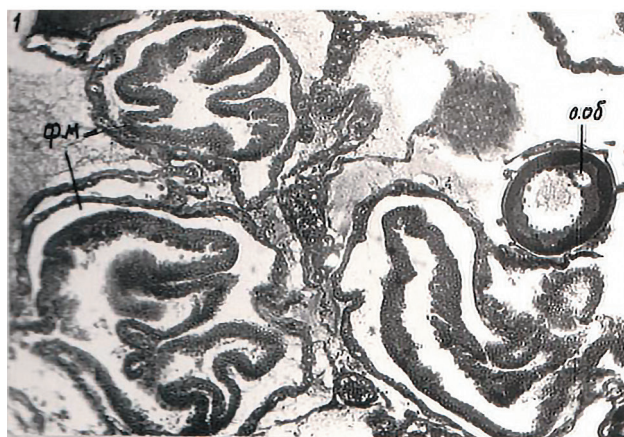
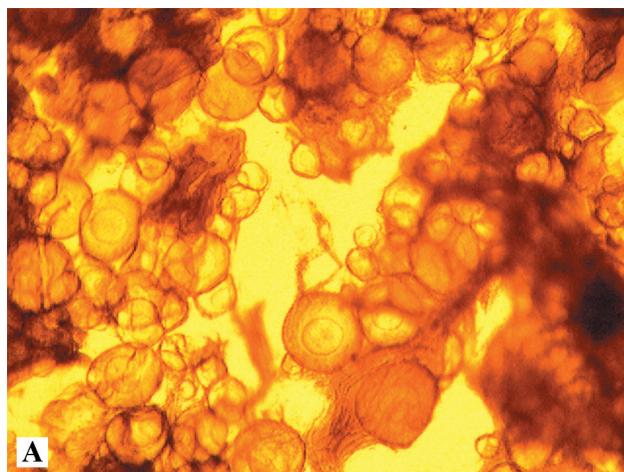


Рис. 13. Ооциты сельди длиной 29,5 см (А) и срез яйчника рыбы длиной 31,0 см (Б) (по Отчет..., 1976)  
Fig. 13. The oocytes of herring with the body length 29.5 cm (А) and the cross section of the ovary of herring with the body length 31.0 cm (Б) (on the Отчет..., 1976)

Масса гонад самцов изменяется от 0,9 до 8,5 г, составляя в среднем 3,4 г. ГСИ уменьшается до 0,5–3,7%. Длина гонад варьирует от 8,2 до 16,5 см, высота доли уменьшается до 1,0–1,6 см (см. табл. 3). Относительная длина желез колеблется от 31,5 до 54,1 при среднем показателе 37,8%.

Масса гонад самок варьирует от 1,1 до 9,1, в среднем 3,8 г. ГСИ изменяется в диапазоне 0,7–4,2%, при среднем показателе 1,9%. Длина желез уменьшается до 9,8–14,9 см и составляет от 33,6 до 45,2% от длины рыб.

Как и у самцов, масса гонад и ГСИ самок VI и визуально определенной VI–II стадии имеют близкие значения массы и ГСИ.

В яичниках присутствуют оогонии, которые имеются в яичниках на всех этапах жизненного цикла и пополняют фонд ооцитов цитоплазматического роста, и ооциты 1–4 ступеней цитоплазматического роста. Также имеются яйцеклетки фазы вакуолизации и появляются ооциты фазы начала трофоплазматического роста диаметром до 600 мкм. В этих клетках между вакуолями образуются гранулы желтка (Отчет., 1976). Наличие последних характерно для III стадии зрелости яичников (Сакун, Буцкая, 1963; Алексеев, Алексеева, 1996).

В течение 1,5–2 месяцев после нереста фолликулы резорбируются. Старшая генерация яйцеклеток уже представлена ооцитами начала желточного накопления и заключительной фазы вакуолизации (Отчет., 1976). Наступает III стадия.

#### Размерная структура ооцитов резервного фонда

Механизм развития яйцеклеток сельди описан для разных форм беломорских сельдей (Зеленков, 1981). Сразу после икрометания в железах имеется большая доля ооцитов 3 и 4 ступеней периода цитоплазматического роста. Вскоре резко уменьшается количество ооцитов 2, 3 и 4 ступеней, по-

являются ооциты фазы вакуолизации цитоплазмы. Затем начинает возрастать относительное количество ооцитов 3 и 4 ступеней, и уменьшаться — 1 и 2 ступеней.

У сельди Японского моря перед первым созреванием также наблюдается уменьшение доли ооцитов размерами менее 130 мкм и возрастание более крупных превителлогенных клеток (Коуа et al., 2003).

Видимо, такая схема развития яйцеклеток наблюдается и у корфо-карагинской сельди. В ходе настоящего исследования выяснено, что параллельно с развитием ооцитов расходного фонда у корфо-карагинской сельди происходит изменение состава «резервного». Так, если у неполовозрелых рыб модальную группу представляют ооциты размерами 76–100 мкм, то в яичниках III стадии зрелости относительное количество таких ооцитов уменьшается и незначительно возрастает доля более крупных яйцеклеток (рис. 14). В яичниках IV стадии зрелости еще более возрастает доля клеток диаметром более 150 мкм. В гонадах V стадии зрелости диаметр наиболее крупных превителлогенных ооцитов значительно превышает таковой у самок IV стадии. Очевидно, у преднерестовых самок интенсифицируются процессы, способствующие переходу ооцитов в более зрелое состояние. Так, у текущих особей в гонадах значительно возрастает доля ооцитов диаметром более 200 мкм, ооциты этой генерации у рыб с железами в процессе восстановления после икрометания достигают размеров 300–348 мкм.

У самок с железами в процессе восстановления значительно уменьшается доля ооцитов размерами до 125 мкм и возрастает доля клеток размерами более 175 мкм. Также появляются ооциты размерами более 300 мкм, последние близки к размерам ооцитов расходного фонда у рыб II–III стадии зрелости.

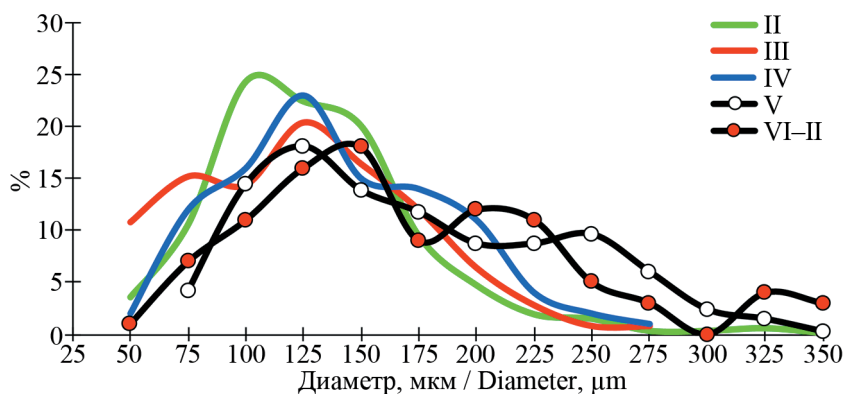


Рис. 14. Размерная структура ооцитов у самок II и VI–II стадий зрелости и резервного фонда — III, IV, V стадий зрелости гонад  
Fig. 14. The oocyte size structure in females at the II and VI–II stages of maturity and from the reserve pool — at the III, IV, V gonad maturity stages



### Сезонное созревание гонад корфо-карагинской сельди

Годичный цикл корфо-карагинской сельди разделяют на периоды: нерестовый, нагула, зимовки и преднерестовый (Прохоров, 1967; Качина, 1981).

Нерест сельди в бухтах Карагинского залива происходит в зависимости от гидрометеорологических условий года с 1 декады мая по начало июня (Качина, 1981; Науменко, 2001). В мае количество нерестовых особей максимально и в среднемноголетнем аспекте составляло 54 и 35% соответственно для самцов и самок. В крови отмечается повышенное содержание общего гемоглобина (Калюжная, 1982), которое снижается у отнерестовавших рыб.

В период нагула, в июне доля отнерестившихся самцов и самок составляет 29 и 33% соответственно, между тем уже отмечали особей III стадии зрелости (рис. 15). Таким образом, от нереста до развития гонад на III стадии проходит примерно месяц. В это же время в уловах отмечаются особи с гонадами II–III стадии зрелости. Поскольку в яичниках рыб этой стадии зрелости уже имеются яйцеклетки с желточными гранулами (Отчет., 1976), правильнее считать таких рыб достигшими III стадии зрелости. В июле доля рекрутов и рыб с гонадами в процессе «восстановления» максимальна, и к концу месяца заканчивается восстановление половых желез. Этот период характеризуется наибольшей протяженностью миграций и интенсивностью питания. На внутренностях и в мышцах накапливается жир, содержание которого в мясе вдвое превышает таковое у нерестовых

особей (Прохоров, 1967), а содержание гемоглобина вновь увеличивается (Калюжная, 1982).

В яичниках присутствуют, наряду с превителлогенными клетками, ооциты фаз вакуолизации цитоплазмы и начального накопления желтка. Формируется фонд плодовитости. Однако в это время невозможно разделить по размерам превителлогенные ооциты от вителлогенных. Боуверс и Холлидей (Bowers, Hollyday, 1961) отмечают, что в июле и августе у сельди Британской Колумбии созревающие ооциты также невозможно разделить от резервных. Начиная с сентября отделение текущего фонда заметно.

В августе и сентябре продолжается нагул корфо-карагинской сельди, в уловах доминируют рыбы с гонадами II–III и III стадии зрелости (рис. 15). Значения массы гонад и ГСИ значительно возрастают, особенно у самцов (рис. 16). Количество жира в мясе в этот период достигает максимальных значений (Прохоров, 1967), также возрастает содержание липидов и активизируется белковый рост (Калюжная, 1985).

В октябре интенсивность питания сельди снижается, и сельдь постепенно отходит на глубины 80–150 м (Качина, 1981). У основной массы половозрелых особей железы развиваются до III стадии. Ооциты расходного фонда находятся в фазах начального и интенсивного накопления желтка.

Период зимовки длится до марта (Качина, 1981). В ноябре–декабре косяки сельди смещаются на глубины 120–200 м, где рыбы и зимуют. В это время доминируют рыбы с железами III стадии, вторую позицию занимают особи с гонадами IV стадии, доля их среди самцов больше, чем среди

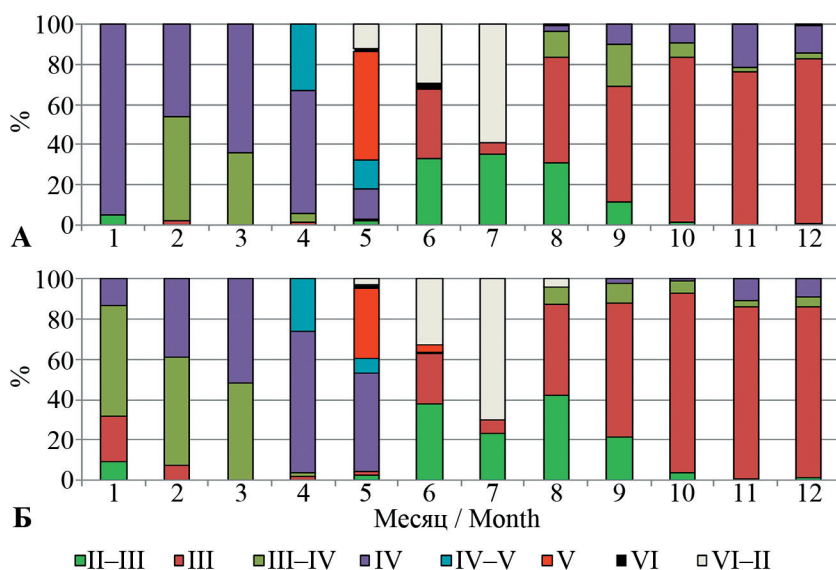


Рис. 15. Соотношение самцов (А) и самок (Б) корфо-карагинской сельди разных стадий зрелости в течение года (по многолетним данным)  
Fig. 15. The ratio between the males (А) and females (Б) of Korf-Karagin herring at different stages of maturity during the a year (longterm data)

самок. В ноябре у самцов отмечаются самые высокие показатели массы желез и ГСИ, которые сохраняются до преднерестового периода. В.Г. Прохоров (1968) полагал, что в зимний период заметных изменений в ястыках не отмечается, а лишь в апреле происходит резкое увеличение массы яичников. Результаты данного исследования показали, что масса гонад и ГСИ самок равномерно возрастают до февраля, возможно до марта.

Преднерестовый период начинается во второй половине марта и заканчивается в конце апреля – середине мая, в зависимости от гидрологических условий (Прохоров, 1967). В апреле практически все рыбы имеют гонады IV и IV–V стадий зрелости (рис. 15). В это время значительно возрастает масса гонад и ГСИ, особенно у самок. Если в периоды нагула и зимовки показатели массы гонад и ГСИ самцов превышали таковые самок, то в преднерестовый период эти значения выше у самок (рис. 16).

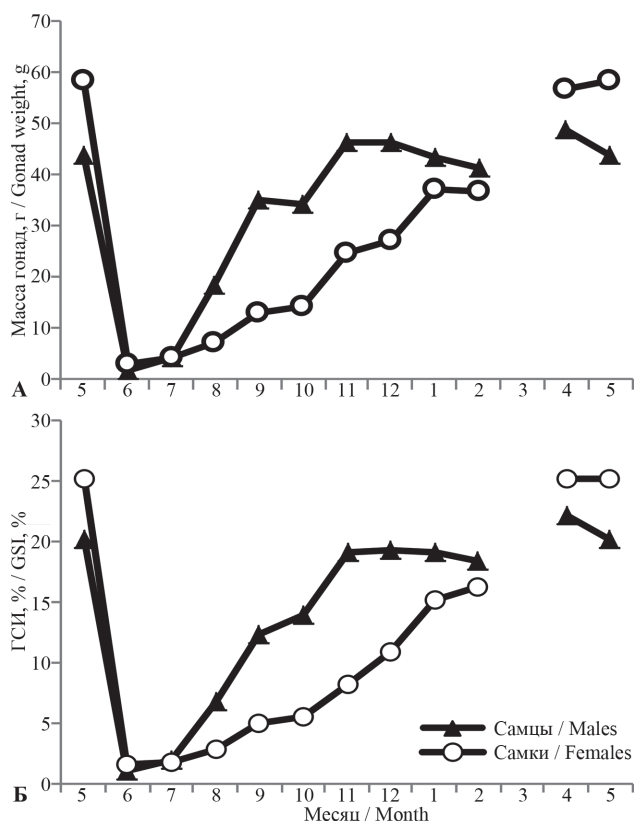


Рис. 16. Изменение массы гонад и ГСИ самцов и самок сельди в течение годового цикла  
Fig. 16. The dynamics of the gonad weight and the GSI of herring males and females during one year

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2003–2017 гг. наибольшая часть особей корфо-карагинской сельди созревала при длине 27–29 см (79% рыб) в возрасте 4+, 5+ лет (76%).

У неполовозрелых самцов средние показатели относительной длины гонад и ГСИ равнялись 21,3% и 1,4%, у самок эти значения составили 26,7 и 1,7% соответственно.

Относительная длина желез самцов III стадии равняется 51,6%, у нерестовых особей — 51,4, после нереста снижается до 37,8%. ГСИ, соответственно, составляет 11,5, 41,1 и 1,6%.

Длина яичников у самок III стадии равняется 40,6% от длины рыб, высота — 1,5 см. ГСИ варьирует от 1,1 до 21,4%. У готовых к нересту рыб эти показатели возрастают до 53,9% и 4,2 см, а ГСИ может достигать 42,6%. После нереста относительная длина гонад уменьшается до 40,7%, высота желез — до 1,2 см. ГСИ колеблется от 0,7 до 4,2%.

У неполовозрелых особей прерителлогенные ооциты достигают 4 ступени развития. В осенний период у некоторых особей II–III стадии зрелости старшая генерация ооцитов представлена ооцитами фазы вакуолизации, однако такие рыбы не будут составлять нерестовый запас следующего года.

В железах III стадии ооциты расходного фонда находятся в фазах начального и интенсивного накопления желтка. В гонадах IV стадии яйцеклетки развиваются до фаз интенсивного наполнения и заполненного желтком ооцита. У готовых к нересту самок все ооциты овулированы. После нереста наиболее развитые ооциты достигают фазы вакуолизации. Средний диаметр ооцитов расходного фонда на III стадии развития гонад составляет 569 мкм, на IV стадии увеличивается до 1012–1270 мкм. Размеры овулированных ооцитов достигают 1420 мкм.

По мере развития яичников изменяется структура ооцитов «резервного» фонда, возрастает доля клеток диаметром более 150 мкм и уменьшается доля более мелких.

Рассмотренные изменения показателей массы гонад, ГСИ, длины и высоты желез, средних и максимальных размеров ооцитов, характерных для разных стадий зрелости, вместе с описанием внешнего вида желез будут основой для уточнения и описания шкалы зрелости гонад корфо-карагинской сельди.

## ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Ф.Е., Алексеева Е.А. 1996. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов,



- плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб. Метод. пособие. Калининград: АтлантНИРО. 76 с.
- Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1982. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина. 304 с.
- Елисеев В.Г. 1959. Основы общей гистологии и гистологическая техника. М.: Наука. 271 с.
- Зеленков В.М. 1981. Оогенез и динамика количества половых клеток беломорской сельди *Clupea pallasii n. maris-albi* Berg // Тр. ПИНРО. Вып. 45. С. 65–73.
- Калюжная Т.И. 1982. Сезонные изменения физиологического состояния половозрелой корфо-карагинской сельди // Биология моря. № 3. С. 46–51.
- Калюжная Т.И. 1985. Физиолого-биохимическая характеристика половозрелой корфо-карагинской сельди // Сб. Сельдевые сев. части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 50–56.
- Качина Т.Ф. 1977. Закономерности темпа полового созревания тихоокеанской сельди *Clupea harengus Pallasii* Val. (на примере корфо-карагинского стада) // Вопр. ихтиологии. Т. 17, вып. 2 (103). С. 301–311.
- Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Легкая и пищевая пром-сть. 120 с.
- Качина Т.Ф., Акимов Р.Я. 1972. К биологии сеголетков корфо-карагинской сельди // Изв. ТИНРО. Т. 82. С. 309–320.
- Коркош В.В. 1975. Изменение ооцитов у корфо-карагинской сельди в процессе их развития // Изв. Тихоокеан. НИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. Т. 97. С. 15–20.
- Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. 3-е изд. М.: Высшая школа. 294 с.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 216 с.
- Мейен В.А. 1938. Инструкция по определению пола и степени зрелости половых продуктов у рыб. М.-Л.: Пищепромиздат. 22 с.
- Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. 330 с.
- Науменко Н.И. 2012. Динамика некоторых качественных характеристик ооцитов корфо-карагинской сельди // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 27. С. 50–55.
- Овен Л.С. 1976. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. Киев: Наукова думка. 131 с.
- Отчет о работе комплексной Корфо-Карагинской экспедиции в 1975 г. 1976. Мурманск: ПИНРО–КотинРО. Инв. № 3431. Т. 1, 2. 284 с.
- Персов Г.М. 1966. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей // Тр. Мурманск. морского биол. ин-та. Вып. 12 (16). С. 7–44.
- Персов Г.М. 1975. Дифференцировка пола у рыб. Л.: ЛГУ. 148 с.
- Плохинский Н.А. 1961. Биометрия. Новосибирск: Сиб. отд. АН СССР. 364 с.
- Прохоров В.Г. 1967. О сезонных циклах в биологии половозрелой сельди западной части Берингова моря // Изв. Тихоокеан. НИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. Т. 61. С. 216–223.
- Прохоров В.Г. 1968. О зимнем периоде жизни беринговоморской сельди // Изв. Тихоокеан. НИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. Т. 64. С. 329–337.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. 1963. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. М.: Знание. 36 с.
- Сергеева Н.П., Варкентин А.В. 2016. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 42. С. 5–31.
- Сергеева Н.П., Варкентин А.В., Буслов А.В. 2011. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 23. С. 33–69.
- Чмилевский Д.А. 2003. К вопросу о периодизации оогенеза костистых рыб (обзор) // Вопр. ихтиологии. Т. 41, вып. 3. С. 375–387.
- Bowers A.V., Holliday F.G.T. 1961. Histological changes in the gonad associated with the reproductive cycle of the herring (*Clupea harengus* L.) // Mar. Res. Soc. № 5. 16 p.
- Gillis D., McKeown B., Hay D. 1990. Physiological and histological aspects of late oocyte provisioning, ovulation, and fertilization in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 47. P. 1505–1512.
- Koya Y., Soyano K., Yamamoto K., Obana H., Matsubara T. 2003. Oocyte development and serum profiles of vitellogenin and steroid hormone levels in captive female Pacific herring *Clupea pallasii* during their first maturational cycle // Fisheries Science. Vol. 69. P. 137–145.

## REFERENCE

- Alekseev F.Y., Alekseeva Y.A. *Opredeleniye stadiy zrelosti gonad i izucheniye polovykh tsiklov, plodovitosti, produktsii ikry i tempa polovogo sozrevaniya u morskikh promyslovykh ryb*. [Determination of the stages of gonad maturity and the study of sexual cycles, fertility, caviar production and pace of puberty in marine commercial fish]. Method. allowance. Kaliningrad: AtlantNIRO, 1996, 76 p.
- Volkova O.V., Yeletskiy Y.K. *Osnovy gistologii s gistologicheskoy tekhnikoy* [Basics of histology with a histological technique]. Moscow: Medicine, 1982, 304 p.
- Eliseev V.G. *Osnovy obshchey gistologii i gistologicheskaya tekhnika* [Fundamentals of general histology and histological technique]. Moscow: Nauka, 1959, 271 p.
- Zelenkov V.M. Oogenesis and dynamics of the number of germ cells of the White Sea herring *Clupea pallasii n.maris-albi* Berg. *Trudy PINRO*, 1981, vol. 45, pp. 65–73. (In Russian)
- Kalyuzhnaya T.I. Seasonal changes in the physiological state of the mature Korfo-Karaginsky herring. *Biologiya morya*, 1982. No. 3, pp. 46–51. (In Russian)
- Kalyuzhnaya T.I. Physiological and biochemical characteristics of sexually mature Korf-Karaginsky herring. *Collection of scientific papers "Herring north parts of the Pacific Ocean"*. Vladivostok: TINRO, 1985, pp. 50–56. (In Russian)
- Kachina T.F. Patterns of pace of puberty in the Pacific herring *Clupea Harengus Pallasii* Val. (on the example of the Korf-Karaginsky herd). *Voprosy ikhtiologii*, 1977, vol. 17, issue 2 (103), pp. 301–311. (In Russian)
- Kachina T.F. *Seld zapadnoy chasti Beringova morya* [Herring of the western part of the Bering Sea]. Moscow, 1981, 120 p.
- Kachina T.F., Akimova R.Y. On the biology of yearlings of Korf-Karaginsk herring. *Izvestiya TINRO*, 1972, vol. 82, pp. 309–320. (In Russian)
- Korkosh V.V. Change in oocytes in Korfko-Karaginskaya herring during their development. *Izvestiya TINRO*, 1975, vol. 97, pp. 15–20. (In Russian)
- Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. 3rd ed. Moscow: Higher school, 1980, 294 p.
- Makeeva A.P. *Embriologiya ryb* [Embryology of fish]. Moscow: MSU, 1992, 216 p.
- Meyyen V.A. *Instruktsiya po opredeleniyu pola i stepeni zrelosti polovykh produktov u ryb* [Instructions for determining the sex and maturity of sexual products in fish]. Moscow–Leningrad: Pishchepromizdat, 1938, 22 p.
- Naumenko N.I. *Biologiya i promysel morskikh seld-ey Dalnego Vostoka* [Biology and fishing of marine herring of the Far East]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor, 2001, 330 p.
- Naumenko N.I. The dynamics of some qualitative characteristics of oocytes for herring of Korfsky and Karaginsky gulfs. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 27, pp. 50–55. (In Russian with English abstract)
- Oven L.S. *Osobennosti oogeneza i kharakter neresta morskikh ryb* [Features of oogenesis and the nature of spawning of marine fish]. Kiev: Naukova Dumka, 1976, 131 p.
- Otchet o rabote kompleksnoy Korfo-Karaginskoy ekspeditsii v 1975 g.* [Report on the work of the integrated Korfo-Karaginsk expedition in 1975]. Murmansk: PINRO–Ko–TINRO, 1976, Inv. No. 3431, vol. 1, 2, 284 p.
- Persov G.M. The early period of gametogenesis in migratory salmon. *Trudy Murmansk. morskogo biol. in-ta*, issue 12 (16), pp. 7–44. (In Russian)
- Persov G.M. *Differentsirovka pola u ryb* [Differentiation of sex in fish]. Leningrad: LGU, 1975, 148 p.
- Plokhinskiy N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Novosibirsk: Sib. Dep. USSR Academy of Sciences, 1961, 364 p.
- Prokhorov V.G. On the winter period of life of the Bering Sea herring. *Izvestiya TINRO*, 1968, vol. 64, pp. 329–337. (In Russian)
- Prokhorov V.G. On seasonal cycles in the biology of mature herring in the western part of the Bering Sea. *Izvestiya TINRO*, 1967, vol. 61, pp. 216–223. (In Russian)
- Sakun O.F., Butskaya N.A. *Opredeleniye stadiy zrelosti i izucheniye polovykh tsiklov ryb* [Determining the stages of maturity and studying the sexual cycles of fish]. Moscow: Znaniye, 1963, 36 p.
- Sergeeva N.P., Varkentin A.I. Patterns of maturation, gonad maturity gradation and cycle of maturation of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 42, pp. 5–31. (In Russian with English abstract)
- Sergeeva N.P., Varkentin A.I., Buslov A.V. Naturel maturation, cyclic stages and gonad maturation stage scaling for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific*

*Ocean*, 2011, vol. 23, pp. 33–69. (In Russian with English abstract)

Chmylevskii D.A. On Periods of Oogenesis in Teleostei (A Review). *Voprosy ikhtiologii*, 2003, vol. 41, issue 3, pp. 375–387. (In Russian)

Bowers A.V., Holliday F.G.T. Histological changes in the gonad associated with the reproductive cycle of the herring (*Clupea harengus* L.) *Mar. Res. Soc.*, 1961, no. 5, 16 p.

Gillis D., McKeown B., Hay D. Physiological and histological aspects of late oocyte provisioning, ovulation, and fertilization in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1990, vol. 47, pp. 1505–1512.

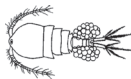
Koya Y., Soyano K., Yamamoto K., Obana H., Matsubara T. Oocyte development and serum profiles of vitellogenin and steroid hormone levels in captive female Pacific herring *Clupea pallasii* during their first maturational cycle. *Fisheries Science*, 2003, vol. 69. P. 137–145.

Статья поступила в редакцию: 06.02.2019

Статья принята после рецензии: 30.04.2019

УДК 574.1

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.126-137

**ИХТИОПЛАНКТОН АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ В 2014–2017 ГГ.****Д.Я. Саушкина**

*Н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18  
Тел., факс: 8 (4152) 41-27-01, 42-38-62. E-mail: melnik.d.y@kamniro.ru*

**ИХТИОПЛАНКТОН, АВАЧИНСКАЯ ГУБА, ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ИКРА, ЛИЧИНКИ РЫБ**

На основании данных комплексных научно-исследовательских работ в Авачинской губе в 2014–2017 гг., проанализирован видовой состав ихтиопланктонного сообщества, оценено относительное количество икры и личинок рыб, а также рассмотрены сезонные изменения качественного состава и уловов ихтиопланктона. Всего за весь период исследований в водах Авачинской губы зарегистрировано 25 видов рыб из 11 семейств. Обнаруженные в наших сборах икра и личинки рыб принадлежали таким семействам, как: камбаловые, тресковые, рогатковые, песчанковые, лисичковые, терпуговые, липаровые, корюшковые, птилихтовые, стихеевые и морские окуни. Ихтиопланктон Авачинской губы на 92% состоял из икры и на 8% из личинок. Наиболее богат ихтиопланктонный комплекс в апреле и мае.

**THE ICHTHYOPLANKTON OF AVACHINSKAYA BAY IN 2014–2017****Daria Ya. Saushkina**

*Researcher; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18  
Tel., fax: +7 (4152) 41-27-01, 42-38-62. E-mail: melnik.d.y@kamniro.ru*

**ICHTHYOPLANKTON, AVACHINSKAYA BAY, SPECIES DIVERSITY, EGGS, FISH LARVAE**

Species composition of ichthyoplankton community was analyzed, relative abundance of eggs and fish larvae and seasonal changes in the qualitative composition of ichthyoplankton catches was estimated based on the data of the complex researches in Avachinskaya Bay in 2014–2017. In general 25 species from 11 families were found for the whole period of researches in the waters of Avachinskaya Bay. The eggs and the larvae revealed in our catches represented the families, including Pleuronectidae, Gadidae, Cottidae, Ammodytidae, Agonidae, Hexagrammidae, Liparidae, Osmeridae, Ptilichthyidae, Stichaeidae and Scorpaenidae. The ichthyoplankton in Avachinskaya Bay consisted in 92% of eggs and in 8% of larvae. The ichthyoplankton complex was the most reach and abundant in April and May.

Авачинская губа — бухта Тихого океана у юго-восточного побережья п-ова Камчатка. Общая площадь поверхности составляет около 230 км<sup>2</sup>. Протяженность ее по меридиану равна 24 км, максимальная глубина достигает 28 м (Потапов, 2014). Берега губы приглубленные, изрезанные и образуют ряд бухт, многие из которых (Раковая, Петропавловская и др.) представляют собой удобные гавани, хорошо защищенные от ветров отрогами горных хребтов. Дно относительно ровное. Вся его центральная часть покрыта илом, ближе к берегу — песком, гравием и галькой. Температура воды на поверхности в Авачинской губе имеет положительные значения с апреля по ноябрь и отрицательные — с декабря по март. Среднегодовая температура воды Авачинской губы — 3,9 °С (Потапов, 2014).

По берегам губы находятся город Петропавловск-Камчатский и другие населенные пункты. Вдоль береговой полосы расположены промышленные предприятия, а также гражданский и во-

енно-морской флот (Копылов, Павлова, 1998; Трямкина, Бородина, 2014). Авачинская губа является не только главными транспортными воротами Камчатского края, но имеет и рекреационное и рыбохозяйственное значение. Она является местом нагула и миграционных путей лососевых видов рыб. Здесь же располагаются рыбопромысловые участки, где ведется промысел тихоокеанских лососей, а в рамках спортивно-любительского рыболовства добывают корюшку, камбал, палтусов, из беспозвоночных — морских ежей, моллюсков и др. Авачинская губа — идеальное место для любителей морских круизов, рыбалки или дайвинга.

Вследствие развития производственных сил Камчатки, в XX в. акватория губы подверглась достаточно сильному антропогенному воздействию, что, в свою очередь, повлекло ряд изменений в ее экосистеме (Березовская, Клочкова, 1998). Также значительное влияние на экологическое состояние губы оказывают выпадающие в нее



реки — Авача и Паратунка, по берегам которых располагаются небольшие населенные пункты и находятся сельскохозяйственные предприятия, со сточными водами которых поступают взвешенные, биогенные и токсичные вещества.

В ходе исследований, проводимых учеными в конце 1990-х гг., выявлено, что все эти процессы приводят к загрязнению вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами, фенолами и прочими веществами, оказывающими воздействие на все структурные компоненты экосистемы Авачинской губы (Копылов, Павлова, 1998; Березовская, Клочкова, 1998). В том числе воздействие нефтепродуктов отражается на выживании ихтиопланктона в море в процессе эмбрионального и постэмбрионального развития икры и личинок рыб. Было отмечено, что ранние стадии развития рыб в 10–100 раз чувствительнее взрослых особей. Воздействие нефти на икру рыб вызывает аномалии в эмбриональном развитии (деформация и помутнение оболочки икринок, сжатие желтка, искривление хорды, недоразвитие головы эмбриона и др.), что приводит к гибели личинок сразу после выклева из икры. Для нормальной жизнедеятельности ихтиопланктонных организмов концентрация нефтепродуктов в воде не должна превышать для разных видов 0,0001–0,1 мл/л (Климова, 2005; Климова и др., 2014).

Так, по литературным данным (Березовская, Клочкова, 1998; Клочкова, Березовская, 2001), в 1980-е и 1990-е годы содержание нефтепродуктов в воде Авачинской губы превышало значение ПДК в 3–10 раз. В 2000-е годы таких высоких концентраций в акватории губы зафиксировано не было, хотя в отдельные годы все же наблюдали незначительное (не более чем вдвое) превышение ПДК по этому показателю. В 2008–2010 гг. содержание нефтепродуктов на акватории Авачинской губы было стабильно ниже ПДК. С 2003 по 2010 гг. поступление нефтепродуктов и фенолов в Авачинскую губу снизилось, но это произошло из-за уменьшения объемов стока, а не из-за того, что сточные воды стали чище. Что подтверждается и тем, что сток СПАВ (поверхностно-активные вещества) не уменьшился. Фенолы, поступление которых резко снижалось, начиная с 2006 г. устойчиво сохраняли в воде губы концентрацию, в 3–6 раз превышающую ПДК на протяжении 10 лет. Тем не менее, по сравнению с 1980-ми годами, их содержание в воде губы снизилось в среднем в 2,7

раза. СПАВ в течение почти всего периода определений не достигали концентраций, равных ПДК, хотя в отдельные годы, например в 2002 г., были близки к нему (Лепская и др., 2014).

С целью оценки текущего состояния условий обитания гидробионтов (в т. ч. ихтиопланктона) на акватории Авачинской губы, с 2013 г. и по настоящее время специалисты ФГБНУ «КамчатНИРО» выполняют экологический и санитарно-микробиологический мониторинг. Результаты данных комплексных научно-исследовательских работ позволяют оценить современное эколого-рыбохозяйственное состояние Авачинской губы и выработать научную основу для экологической реабилитации этого водоема. Некоторые результаты этих исследований опубликованы ранее в работе Е.В. Лепской с соавторами (2014), однако в ней не рассматривался ихтиопланктонный комплекс.

Еще в начале XIX в. в литературе были описаны первые рыбы Авачинской губы (Tilesius, 1810; Pallas, 1814 [по Токранов, Шейко, 2015]). С конца XIX – начала XX вв. появляется большое количество работ, в которых исследователи дают подробное описание некоторых видов рыб, обитающих в этом водоеме (Гребницкий, 1897 [по Токранов, Шейко, 2015]; Шмидт, 1904; Солдатов, Линдберг, 1930; Линдберг, 1935; Панин, 1936; Boulenger, 1893 [по Токранов, Шейко, 2015]; Bean, Bean, 1897 [по Токранов, Шейко, 2015]; Jordan, Gilbert, 1899 [по Токранов, Шейко, 2015]; Gilbert, Burke, 1912; Rendahl, 1931). А.М. Попов (1931, 1935; Popov, 1933) и К.А. Виноградов (1947, 1949) в своих трудах расширили представления о составе ихтиофауны Авачинской губы. На протяжении всего XX в. эпизодически выполняли обловы рыб на акватории Авачинской губы сотрудники отраслевых и академических институтов (Токранов, Шейко, 2015). Однако публикации об ихтиопланктоне Авачинской губы на современном этапе отсутствуют.

Цель — охарактеризовать структуру ихтиопланктонного сообщества Авачинской губы.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- изучить видовой состав ихтиопланктонного комплекса (икра и личинки рыб);
- оценить относительное количество ихтиопланктеров;
- проанализировать сезонные изменения качественного состава и уловов ихтиопланктона.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили сборы икры и личинок рыб в рамках экологического мониторинга Авачинской губы с апреля по октябрь 2014–2017 гг. (табл. 1). Отбор проб проводили один раз в месяц на 10 контрольных точках по специально разработанной сетке станций (табл. 2, рис. 1) (Лепская и др., 2014). Всего отобрано и обработано 239 проб ихтиопланктона. Сбор ихтиопланктона проводили икорной конической сетью (ИКС-80) диаметром 80 см и площадью входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup>, изготовленной из капронового газа № 14. Облавливали слой от дна до поверхности. Полученную пробу фиксировали в 4%-м растворе формалина для последующей камеральной обработки. При идентификации видовой принадлежности икры и личинок рыб руководствовались работами Т.А. Перцевой-Остроумовой (1961), С.С. Григорьева (2007), а также атласом “Laboratory Guide to Early Life History Stages of Northeast Pacific Fishes” (Mata-

rese et al., 1989). Латинские названия семейств и видов (подвидов), а также экологическая и зоогеографическая группировки приведены согласно каталогу Б.А. Шейко и В.В. Федорова (2000).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ихтиофауна Авачинской губы на современном этапе насчитывает 76 видов рыб из 23 семейств (Токранов, Шейко, 2015). Из списка рыб, обнаруженных в губе, 25 таксономических групп из 11 семейств (около 33% ихтиофауны) были встречены в уловах ихтиопланктонной сети (табл. 3). Из них 17 идентифицированы до вида, 2 — до рода, 5 — до семейства. Систематическую принадлежность некоторых других ихтиопланктеров установить не удалось из-за различных внешних повреждений.

Обитающие в губе рыбы весьма разнообразны в отношении предпочитаемых биотопов, биологии и образа жизни. В составе ихтиопланктона встречались икра и личинки трех биотопических группировок

Таблица 1. Сроки работ и объем собранного материала  
Table 1. The time of the research and the size of the sample collected

Год Year	Число, месяц Date, month	Год Year	Число, месяц Date, month	Год Year	Число, месяц Date, month	Год Year	Число, месяц Date, month
2014	21 апреля April	2015	29 апреля April	2016	×	2017	29 апреля April
	20 мая May		21 мая May		20 мая May		25 мая May
	24 июня June		25 июня June		25 июня June		21 июня June
	22 июля July		25 июля July		30 июля July		21 июля July
	20 августа August		21 августа August		25 августа August		15 августа August
	19 сентября September		24 сентября September		20 сентября September		18 сентября September
	×		20 октября October		×		20 октября October
Итого кол-во проб / The total sample size							
60		65		45		69	

Таблица 2. Описание расположения станций отбора проб и их координаты в период проведения комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в апреле–октябре 2014–2017 гг. (Лепская и др., 2014)  
Table 2. The description of the scheme of sampling stations with coordinates in the period of making the complex ecological monitoring of Avachinskaya Bay in April–October in 2014–2017 (Лепская и др., 2014)

Станция Station	Широта Latitude	Долгота Longitude	Расположение / Location
1	53°03'4	158°34'1	Район расположения промышленных предприятий, пос. Моховая The site of location of industrial enterprises in Mokhovaya Village
2	52°58'4	158°34'3	Центральная станция в Авачинской губе / Central station in Avachinskaya Bay
3	52°56'2	158°29'0	Вход в бухту Крашенинникова / Krasheninnikova Bay entrance
4	53°01'2	158°31'0	Устье р. Авачи / Avacha River mouth
5	52°59'0	158°28'5	Устье р. Паратунки / Paratunka River mouth
6	53°01'4	158°37'3	Район расположения промышленных предприятий, б. Култушная The site of location of industrial enterprises in Kultuchnaya Bay
7	53°00'1	158°38'2	Район расположения промышленных предприятий, м. Сигнальный The site of location of industrial enterprises at the Cape Signalny
8	52°58'3	158°40'0	Вход в бухту Раковую / Rakovaya Bay entrance
9	52°57'1	158°37'2	Линия, соединяющая п-ов Завойко и п-ов Крашенинникова The line connecting Zavoyko Peninsula and Krasheninnikov Peninsula
10	52°54'0	158°41'0	Выход из Авачинской губы / Avachinskaya Bay exit

рыб: элиторальной, сублиторальной и неритической. Преобладали икра и личинки элиторальной группировки, представленной 7 семействами с 13 видами. Среди них по числу видов преобладало семейство Камбаловых (*Pleuronectidae*) (6 видов). Список ихтиопланктонного комплекса включает также группу сублиторальных (3 вида) и неритических (1 вид) видов (рис. 2А). У большинства указанных в списке видов в данном водоеме протекают наиболее важные периоды жизни: размножение, эмбриогенез и ранний онтогенез.

Анализ географической принадлежности видов рыб, составляющих ихтиофауну Авачинской губы, позволил выделить следующие группы видов.

1. Арктическо-бореальные: *Limanda aspera*, *Hippoglossoides robustus*, *Platichthys stellatus*, *Eleginus gracilis*, *Ammodytes hexapterus*, *Mallotus villosus catervarius*, *Lumpenus sagittal*.

2. Широкобореальные приазиатские: *Limanda sakhalinensis*, *Gymnacanthus detrisus*, *Podothecus sturiodes*, *Liparis latifrons*.

3. Широкобореальные тихоокеанские: *Hippoglossoides elassodon*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Theragra chalcogramma*, *Ptilichthys goodie*.

4. Высокобореальный тихоокеанский: *Lepidopsetta polyxystra*.

5. Низкобореальный приазиатский: *Myoxocephalus brandtii*.

Основу ихтиопланктонного комплекса формировали арктическо-бореальные, широкобореальные приазиатские и широкобореальные тихоокеанские виды. Эти группы видов в ихтиопланктоне вод Авачинской губы соотносятся следующим образом: арктическо-бореальных — 7 (41,1%), широкобореальных приазиатских и тихоокеанских — по 4 вида (по 23,5%), высокобореальный тихоокеанский — 1 (5,9%) и низкобореальный приазиатский — 1 (5,9%) (рис. 2Б).

Специалисты, ранее исследовавшие ихтиофауну данного водоема, разделили виды на несколько групп по их связи с Авачинской губой. В первую группу вошли рыбы, живущие в губе или проводящие здесь значительную часть жизненного цикла: например, звездчатая камбала *Platichthys stellatus*, птилихт *Ptilichthys goodie*, шлемоносный бычок *Gymnacanthus detrisus*. Вторая группа — рыбы, заходящие сюда на нагул или нерест из прилегающих вод Авачинского залива: например, палтусовидная *Hippoglossoides elassodon*, четырехбугорчатая *Pleuronectes quadrituberculatus*, двухлинейная *Lepidopsetta bilineata*, желтоперая *Limanda aspera* камбалы, мойва *Mallotus villosus*, навага *Eleginus gracilis*, терпуги рода *Hexagrammos* и рогатковые рода *Myoxocephalus* (Роров, 1933; Виноградов, 1949; Василец и др., 1998; Токранов, Шейко, 2015).

В наших сборах обнаруженные икра и личинки принадлежат к таким семействам, как:



Рис. 1. Схема станций в период проведения комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в апреле–октябре 2014–2017 гг.

Fig. 1. The scheme of stations in the period of making the complex ecological monitoring of Avachinskaya Bay in April–October in 2014–2017

Таблица 3. Видовой состав икры и личинок рыб Авачинской губы  
Table 3. Species composition of fish eggs and larvae in Avachinskaya Bay

Семейство, вид Family, species	Икра / Eggs	Лич. / Larvae	Наличие взр. особей по лит. данным (Поров, 1933; Виноградов, 1947; Токранов, Шейко, 2015) Presence of adult individuals according literature data	Экологическая группировка Ecological group	Зоогеографическая группировка Zoogeographic group
<b>Сем. Pleuronectidae</b>					
<i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814), желтоперая камбала	+	+	+	ЭЛ*	АБ*
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> (Pallas, 1814), четырехбугорчатая камбала	+	—	+	ЭЛ	ШБ ТО
<i>Limanda sakhalinensis</i> (Hubbs, 1915), сахалинская камбала	+	—	—	ЭЛ	ШБ ПЗ
<i>Lepidopsetta polyxstra</i> (Orr et Matarese, 2000), двухлинейная камбала	—	+	+	ЭЛ	ВБ ТО
<i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1788), звездчатая камбала	+	—	+	СЛ	АБ
<i>Hippoglossoides robustus</i> (Gill et Townsend, 1897), северная палтусовидная камбала	+	—	—	ЭЛ	АБ
<i>Hippoglossoides elassodon</i> (Jordan et Gilbert, 1880), узкозубая палтусовидная камбала	+	+	+	ЭЛ	ШБ ТО
<b>Сем. Gadidae</b>					
<i>Theragra chalcogramma</i> (Jordan et Gilbert, 1894), тихоокеанский минтай	+	+	+	ЭЛ	ШБ ТО
<i>Eleginus gracilis</i> (Tilesius, 1810), тихоокеанская навага	—	+	+	ЭЛ	АБ
<b>Сем. Cottidae</b>					
<i>Gymnacanthus</i> gen. sp., шлемоносцы	—	+	*	—	—
<i>Gymnacanthus detritus</i> (Gilbert et Burke, 1912), широколобый шлемоносец	—	+	+	ЭЛ	ШБ ПЗ
<i>Myoxocephalus</i> gen. sp., керчаки	—	+	*	—	—
<i>Myoxocephalus brandtii</i> (Steindachner, 1867), белопятнистый керчак	—	+	—	СЛ	НБ ПЗ
<b>Сем. Ammodytidae</b>					
<i>Ammodytes hexapterus</i> (Pallas, 1814), тихоокеанская песчанка	—	+	+	ЭЛ	АБ
<b>Сем. Agonidae</b>					
<i>Podothecus sturiodes</i> (Guichenot, 1869), дальневосточная лисичка	—	+	+	ЭЛ	ШБ ПЗ
<i>Agonidae</i> gen. sp., лисичковые	—	+	*	—	—
<b>Сем. Hexagrammidae</b>					
<i>Hexagrammidae</i> gen. sp., терпуговые	—	+	*	—	—
<b>Сем. Liparidae</b>					
<i>Liparidae</i> gen. sp., липаровые	—	+	*	—	—
<i>Liparis latifrons</i> (Schmidt, 1950), продольно-полосатый липарис	—	+	+	ЭЛ	ШБ ПЗ
<b>Сем. Osmeridae</b>					
<i>Mallotus villosus catervarius</i> , (Pennant, 1784), тихоокеанская мойва	—	+	+	Н	АБ
<b>Сем. Ptilichthyidae</b>					
<i>Ptilichthys goodei</i> (Bean, 1881), птилихт	—	+	+	ЭЛ	ШБ ТО
<b>Сем. Stichaeidae</b>					
<i>Lumpenus sagitta</i> (Wilimovsky, 1956), стреловидный люппен	—	+	+	СЛ	АБ
<i>Stichaeidae</i> gen. sp., стихеевые	—	+	*	—	—
<b>Сем. Sebastidae</b>					
<i>Sebastidae</i> gen. sp., морские окуни	—	+	—	—	—
<i>Pisces</i> sp. sp., прочие виды	—	+	—	—	—
Итого / In the total: 25	7	21	14		

Примечание: Знак «+» означает, что вид отмечен в уловах, (\*) — зарегистрированы другие виды, относящиеся к данному семейству, «—» — не зарегистрирован. Экологическая группировка: ЭЛ — элиторальный, СЛ — сублиторальный, Н — неритический. Зоогеографическая группировка: АБ — арктическо-бореальный, ШБ ТО — широкобореальный тихоокеанский, ШБ ПЗ — широкобореальный приазиатский, ВБ ТО — высокобореальный тихоокеанский, НБ ПЗ — низкобореальный приазиатский (Шейко, Федоров, 2000).

Note: The symbol “+” means that the species was observed in the catches, (\*) — some other species of the family were observed, “—” — was not observed. Ecological group: ЭЛ — elittoral, СЛ — sublittoral, Н — neritic. Zoogeographic group: АБ — Arctic-boreal, ШБ ТО — Pacific wide boreal, ШБ ПЗ — Asian wide boreal, ВБ ТО — Pacific high boreal, НБ ПЗ — Asian low boreal (Шейко, Федоров, 2000)



камбаловые, тресковые, рогатковые, песчанковые, лисичковые, терпуговые, липаровые, корюшковые, птилихтовые, стихеевые и морские окуни.

Разнообразнее представлено семейство камбаловых: 7 видов, или 28% видового состава ихтиофауны (табл. 3). Остальные семейства отмечены

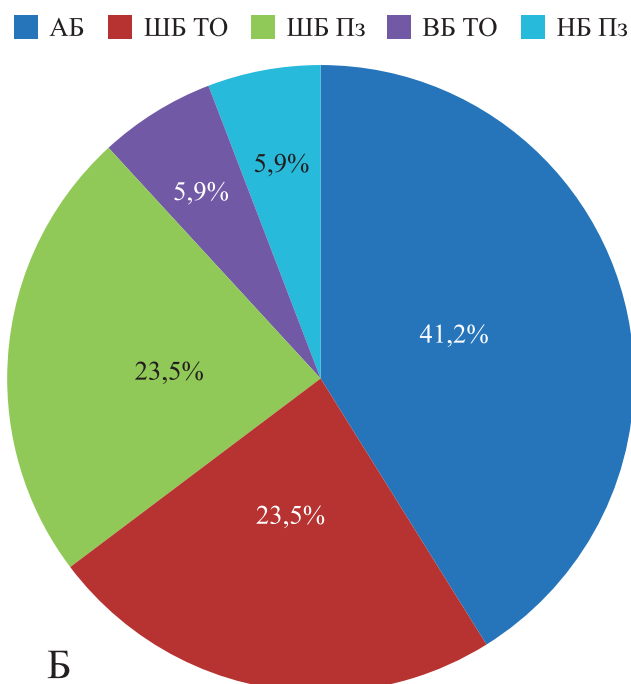
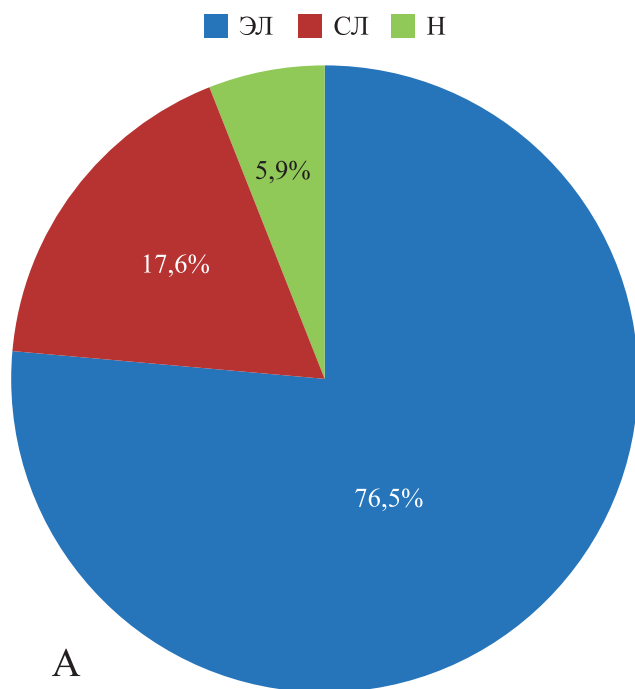


Рис. 2. Видовой состав икры и личинок рыб Авачинской губы: А — экологическая группировка; Б — зоогеографическая группировка  
Fig. 2. The species composition of fish eggs and larvae in Avachinskaya Bay: А — ecological group; Б — zoogeographic group

меньшим числом таксонов — 1–2 вида. Ихтиопланктон Авачинской губы на 92% состоял из икры и на 8% из личинок (рис. 3). Обнаруженная в наших сборах икра принадлежала двум основным промысловым семействам: камбаловых и тресковых (рис. 4). На 88,2% ихтиопланктонный комплекс был сформирован икрой камбаловых. Наибольший вклад в структуру ихтиопланктонного сообщества вносила икра звездчатой камбалы (75,9%). Эмбрионы находились на I и II стадиях развития (Расс, 1965).

Также в пробах присутствовала икра желтопестрой камбалы (8,3%), минтая (4,3%), узкозубой палтусовидной камбалы (2,1%) и четырехбугорчатой камбалы (1,4%). На долю остальных видов приходилось 0,6% суммарной численности ихтиопланктона.

Личиночный комплекс ихтиопланктона Авачинской губы более разнообразен и представлен всеми 11 семействами. Однако их количественные показатели были значительно ниже. Доля всех личинок составила 7% от суммарной численности ихтиопланктона. Наибольший вклад в структуру ихтиопланктонного сообщества вносили личинки единственного представителя семейства песчанковых — тихоокеанской пес-

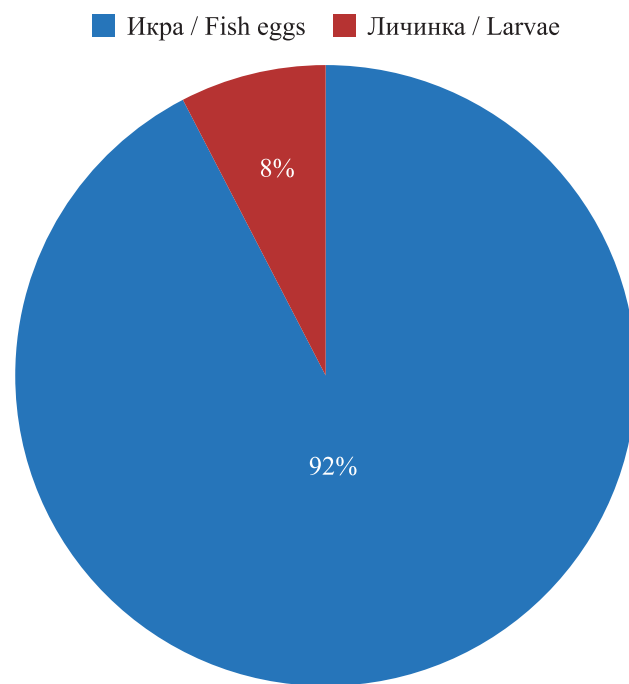


Рис. 3. Вклад икры и личинок рыб (%) в Авачинской губе в апреле–октябре 2014–2017 гг.  
Fig. 3. The contribution ratio of fish eggs and larvae (%) in Avachinskaya Bay in April–October in 2014–2017

чанки (3,1%). Длина личинок варьировала от 4,3 до 18,7, а в среднем составила 8,5 мм. На долю рогатковых пришлось 1,3%. Вклад каждого из остальных представителей личиночного комплекса не превышал 1% (рис. 4).

Сезонная динамика ихтиопланктона была изучена в апреле–сентябре 2014, 2015 и 2017 гг. В конце апреля основу ихтиопланктонного комплекса Авачинской губы составляли икра и личинки 8 семейств. В состав ихтиопланктона входила икра представителей двух семейств: камбаловых и тресковых. В конце апреля 82,5% суммарной численности ихтиопланктона формировала икра камбал с весенне-летним типом нереста: звездчатая, четырехбугорчатая и палтусовидная (Перцева-Остроумова, 1961; Золотов, 2010). Среди них в пробах преобладала икра звездчатой камбалы, ее доля составила 80,8% (рис. 5). В этом месяце в во-

дах Авачинской губы преобладала икра I стадии развития, доля которой превышала 85%. Относительная численность икры двух других видов камбал, четырехбугорчатой и палтусовидной, размножавшихся в губе одновременно со звездчатой, не превышала 1,5% и 0,2% соответственно. На втором месте по количеству икры в пробах находился минтай, составив 6,7% от общей численности икры и личинок в апреле (рис. 6). Высокой численности в этом месяце достигали личинки рогатковых и песчанковых при доминировании личинок тихоокеанской песчанки, доля которых превышала 7%. Доля личинок семейства рогатковых в ихтиопланктоне, несмотря на то, что конец апреля характеризовался наиболее высокой их численностью, не превышала 1,4% (рис. 5). Единично встречались личинки липаровых, лисичковых, камбаловых, стихеевых и птилихтовых.

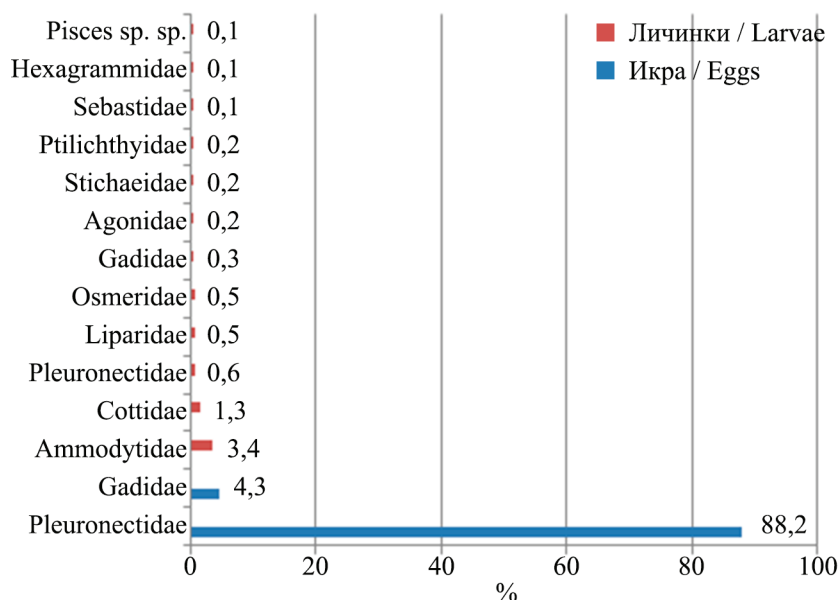


Рис. 4. Средняя относительная численность икры и личинок рыб различных семейств в Авачинской губе в апреле–октябре 2014–2017 гг.  
Fig. 4. The average relative abundance of fish eggs and larvae from different families in Avachinskaya Bay in April–October in 2014–2017

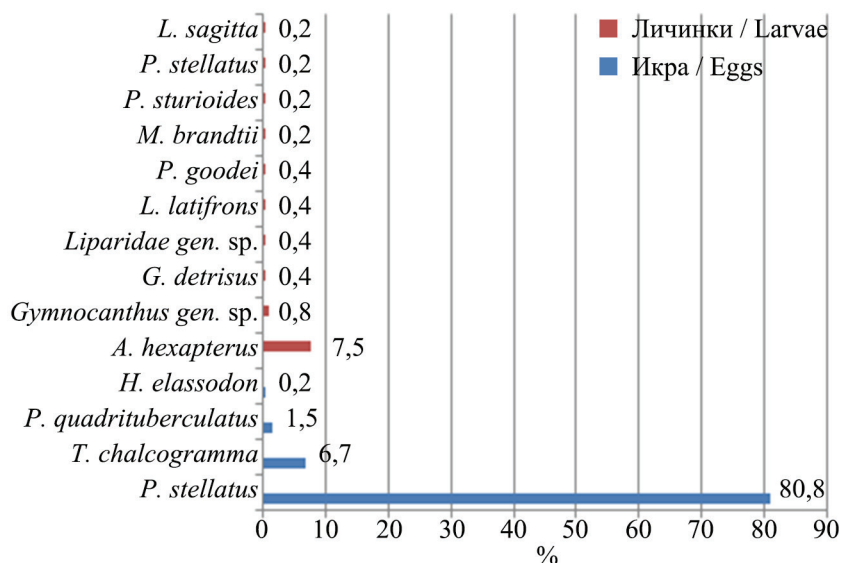


Рис. 5. Средняя относительная численность икры и личинок рыб в апреле 2014–2017 гг.  
Fig. 5. The average relative abundance of fish eggs and larvae in April in 2014–2017

К концу мая видовой состав ихтиопланктона сократился до 6 семейств. Вместе с тем произошло снижение абсолютной численности икры и личинок до 196 экз. Основу ихтиопланктона составляла икра тех же четырех видов рыб. Почти в два раза снизилась интенсивность икрометания звездчатой камбалы, икра которой появилась в наших пробах в конце апреля. Однако к концу мая доля икры этого вида также находилась на достаточно высоком уровне: 80,6% от суммарной численности ихтиопланктона. Несмотря на возросшее количество в пробах икры палтусовидной и четырехбугорчатой камбал, их относительная численность по-прежнему оставалась низкой, составив 5,6 и 3,6% соответственно. К концу мая доля икры минтая сократилась до 4,1% от общей численности икры и личинок. Если в конце апреля на долю личинок приходилось 10,8%, то к концу мая их численность снизилась до 6,6% (рис. 6). Видовой

состав личинок также претерпел некоторые изменения. Отсутствовали личинки стреловидного люмпена и птилихта, обнаруженные ранее в апрельских пробах.

В конце июня количество семейств осталось неизменным. Однако произошло изменение в качественном составе икры и личинок, представленных в ихтиопланктонных уловах, за счет появления пелагических личинок тихоокеанской мойвы. Если в конце мая наблюдалась тенденция к снижению количества личинок, то в этом месяце доля личинок возросла до 22,8%. Причем в уловах встречались виды, присутствовавшие в конце апреля, но выпавшие из видового списка в конце мая, например стреловидный люмпен. Видовой состав пополнился личинками трех видов камбал: узкозубой палтусовидной, четырехбугорчатой и желтоперой, обитающих в водах Авачинской губы (рис. 7). Доминировали личинки камбаловых и

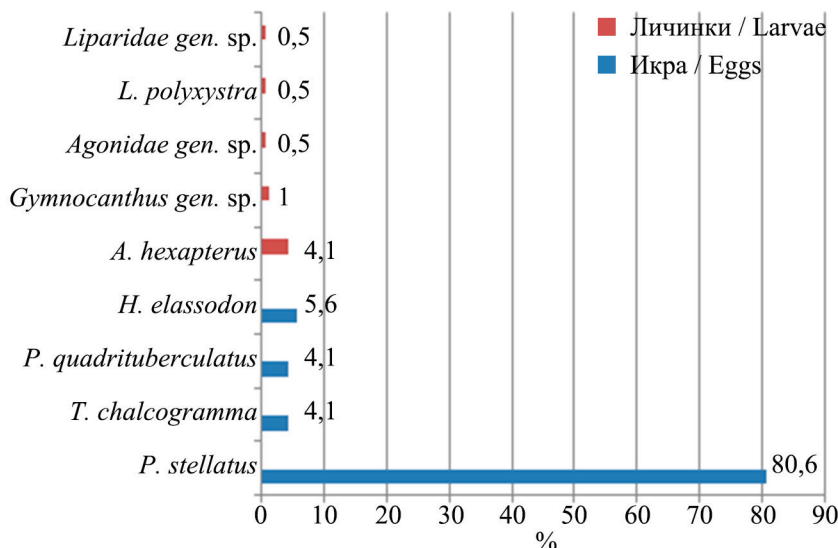


Рис. 6. Средняя относительная численность икры и личинок рыб в мае 2014–2017 гг.

Fig. 6. The average relative abundance of fish eggs and larvae in May in 2014–2017

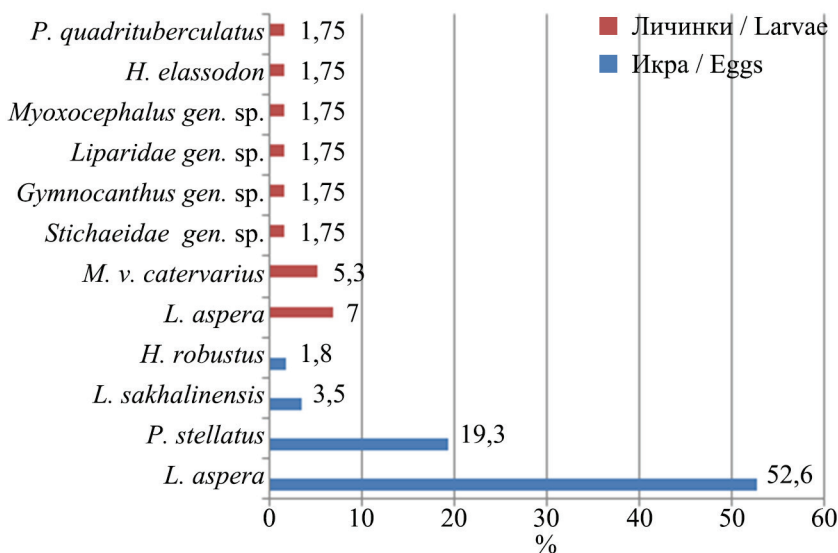


Рис. 7. Средняя относительная численность икры и личинок рыб в июне 2014–2017 гг.

Fig. 7. The average relative abundance of fish eggs and larvae in June in 2014–2017

корюшковых с относительной численностью 10,5 и 5,3% соответственно.

Некоторым изменениям в июне подвергся и видовой состав икры. В конце июня в ихтиопланктоне произошла смена весенне-нерестящихся видов камбал на виды камбал с преимущественно летним типом нереста: желтоперую, сахалинскую и северную палтусовидную. Значительный вклад в структуру уловов ихтиопланктонной сети в июне вносила икра желтоперой камбалы, составив 52,6%. В конце июня произошло снижение до 19,3% численности преобладающей с апреля икры звездчатой камбалы.

Конец июля характеризовался сокращением разнообразия видов в ихтиопланктоне. Видовой состав включал в себя трех представителей из двух семейств — камбаловых и корюшковых. В ихтиопланктонном комплексе продолжила доминировать икра желтоперой камбалы, на долю которой пришлось 90,3% (рис. 8). В уловах в небольших количествах продолжила встречаться икра сахалинской камбалы, численность которой не превысила 4 экз. Доля единственного представителя личиночного комплекса, тихоокеанской мойвы, составила 4,2%.

В конце августа количество икры и личинок в пробах заметно сократилось, что обусловлено окончанием нерестового сезона большинства видов рыб, размножавшихся в водах Авачинской губы. С конца июля по конец августа этот показатель снизился более чем в 6 раз. Видовой состав икры и личинок состоял из личинок наваги, тихоокеанской песчанки и икры желтоперой камбалы. В конце августа в пробах встречалась икра этого

вида камбал, общее количество которой значительно изменилось: от 65 экз. в конце июля до 8 экз. в конце августа. Единично встречались только личинки наваги и тихоокеанской песчанки.

В сентябре на одной из станций была встречена единственная личинка семейства терпуговых размером 7,8 мм. В октябре икра и личинки не обнаружены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате нашей работы были получены новые данные о структуре ихтиопланктонного комплекса Авачинской губы в 2014–2017 гг. В уловах встречались икра и личинки 25 видов рыб из 11 семейств. Обнаруженные в наших сборах икра и личинки принадлежали к таким семействам, как: камбаловые, тресковые, рогатковые, песчанковые, лисичковые, терпуговые, липаровые, корюшковые, птилихтовые, стихеевые и морские окуни.

Наибольший вклад в структуру ихтиопланктонного сообщества вносила икра семейства камбаловых — 88,2%, из нее более 75% принадлежало звездчатой камбале. Среди личинок доминировала тихоокеанская песчанка, на долю которой приходилось 3,4%. Вклад каждого из остальных представителей личиночного комплекса не превышал 1%.

По мере повышения температуры воды происходило замещение весенненерестующих видов видами с летним типом нереста. Ихтиопланктонный комплекс в 2014–2017 гг. носил монодоминантный характер. Для каждого периода было характерно преобладание определенных видов.

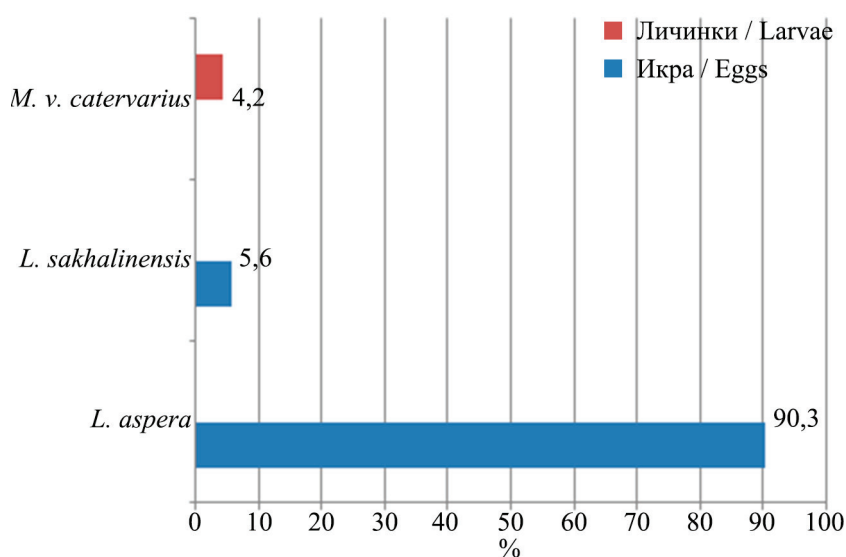


Рис. 8. Средняя относительная численность икры и личинок рыб в июле 2014–2017 гг.  
Fig. 8. The average relative abundance of fish eggs and larvae in July in 2014–2017



Наиболее богат ихтиопланктонный комплекс в апреле и мае. В эти месяцы основу численности формировала икра звездчатой камбалы с относительной численностью около 85%. В июне–июле преобладала икра желтоперой камбалы, доля которой достигала 53–90%. Пик численности ихтиопланктона, сформированный личинками песчанки, приходился на апрель. В июне доминировали личинки камбаловых и корюшковых.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Березовская В.А., Клочкова Н.Г. 1998. Содержание кислорода, биогенных и загрязняющих веществ в воде Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский: Госкомэкология. С. 19–26.
- Василец П.М., Карпенко В.И., Максименков В.В. 1998. Некоторые сведения об ихтиофауне Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский: Госкомэкология. С. 65–70.
- Виноградов К.А. 1947. Фауна прикамчатских вод Тихого океана: Дис. ... докт. биол. наук. Л.: ЗИН АН СССР. Т. 1. 377 с.
- Виноградов К.А. 1949. О сезонных изменениях состава ихтиофауны Авачинской губы (Восточная Камчатка) // Зоологич. журнал. Т. 28. Вып. 6. С. 573–574.
- Григорьев С.С. 2007. Ранние стадии рыб северо-востока России (прибрежные морские воды и внутренние водоемы): Атлас-определитель / Под ред. А.М. Токранова. Владивосток: ДВО КФТИГ. 331 с.
- Золотов А.О. 2010. Камбалы западной части Берингова моря: динамика численности и особенности биологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 24 с.
- Климова Т.Н. 2005. Ихтиопланктон Черного моря как индикатор экологического состояния шельфовых вод Украины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 25 с.
- Климова Т.Н., Вдодович И.В., Финенко Г.А., Сатилмис Х.Х., Бат Л., Узтум Ф., Сахин Ф., Биринси-Оздемир З. 2014. Ихтиопланктон прибрежных вод юго-западной части Крыма и полуострова Синоп в 2002–2003 гг. // Морской экологич. журнал. Т. 13. № 3. С. 33–42.
- Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 2001. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. Владивосток: Дальнаука. 208 с.
- Копылов Б.И., Павлова В.П. 1998. Экология Авачинской губы: источники загрязнения, проблемы, решения, перспективы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский: Госкомэкология. С. 11–18.
- Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Коломейцев В.В., Устищенко Е.А., Сергеенко Н.В., Виноградова Д.С., Свириденко В.Д., Походина М.А., Щеголькова В.А., Максименков В.В., Полякова А.А., Галямов Р.С., Горин С.Л., Коваль М.В. 2014. Исторический обзор исследований и основные результаты комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в 2013 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 34. С. 5–21.
- Линдберг Г.У. 1935. О нахождении иваси и анчоуса на Камчатке // Природа. № 5. С. 47–48.
- Муравьев Я.Д. 1998. Краткий физико-географический очерк Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский: Госкомэкология. С. 7–10.
- Панин К.И. 1936. О нахождении дальневосточной сардины-иваси (*Sardinops sagax melanosticta* Temm. et Schl.) в водах Восточной Камчатки // Доклады АН СССР. Т. 3 (12). № 1 (96). С. 41–44.
- Перцева-Остроумова Т.А. 1961. Размножение и развитие дальневосточных камбал. М.: АН СССР. 484 с.
- Попов А.М. 1931. Тихоокеанская зубатка *Anarrhichas orientalis* Pall. (Pisces), ее систематическое положение и распространение, с замечаниями о зубатках СССР // Доклады АН СССР. Сер. А. № 14. С. 380–386.
- Попов А.М. 1935. О фауне Авачинской губы и ее распределении по биоценозам // Доклады АН СССР. Т. 4 (9). № 8–9 (77). С. 353–356.
- Потапов В.В. 2014. Гидрологическая характеристика Авачинской губы // Фундаментальные исследования. № 9. С. 2227–2231.
- Расс Т.С. 1965. Инструкция по поиску рыбы по плавающей икре. Пекин: Комиссия по рыбохозяйственным исследованиям западной части Тихого океана. 31 с.
- Солдатов В.К., Линдберг Г.У. 1930. Обзор рыб дальневосточных морей // Изв. ТИРХ. Т. 5. С. 576.
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2015. Современный состав ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов

Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 36. С. 48–54.

Тряпкина Е.А., Бородин В.В. 2014. Экологические проблемы Авачинской бухты // Успехи современного естествознания. № 8. С. 79–80.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holosephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы. Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатн. двор. С. 7–61.

Шмидт П.Ю. 1904. Рыбы восточных морей Российской Империи. СПб.: Изд. Имп. Рус. Геогр. Общ. 466 с.

Gilbert Ch.H., Burke Ch.V. 1912. Fishes from Bering Sea and Kamchatka // Bulletin of the Bureau of Fisheries for 1910. Vol. 30. P. 31–96.

Matarese A.C., Kendall A.W., Blood D.M., Vinter M.V. 1989. Laboratory guide to early life history stages of Northeast Pacific fishes. NOAA Tech. Rep. NMFS. Vol. 80 (1). 652 p.

Popov A.M. 1933. Fishes of Avacha Bay on the southern coast of Kamchatka // Copeia. No. 2. P. 59–67.

Rendahl H. 1931. Ichthyologische Ergebnisse der Schwedischen Kamtchatka-Expedition 1920–1922 // Arkiv för Zoologi. Bd. 22A. H. 4. No. 18. P. 1–76

## REFERENCES

Berezovskaya V.A., Klochkova N.G. The content of oxygen, nutrients and pollutants in the water of Avacha Bay. *Collection of scientific articles on ecology and environmental protection of Avacha Bay*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Goskomekologiya, 1998, pp. 19–26. (In Russian)

Vasilets P.M., Karpenko V.I., Maksimenkov V.V. Some information about the ichthyofauna of Avacha Bay. *Collection of scientific articles on ecology and environmental protection of Avacha Bay*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Goskomekologiya, 1998, pp. 65–70. (In Russian)

Vinogradov K.A. *Fauna prikamchatskikh vod Tikhogo okeana. Dissertatsiya doktora biologicheskikh nauk* [Fauna of the Pacific Waters off Kamchatka, Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation]. Leningrad: Zoological Institute, 1947, 377 p.

Vinogradov K.A. On Seasonal Changes in Composition of Ichthyofauna of Avachinskaya Inlet (Eastern Kamchatka). *Zoologich. zhurnal*, 1949, vol. 28, issue 6, pp. 573–574. (In Russian)

Grigoriev S.S. Ranniye stadii ryb severo-vostoka Rossii (pribrezhnyye morskoye vody i vnutrenniye vodoyemy). Atlas-opredelitel [Early stages of fishes of the Northeastern Russia (coastal marine and fresh waters): an atlas-guide]. Vladivostok: DVO KfTIG, 2007, 331 p.

Zolotov A.O. *Kambaly zapadnoy chasti Beringova morya: dinamika chislennosti i osobennosti biologii. Avtoreferat disertatsii kandidata biologicheskikh nauk* [Flounders of the western part of the Bering Sea: abundance dynamics and biology features. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Vladivostok, TINRO, 2010, 24 p.

Klimova T.N. *Ikhtioplankton Chernogo morya kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya shelfovykh vod Ukrainy. Avtoreferat disertatsii kandidata biologicheskikh nauk* [Ichthyoplankton of the Black Sea as Indicator of the Ecological State of Shelf Waters in Ukraine. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Moscow: Inst. Okeanol., Ross. Akad. Nauk, 2005, 25 p.

Klimova T.N., Vdodovich I.V., Finenko G.A., Saitilmis H.H., Bat L., Ustun F., Sahin F., Birinci-Ozdemir Z. Ichthyoplankton of the coastal waters of the South-Western part of the Crimea and Sinop Peninsula in 2002–2003. *Marine ecological journal*, 2014, vol. 13, no. 3, pp. 33–42. (In Russian)

Klochova N.G., Berezovskaya V.A. Makrofitobentos Avachinskoy guby i ego antropogennaya destrukttsiya [Macrophytobenthos of the Avacha Bay and its anthropogenic destruction]. Vladivostok, Dalnauka, 2001, 208 p.

Kopylov B.I., Pavlova V.P. Ecology of Avacha Bay: sources of pollution, problems, solutions, prospects. *Collection of scientific articles on ecology and environmental protection of Avacha Bay*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Goskomekologiya, 1998, pp. 11–18. (In Russian)

Lepskaya E.V., Tepnin O.B., Kolomeitsev V.V., Ustimenko E.A., Sergeenko N.V., Vinogradova D.S., Sviridenko V.D., Pokhodina M.A., Schegolkova V.A., Maksimenkov V.V., Polyakova A.A., Galyamov R.S., Gorin S.L., Koval M.V. Historical review of studies of Avachinskaya Bay and principle results of complex ecological monitoring 2013. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, vol. 34, pp. 5–21. (In Russian with English abstract)

- Lindberg G.U. The occurrence of ivasi and anchovy near Kamchatka. *Priroda*, 1935, no. 5, pp. 47–48. (In Russian)
- Muravyev Y.D. A brief physical and geographical sketch of Avacha Bay. *Collection of scientific articles on ecology and environmental protection of Avacha Bay*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Goskomekologiya, 1998, pp. 7–10. (In Russian)
- Panin K.I. The occurrence of the Far Eastern ivasi-sardine (*Sardinops sagax melanosticta* Temm. et Schl.) in the waters of East Kamchatka. *Doklady AN SSSR*, 1936, vol. 3(12), no. 1 (96), pp. 41–44. (In Russian)
- Pertseva-Ostroumova T.A. Razmnozheniye i razvitiye dalnevostochnykh kambal [The reproduction and development of far-eastern flounders]. Moscow: Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR, 1961, 484 p.
- Popov A.M. *Anarrhichas orientalis* Pall. (Pisces), its systematic position and distribution, with considerations on *Anarrhichas* of the USSR. C. R. *Doklady AN SSSR*, 1931, no. 14, pp. 380–386. (In Russian with English abstract)
- Popov A.M. The fauna of Avacha Bay and its distribution into communities. *Doklady AN SSSR*, 1935, vol. 4 (9), no. 8–9 (77), pp. 353–356. (In Russian)
- Potapov V.V. Hydrological characteristics of Avachinskaya Bay. *Fundamental Research*, 2014, no. 9 (10), pp. 2227–2231. (In Russian)
- Rass T.S. *Instruktsiya po poisku ryby po plavayushchey ikre* [Instructions for finding fish on floating eggs]. Beijing: Western Pacific Fisheries Research Commission, 1965, 31 p.
- Soldatov V.K., Lindberg G.U. Review of fishes from seas of the Far East. *Izvestia TINRO*, 1930, vol. 5, pp. 5–576. (In Russian)
- Tokranov A.M., Sheiko B.A. Current composition of the ichthyofauna of Avachinskaya Bay (Southeast Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, vol. 36, pp. 48–54. (In Russian with English abstract)
- Tryamkina E.A., Borodina V.V. Ecological problems of Avacha Bay. *Advances In Current Natural Sciences*, 2014, no. 8, pp. 79–80. (In Russian)
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. Class Cephalaspidomorphi – Lampreys. Class Chondrichthyes – Cartilaginous Fishes. Class Holocephali – Chimaeras. Class Osteichthyes – Bony Fishes. *Catalog of Vertebrates of Kamchatka and Adjacent waters*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2000, pp. 7–61.
- Schmidt P.Y. *Ryby vostochnykh morei Rossiiskoi imperii* [Fishes of Eastern Seas of the Russian Imperia]. St. Petersburg: Russ. Geogr. O-vo, 1904, 466 p.
- Gilbert Ch.H., Burke Ch.V. Fishes from Bering Sea and Kamchatka. *Bulletin of the Bureau of Fisheries for 1910, 1912*. Vol. 30, pp. 31–96.
- Matarese A.C., Kendall A.W., Blood D.M., Vinter M.V. Laboratory guide to early life history stages of Northeast Pacific fishes. *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 1989, vol. 80 (1), 652 p.
- Popov A.M. 1933. Fishes of Avacha Bay on the southern coast of Kamchatka. *Copeia*, 1933, no. 2, pp. 59–67.
- Rendahl H. Ichthyologische Ergebnisse der Schwedischen Kamtchatka-Expedition 1920–1922. *Arkiv för Zoologi. Bd.*, 1931, 22A, H. 4, no. 18, pp. 1–76.

Статья поступила в редакцию: 13.11.2018

Статья принята после рецензии: 11.03.2019

УДК 597.552.1

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.138-145

**БИОЛОГИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ ЩУКИ *ESOX LUCIUS* L. ОЗЕРА ТАЛОВСКОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)****С.И. Грунин, А.В. Шестаков**

Н. с., канд. биол. наук; зав. лаб., канд. биол. наук; Институт биологических проблем Севера ДВО РАН  
685000 Магадан, ул. Портовая, 18  
Тел.: 8 (4132) 63-45-70. E-mail: grunin\_s@mail.ru

*ОБЫКНОВЕННАЯ ЩУКА, РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА, ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА, ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ, ВЕСОВОЙ РОСТ, ОЗ. ТАЛОВСКОЕ, СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА*

Представлены данные по размерно-возрастному составу, срокам созревания, соотношению полов, линейному и весовому росту щуки оз. Таловского. Полученные данные и литературные сведения позволяют заключить, что популяция щуки бассейна р. Таловки (включая само озеро) длительный период находится в стабильном состоянии.

**BIOLOGY OF NORTHERN PIKE *ESOX LUCIUS* L. OF TALOVSKOYE LAKE (NORTH-WESTERN KAMCHATKA)****Sergei I. Grunin, Alexander V. Shestakov**

Researcher, Ph. D. (Biology); Head of Lab., Ph. D. (Biology); Institute of Biological Problems of the North FEB RAS  
685000 Magadan, Portovaya, 18  
Tel.: +7 (4132) 63-45-70. E-mail: grunin\_s@mail.ru

*NORTHERN PIKE, SIZE STRUCTURE, AGE STRUCTURE, LINEAR GROWTH, WEIGHT GROWTH, TALOVSKOYE LAKE, NORTH-WESTERN KAMCHATKA*

Data on the size-age structure, maturation, sex ratio, linear and weight growth of pike of Talovskoye Lake are represented. The data and literature information allow to make the conclusion that the population of northern pike of the Talovka River basin (including the lake itself) stays at a stable level for a long period.

Озеро Таловское расположено на территории Паропольского дола и является одним из самых крупных озер в северо-западной части п-ова Камчатка. Озеро находится в истоках р. Куюл, основного притока р. Таловки, впадающей с востока в Пенжинскую губу Охотского моря. Достигает 20 км в длину, достаточно мелководное, площадь водного зеркала составляет 44 км<sup>2</sup>. Озеро термокарстового типа и, благодаря перемешиванию ветрами водной массы, летом хорошо прогревается (Гусаков, 1998). Обыкновенная щука *Esox lucius* L. — один из обычных жилых видов рыб в водоемах северо-запада п-ова Камчатка (Каталог., 2000). Высокой численности щука достигает в бассейнах рек Пенжина и Таловка, в том числе и в самом оз. Таловском (Войтович и др., 1986; Токранов, 2004; Погодаев и др., 2012; Коваль и др., 2015а, б). В литературе имеются данные по биологии щуки из бассейнов рек Пенжина и Таловка, однако сведения по щуке самого оз. Таловского встречаются крайне редко (Войтович и др., 1986; Коваль и др., 2015а). Целью работы является изучение некоторых аспектов биологии щуки оз. Таловского.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Материалом для данной работы послужили сборы по щуке из оз. Таловского, хранящиеся в фондах лаборатории ихтиологии ИБПС ДВО РАН. Лов рыб проводили в июле–сентябре 1990 г. при помощи ставных сетей. Кроме этого, в августе 1990 г. мальковым неводом были собраны сеголетки и молодь щуки.

Всего обработано 241 экз., включая 33 экз. молоди. Биологический анализ щук выполнен на свежельвовленном материале (исключение составили сеголетки и молодь щуки, которые были зафиксированы в 70%-м спирте и обработаны в камеральных условиях) в соответствии с принятыми в отечественной ихтиологии методами (Чугунова, 1952; Правдин, 1966). Биологический анализ включал измерение длины тела рыб от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника (*FL*), определение массы тела с внутренностями, а также установление пола пойманных особей. Возраст рыб устанавливали по чешуе при помощи бинокуляра МБС-9 (при увеличении 2×8).



Удельная (или мгновенная) скорость роста ( $C$ ) была вычислена по формуле Шмальгаузена-Броди (Мина, Клевезаль, 1976; Сметанин, 1982):

$$C = \frac{\lg l_n - \lg l_0}{0,4343 \times (t_n - t_0)},$$

где  $l_n$  — размер рыбы в конечный момент времени,  $t_n$ ,  $l_0$  — размер рыбы в начальный момент времени  $t_0$ .

Для описания зависимости «длина–масса» использовали уравнение степенной функции (Винберг, 1966):

$$Q = aL^b,$$

где  $Q$  — масса,  $L$  — длина,  $a$  и  $b$  — коэффициенты.

Линейный и весовой рост был описан при помощи уравнения Берталанфи (Мина, Клевезаль, 1976; Рикер, 1979):

$$L_t = L_\infty \times (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad W_t = W_\infty \times (1 - e^{-k(t-t_0)})^b,$$

где  $L_\infty$  и  $W_\infty$  — асимптотическая длина и масса тела соответственно;  $k$  — коэффициент замедления роста (коэффициент роста Броди);  $t_0$  — теоретический возраст, в котором рыба имела бы нулевую длину (массу), если бы всегда росла согласно уравнению;  $b$  — коэффициент функциональной регрессии (коэффициент из степенной зависимости «длина–вес»). Подробное обоснование применения уравнения Берталанфи такого вида для весового роста приведено в работе Р. Бивертон (Beverton, 1994).

Для математической обработки полученных данных использовали программу MS Excel 2010, с привлечением соответствующей литературы (Лакин, 1973). Вычисление коэффициентов уравнений Берталанфи, их сравнительный анализ и графические построения выполняли с помощью программного обеспечения GraphPad Prism 5.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В сетных уловах 1990 г. из оз. Таловского была представлена щука длиной от 26,4 до 107,5 см (в среднем 64,4) и массой тела 0,14–10,40 кг (2,39) (табл. 1). Значимую долю в уловах составляли особи от 51 до 60 см (29,0%). Следует отметить, что предельные и средние размеры тела самок были выше, чем у самцов. Так, средняя длина тела пойманных самцов составила 52,2 см (варьируя от 26,4 до 81,0), а масса тела — 1,19 кг (0,14–4,30), у самок — 69,7 см (35,3–107,5) и 2,92 кг (0,32–10,40). Максимальный возраст щуки в рассматриваемой выборке составил 15+ лет (это была самка длиной 105 см и массой 10,40 кг). В целом, возраст пойманных рыб колебался от 3+ до 15+ лет, всего насчитывалось 13 возрастных групп (рис. 1). Основу сетных уловов составляли особи 6+...8+ лет (59,2%). При этом 73,8% самок были в возрасте 7+...10+ лет и, напротив, основная масса самцов

Таблица 1. Линейно-весовые показатели обыкновенной щуки *Esox lucius* оз. Таловского в июле–сентябре 1990 г.  
Table 1. The linear-weight indices for northern pike *Esox lucius* of Talovskoye Lake in July–September of 1990

Возраст, лет Age, years	Пол Gender	Длина тела $FL$ , см Body length $FL$ , cm		Масса тела, кг Body weight, kg		Экз. Specs
		lim	M±m	lim	M±m	
0+*	juv	9,1–11,8	9,9±0,3	4,7–9,7	6,2±0,5	8
1+*	juv	9,8–13,9	11,8±0,2	5,9–19,0	10,8±0,6	23
2+*	juv	14,9–17,1	16,0	24–30	27,4	2
3+	♀	26,4	—	0,14	—	1
4+		31,0–35,0	32,8±1,0	0,18–0,35	0,25±0,04	3
		35,3	—	0,32	—	1
5+		38,0–45,0	43,3±0,9	0,45–0,80	0,63±0,04	7
		39,7–46,5	42,2±1,8	0,42–0,75	0,55±0,08	3
6+		44,5–54,5	50,8±0,6	0,60–1,40	1,02±0,05	16
		43,0–52,0	48,4±1,1	0,60–1,10	0,85±0,07	7
7+		46,0–63,5	54,2±0,7	0,70–1,90	1,24±0,05	30
		49,5–64,0	57,4±0,6	0,80–2,25	1,44±0,05	43
8+		64,5–69,0	67,1±0,9	2,00–2,60	2,28±0,12	4
		59,0–71,5	66,4±0,7	1,47–3,20	2,20±0,08	23
9+		72,0	—	2,55	—	1
		65,5–76,0	72,4±0,8	2,10–3,30	2,76±0,10	16
10+		76,0–88,0	79,2±0,6	2,23–5,40	3,69±0,14	25
11+		81,0	—	4,30	—	1
		81,5–94,0	87,7±1,1	3,50–7,30	5,22±0,28	11
12+	♂	87,0–92,0	89,4±0,9	5,00–7,70	6,01±0,42	5
13+		89,0–97,0	93,0±0,9	5,10–7,20	6,44±0,21	9
14+		107,5	—	10,40	—	1
15+		105,0	—	10,40	—	1

Примечание: \* — экземпляры пойманы в августе, их масса приведена в граммах. lim — пределы варьирования параметра. M±m — средняя арифметическая параметра и ее ошибка.  
Note: \* — individuals caught in August, weight in grams. lim — the parameter variation limits. M±m — the parameter arithmetical mean and error.

(84,1%) была представлена в трех возрастных группах — 5+...7+ лет.

Согласно литературным сведениям, в конце 80-х годов XX в. возрастной состав уловов в бассейне р. Таловки включал особей от 2+ до 13+ лет (более 60% — 4+...6+), а средние размеры пойманной щуки составляли 54,6 см и 1,67 кг (Войтович и др., 1986). М.В. Коваль с соавторами (2015а) отмечает, что в 2011 и 2014 гг. в р. Таловке в уловах встречалась щука в возрасте 4+...13+ лет (около 50% — 5+...7+), средние показатели для выборки составили 69,5 см и 3,08 кг. Поскольку приведенные выше литературные и собственные сведения за разные годы наблюдений показывают лишь незначительные колебания размерно-возрастного состава уловов щуки, можно говорить о достаточно стабильном состоянии популяции щуки в рассматриваемом районе исследований. Одним из факторов, обеспечивающим подобное состояние популяции таловской щуки, может выступать то обстоятельство, что за весь период наблюдений промышленный лов щуки в бассейне был очень слаб или не проводился вовсе (Войтович и др., 1986; Погодаев и др., 2012; Коваль и др., 2015б). Известны случаи, когда интенсивный промысел щуки приводил к существенному изменению размерной и возрастной структуры облавливаемой популяции. При сильной промысловой нагрузке отмечалось омоложение облавливаемого стада, снижение темпа роста особей, изменение сроков полового созревания (Грунин, 2014; Герасимов и др., 2018).

Первые зрелые особи встречаются в возрасте 3+ лет, в массе своей таловская щука созревает в 4+...5+ лет. Соотношение полов до возраста 6+ лет было практически двукратным в пользу самцов. В последующих возрастных группах соотношение менялось в пользу самок: начиная с 9+ лет, в уло-

вах самцы отсутствовали. Аналогичную изменчивость относительной численности самцов и самок в уловах, а также сходные сроки полового созревания, отмечали и другие исследователи (Войтович и др., 1986; Коваль и др., 2015а).

Для щуки оз. Таловского, как и для других популяций ареала, характерна высокая степень варьирования размеров одновозрастных особей, когда крайние значения длины и массы тела соседних возрастных групп нередко и существенно перекрываются. При этом диапазон разброса крайних значений размеров тела (и особенно массы) с возрастом только увеличивается (табл. 1). Расчет удельной скорости роста таловской щуки позволяет выделить два периода роста (табл. 2). Первый характеризуется высокими значениями коэффициента  $C$  и совпадает с тем временем, когда щука еще не достигла половой зрелости. Низкие коэффициенты удельной скорости роста характеризуют второй период роста. Он включает годы жизни рыб после наступления половой зрелости (6+ лет и старше), когда происходят изменения физиологического состояния особей, т. е. на первое место начинают выходить репродуктивные процессы, использующие значительную часть энергетических ресурсов организма, в связи с чем и наблюдается снижение темпов соматического роста (Мина, Клевезаль, 1976; Шатуновский, 1980; Иванов, 2001).

Линейный и весовой рост таловской щуки достаточно хорошо описывается уравнением Берта-ланфи, что отражается в высоких значениях коэффициента детерминации ( $R^2$ ) (рис. 2, табл. 3). Сопоставляя рассчитанные значения асимптотической длины ( $L_\infty$ ) и массы ( $W_\infty$ ), а также коэффициента замедления роста ( $k$ ) для рассматриваемой популяции и щуки из других водоемов Северо-Востока России, можно сказать, что самой быстро-

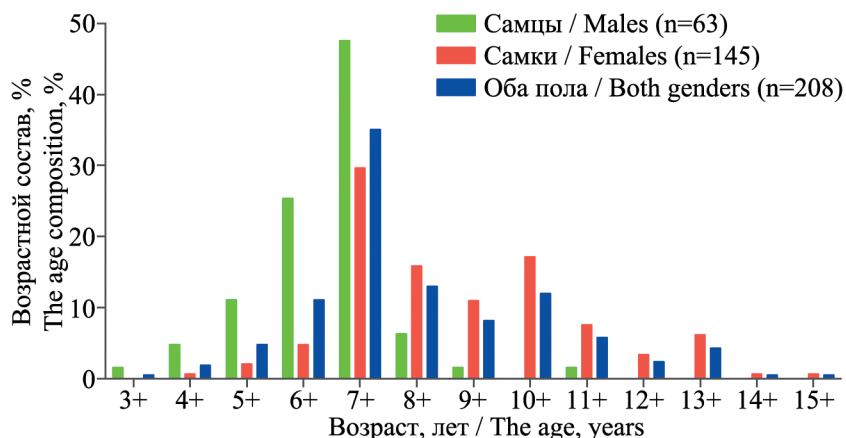


Рис. 1. Возрастной состав сетных уловов обыкновенной щуки *Esox lucius* оз. Таловского в 1990 г.  
Fig. 1. The age composition of the catches of northern pike *Esox lucius* in Talovskoye Lake in 1990

растущей является таловская щука и особи, обитающие в среднем течении р. Анадырь (табл. 3). Несмотря на то, что по темпам линейного и весового роста (как и по средним размерам тела одно-возрастных групп) щука из оз. Таловского в целом

превосходит анадырскую, первые годы жизни последняя растет быстрее (Грунин, 2003, 2017). Средняя длина и масса анадырских сеголетков, собранных в третьей декаде августа, составила  $10,5 \pm 0,2$  см и  $9,5 \pm 0,4$  г соответственно (Грунин,

Таблица 2. Удельная скорость роста обыкновенной щуки *Esox lucius* L. оз. Таловского в 1990 г.  
Table 2. The specific growth rate of northern pike *Esox lucius* L. on Talovskoye Lake in 1990

Возраст, лет The age, years	Длина тела $FL$ , см The body length $FL$ , cm			Удельная скорость роста Specific growth rate		
	Самцы Males	Самки Females	Оба пола Both genders	Самцы Males	Самки Females	Оба пола Both genders
0+			9,9			
1+			11,8			0,174
2+			16,0			0,302
3+	26,4		26,3			0,498
4+	32,8	35,3	33,0	0,218		0,225
5+	43,3	42,2	43,0	0,276	0,179	0,265
6+	50,8	48,4	50,0	0,160	0,137	0,153
7+	54,2	57,4	56,1	0,066	0,170	0,114
8+	67,1	66,4	66,5	0,213	0,147	0,171
9+	72,0	72,4	72,4	0,070	0,086	0,084
10+		79,2	79,2		0,091	0,091
11+	81,0	87,7	87,1		0,101	0,095
12+		89,4	89,4		0,019	0,026
13+		93,0	93,0		0,039	0,039
14+		107,5	107,5		0,145	0,145
15+		105,0	105,0		-0,024	-0,024

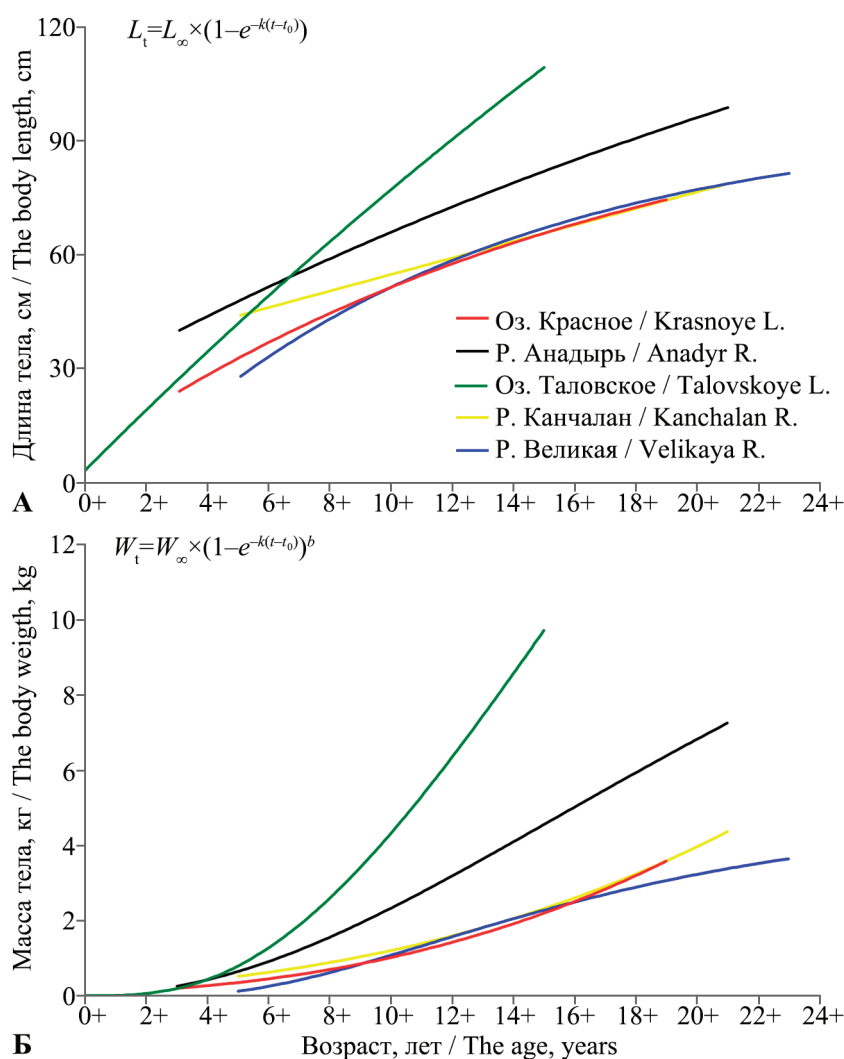


Рис. 2. Линейный (А) и весовой (Б) рост щуки в водоемах Северо-Востока России (зависимости сглажены уравнением Бергаланфи)  
Fig. 2. The linear (A) and weight (B) growth of northern pike in the lakes of Russian North-East (the correlations smoothed by the Bertalanffy equation)

2017). Средние размеры сеголетков из оз. Таловского, также отловленных в конце августа, были  $9,9 \pm 0,3$  см и  $6,2 \pm 0,5$  г. В следующих возрастных группах ситуация остается прежней. Молодь таловской щуки в возрасте 1+ лет была мельче экземпляров из среднего течения р. Анадырь того же возраста в среднем на 6,1 см и 44,6 г, в 2+ лет — мельче на 9,6 см и 93,0 г. Отсутствие различий по средним показателям длины и массы тела таловских и анадырских особей одного возраста наблюдается в 7+...8+ лет. В старших возрастных группах была отмечена значимая разница в размерах тела одновозрастной щуки из двух водоемов. Например, в 10+ лет таловская щука была достоверно (при  $p < 0,05$ ) крупнее на 4,6 см и 0,39 кг, и с возрастом различия в размерах тела сохраняются.

Быстрый рост таловской и анадырской щуки, несомненно, обеспечивается питанием. Известно, что оз. Таловское, расположенное на территории Паропольского дола, как и среднее течение р. Анадырь, проходящее по территории Марковской впадины, выступает центром нагула многочисленных местных популяций сиговых видов рыб (Войтович, Войтович, 1991; Черешнев и др., 1991; Черешнев, 1996, 2008; Карась, 2014), которые составляют существенную часть пищевого рациона щуки. Например, в целом встречаемость сиговых рыб и их молоди в питании анадырской щуки составляет 54,4%, но во время осенней миграции сигов — свыше 70% (Грунин, 2017); в рационе таловской щуки, пойманной в конце августа 2011 г., встречаемость сигов составила 28% (Коваль и др., 2015а). Следует также принять во внимание и климат в районе исследований, как фактор (опосредованно через термический режим водоема и общее количество солнечных дней), обеспечивающий относительно хорошие условия нагула щуки. В районе оз. Таловского климат более мягкий, характеризующийся теплым летом и более высокой температурой воздуха, благодаря чему происходит более

быстрый прогрев водной толщи (этому способствуют и небольшие глубины термокарстового озера). В связи с резко континентальным климатом Марковской впадины период открытой воды несколько меньше, но благодаря относительно небольшим глубинам различных озер и проток прогрев воды происходит быстро (Север., 1970; Беликович и др., 1997).

Одной из причин того, почему щука из оз. Таловского все же обгоняет в росте анадырскую в старших возрастных группах, может выступать антропогенный фактор в виде любительского и промышленного лова в Марковской впадине. Под влиянием промысла, обычно направленного на изъятие крупных быстрорастущих особей, происходит некоторое снижение средних значений длины и массы тела рыб старших возрастных групп (Грунин, 2014). Популяция оз. Таловского не подвергается какому-либо особому прессу любительского и, тем более, промышленного лова в связи с его удаленностью от населенных пунктов (Войтович и др., 1986; Погодаев и др., 2012; Коваль и др., 2015б).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение сетных уловов щуки оз. Таловского показало наличие рыб 13 возрастных групп, от 3+ до 15+ лет, большая (59,2%) часть была в возрасте 6+...8+ лет. Размеры пойманных особей варьировали от 26,4 до 107, 5 см (в среднем 64,4) и 0,14–10,40 кг (2,39). Возраст наступления половозрелости приходится на 4+...5+ лет. Полученные нами показатели размерно-возрастного состава и сроки полового созревания оказались сходны с аналогичными данными по щуке бассейна р. Таловки, полученными другими исследователями в 80-е годы XX в., а также в последнее десятилетие. Данное обстоятельство позволяет нам предположить, что популяция щуки бассейна р. Таловки находится в достаточно стабильном состоянии. Этому способствует тот факт, что на протяжении послед-

Таблица 3. Значение коэффициентов уравнения Берталанфи для линейного и весового роста щуки из некоторых водоемов Северо-Востока России  
Table 3. The value of the Bertalanffy equation coefficients for the linear and weight growth of pike from several lakes and rivers of Russian North-East

Водоем, дата сбора Waterbody, date of sampling	$L_{\infty} \pm s.e.$	$k \pm s.e.$	$R^2$	$W_{\infty} \pm s.e.$	$k \pm s.e.$	$R^2$
Оз. Таловское / Talovskoye Lake, 1990 г.	$440,1 \pm 33,78$	$0,02 \pm 0,02$	0,99	$36,96 \pm 4,52$	$0,07 \pm 0,05$	0,97
Р. Анадырь / Anadyr River, 1984–1985 гг.	$129,3 \pm 23,76$	$0,06 \pm 0,02$	0,95	$17,51 \pm 11,40$	$0,06 \pm 0,03$	0,94
Р. Канчалан / Kanchalan River, 1986 г.	$104,2 \pm 28,58$	$0,02 \pm 0,02$	0,96	$5,57 \pm 1,25$	$0,10 \pm 0,05$	0,97
Р. Великая / Velikaya River, 1986 г.	$96,0 \pm 9,61$	$0,08 \pm 0,02$	0,95	$4,82 \pm 1,34$	$0,11 \pm 0,04$	0,89
Оз. Красное / Krasnoye Lake, 1986 г.	$110,4 \pm 31,85$	$0,06 \pm 0,03$	0,95	$5,65 \pm 0,65$	$0,01 \pm 0,01$	0,99



них 30 лет промысел щуки в районе наблюдений был незначительным и сводился к ее вылову местным населением для личного потребления.

Таловская щука обладает самым быстрым линейным и весовым ростом по сравнению с популяциями вида из других водоемов Северо-Востока России. Наличие хорошей кормовой базы, поскольку озеро выступает центром нагула местной ихтиофауны, в том числе сиговых рыб, а также мягкие климатические условия в районе оз. Таловского обеспечивают лучшие условия нагула, по сравнению с другими водоемами Северо-Востока России.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы «Дальний Восток» (проект № 18-4-002).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беликович А.В., Галанин А.В., Трегубов О.Д., Кулецкий В.Н. 1997. Ландшафты суши // Природа и ресурсы Чукотки. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 62–76.
- Винберг Г.Г. 1966. Скорость роста и интенсивность обмена у животных // Успехи современной биологии. Т. 61. Вып. 2. С. 274–292.
- Войтович Н.В., Войтович В.В. 1991. Итоги изучения сиговых рыб бассейна р. Таловка (Камчатка) // Современные проблемы сиговых рыб. Владивосток: ДВО АН СССР. Ч. 1. С. 82–90.
- Войтович Н.В., Войтович В.В., Яковлев К.А. 1986. Морфоэкологический очерк щуки рек Пенжина и Таловка // Ихтиология, гидробиология, энтомология и паразитология: Тез. докл. XI Всесоюз. симп. «Биол. пробл. Севера». Якутск: ЯФ СО АН СССР. Вып. 4. С. 20–21.
- Герасимов Ю.В., Иванова М.Н., Свирская А.Н. 2018. Пространственное распределение и структура популяции щуки *Esox lucius* Рыбинского водохранилища в период потепления климата // Вопр. ихтиологии. Т. 58. № 1. С. 31–44.
- Грунин С.И. 2003. Линейный и весовой рост обыкновенной щуки *Esox lucius* из водоемов Северо-Востока России // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 382–386.
- Грунин С.И. 2014. Динамика популяционных показателей щуки *Esox lucius* L. (Esocidae) р. Анадырь за период 1971–2010 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 179. С. 45–54.
- Грунин С.И. 2017. Биология обыкновенной щуки *Esox lucius* L. Северо-Востока России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Магадан. 165 с.
- Грунин С.И. 2017. Питание обыкновенной щуки *Esox lucius* L. среднего течения р. Анадырь // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 1. С. 80–87.
- Гусаков Е.С. 1998. Паропольский дол / Водно-болотные угодья России. Т. 1. Водно-болотные угодья международного значения. М.: Wetlands International Publication. С. 197–203.
- Иванков В.Н. 2001. Репродуктивная биология рыб. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 224 с.
- Карась В.А. 2014. Краткая биологическая характеристика представителей семейства сиговых рыб на Камчатке / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Тез. докл. XV Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию Кроноцкого гос. природ. биосферн. заповедника. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 53–57.
- Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. 2000. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатн. двор. 166 с.
- Коваль М.В., Горин С.Л., Бугаев А.В., Фролов О.В., Жаравин М.В. 2015б. Многолетняя динамика и современное состояние ресурсов промысловых рыб рек Пенжина и Таловка (Северо-Западная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 37. С. 146–163.
- Коваль М.В., Есин Е.В., Бугаев А.В., Карась В.А., Горин С.Л., Шатило И.В., Погодаев Е.Г., Шубкин С.В., Заварина Л.О., Фролов О.В., Жаравин М.В., Коптев С.В. 2015а. Пресноводная ихтиофауна рек Пенжина и Таловка (Северо-Западная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 37. С. 53–145.
- Лакин Г.Ф. 1973. Биометрия. М.: Высшая школа. 343 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. М.: Наука. 291 с.
- Погодаев Е.Г., Шатило И.В., Кудзина М.А., Чебанов Н.А., Шубкин С.В. 2012. Результаты исследований пресноводных биоресурсов и искусственного воспроизводства лососей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 25. С. 145–165.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.
- Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть. 408 с.

- Север Дальнего Востока. 1970. М.: Наука. 488 с.
- Сметанин М.М. 1982. Погрешности количественных показателей роста рыб / Оценка погрешностей методов гидробиологических и ихтиологических исследований. Рыбинск. С. 63–74.
- Токранов А.М. 2004. О «бесчешуйном звере» и других обитателях камчатских вод. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 152 с.
- Черешнев И.А. 1996. Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука. 198 с.
- Черешнев И.А. 2008. Пресноводные рыбы Чукотки. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 324 с.
- Черешнев И.А., Скопец М.Б., Челноков Ф.Г. 1991. Первые данные по биологии пенжинского омуля *Coregonus subautumnalis* Kaganowsky из бассейна р. Таловка (Пенжинская губа Охотского моря) // Современные проблемы сиговых рыб. Владивосток: ДВО АН СССР. Ч. 1. С. 66–81.
- Чугунова Н.И. 1952. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Советская наука. 115 с.
- Шатуновский М.И. 1980. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука. 288 с.
- Beverton R.J.H. 1994. Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish population. North Carolina. 153 p.
- REFERENCES
- Belikovich A.V., Galanin A.V., Tregubov O.D., Kupetskiy V.N. *Landshafty sushi* [Land landscapes]. Nature and resources of Chukotka. Magadan: SVNTS DVO RAN, 1997, pp. 62–76.
- Vinberg G.G. Growth rate and metabolic rate in animals. *Uspekhi sovremennoy biologii*, 1966, vol. 61, issue 2, pp. 274–292. (In Russian)
- Voitovich N.V., Voitovich V.V. Itogi izucheniya sigovykh ryb basseyna R. Talovka (Kamchatka) [The results of the study of whitefish in the river basin Talovka (Kamchatka)]. Modern problems of whitefish, 1991, part I, pp. 82–90.
- Voitovich N.V., Voitovich V.V., Yakovlev K.A. Morphoecological sketch of the pike of the Penzhina and Talovka. “Ikhtiologiya, gidrobiologiya, entomologiya i parazitologiya” Abstracts of XI Simpozium “Biological problems of North”. Yakutsk: YAF SO AN SSSR, 1986, issue 4, pp. 20–21.
- Gerasimov Y.V., Ivanova M.N., Svirskaya A.N. Spatial distribution and population structure of the pike *Esox lucius* L. in the Rybinsk Reservoir during the climate warming period. *Journal of Ichthyology*, 2018, vol. 58, no. 1, pp. 38–51.
- Grunin S.I. The linear and weight growth of northern pike *Esox lucius* from the Russian North-East Reservoirs. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2003, issue 2, pp. 382–386. (In Russian)
- Grunin S.I. Dynamics of population parameters for pike *Esox lucius* L. (Esocidae) from the Anadyr River in the period of 1971–2010. *Izvestiya TINRO*, 2014, vol. 179, pp. 45–54. (In Russian)
- Grunin S.I. *Biologiya obyknovennoy shchuki Esox lucius L. Severo-Vostoka Rossii. Avtoreferat disertatsii kandidata biologicheskikh nauk* [Biology of the northern pike *Esox lucius* L. in the North-East of Russia. Dissertation of Cand. Sci. (Biol.)]. Magadan, 2017, 165p.
- Grunin S.I. Feeding of the Northern Pike *Esox lucius* in the Middle Course of the Anadyr River. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 2017, no. 1, pp. 80–87. (In Russian)
- Gusakov E.S. Parapolskiy dol. *Vodno-bolotnyye ugodiya Rossii. T. 1. Vodno-bolotnyye ugodiya mezhdunarodnogo znacheniya* [Parapolskiy dol. Wetlands of Russia. Vol. 1. Wetlands of international importance]. Moscow: Wetlands International Publication, 1998, pp. 197–203.
- Ivankov V.N. *Reproduktivnaya biologiya ryb* [Reproductive biology of fish]. Vladivostok, 2001, 224 p.
- Karas V.A. Brief biological characterization of coregonidae family representatives in Kamchatka. *Materials of XV scientific conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*, 2014, pp. 53–57. (In Russian)
- Moiseev R.S. (ed.), Tokranov A.M. (ed). *Katalog pozvonochnykh Kamchatki i sopredel'nykh morskikh akvatoriy* [Catalog of vertebrates of Kamchatka and Adjacent Waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2000, 166 p.
- Koval M.V., Gorin S.L., Bugaev A.V., Frolov O.V., Zharavin M.V. Longterm dynamics and modern state of commercial fish resource in the Penzhina and Talovka Rivers (Northwest Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, vol. 37, pp. 146–163. (In Russian with English abstracts)
- Koval M.V., Esin E.V., Bugaev A.V., Karas V.A., Gorin S.L., Shatilo I.V., Pogodaev E.G., Shubkin S.V., Zavarina L.O., Frolov O.V., Zharavin M.V., Koptev S.V. Freshwater ichthyofauna of the and Talov-

- ka Rivers (Northwest Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, vol. 37, pp. 53–145. (In Russian with English abstracts)
- Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, 1973, 343 p.
- Mina M.V., Klevezal G.A. *Rost zhivotnykh* [Animal growth]. Moscow: Nauka, 1976, 291 p.
- Pogodaev E.G., Shatilo I.V., Kudzina M.A., Chebanov N.A., Shubkin S.V. Results of investigations of freshwater bioresources and artificial cultivation of salmonids. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 25, pp. 145–165. (In Russian with English abstracts)
- Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide the study fish]. Moscow, 1966, 376 p.
- Riker U.E. *Metody otsenki i interpretatsii biologicheskikh pokazateley populyatsiy ryb* [A method of estimating and interpreting biological indices of population]. Moscow, 1979, 408 p.
- Sever Dalnego Vostoka* [North Far East]. Moscow: Nauka, 1970, 488 p.
- Smetanin M.M. *Pogreshnosti kolichestvennykh pokazateley rosta ryb. Otsenka pogreshnostey metodov gidrobiologicheskikh i ikhtiologicheskikh issledovaniy* [Errors of quantitative indicators of fish growth. Evaluation of errors of methods of hydrobiological and ichthyological studies]. Rybinsk, 1982, pp. 63–74.
- Tokranov A.M. *O “bescheshyinom” zvere i drugikh obitateleyakh kamchatskikh vod* [About the “Scalyless Beast” and other inhabitants of Kamchatka waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2004, 152 p.
- Chereshnev I.A. *Biologicheskoye raznoobraziye presnovodnoy ikhtiofauny Severo-Vostoka Rossii* [Biological diversity of freshwater fauna of the North-East of Russia]. Vladivostok, 1996. 198 p.
- Chereshnev I.A. *Presnovodnyye ryby Chukotki* [Freshwater fish Chukotka]. Magadan: SVNTS DVO RAN, 2008, 324 p.
- Chereshnev I.A., Skopets M.B., Chelnokov F.G. *Pervyye dannyye po biologii penzhinskogo omulya Coregonus subautumnalis Kaganowsky iz basseyna r. Talovka (Penzhinskaya guba Okhotskogo morya). Sovremennyye problemy sigovykh ryb* [The first data on the biology of Penzhinsky omul, *Coregonus subautumnalis* Kaganowsky, from the river basin Talovka (Penzhinskaya Bay, Sea of Okhotsk). Modern problems of whitefish]. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1991, Part I, pp. 66–81.
- Chugunova N.I. *Metodika izucheniya vozrasta i rosta ryb* [A technique for studying the age and growth of fish]. Moscow, 1952, 224 p.
- Shatunovskiy M.I. *Ekologicheskiye zakonomernosti obmena veshchestv morskikh ryb* [Ecological patterns of metabolism of marine fish]. Moscow: Nauka, 1980, 288 p.
- Beverton R.J.H. Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish population. North Carolina, 1994, 153 p.

Статья поступила в редакцию: 16.04.2019

Статья принята после рецензии: 05.06.2019

УДК: 556.54:551.468 (265.53:282.257)

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.146-173

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭСТУАРИЯХ РЕК ИЧА И КРУТОГОРОВА И В ПРИЛЕГАЮЩИХ ВОДАХ ОХОТСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД



**С.Л. Горин, М.В. Коваль\***

*Вед. н. с., канд. геогр. наук; Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии*

*107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17*

*Тел.: 8 (499) 264-81-22. E-mail: gorinser@mail.ru*

*\*Вед. н. с., канд. биол. наук; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)*

*683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18*

*Тел.: 8 (4152) 41-27-01. E-mail: koval.m.v@kamniro.ru*

*ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, СМЕШЕНИЕ ВОД, ВОДНЫЕ МАССЫ,  
ЭСТУАРИЙ, УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ РЕКИ, ИЧА, КРУТОГОРОВА, КАМЧАТКА*

Статья основана на результатах собственных полевых работ, выполненных летом 2018 г., а также на архивных и литературных данных. Представлены сведения о пространственно-временной динамике уровня, солёности и температуры воды в эстуариях. Обсуждаются вопросы трансформации приливных колебаний уровня воды, структуры и динамики зоны смешения, динамики вод и водообмена, а также нагрева воды внутри эстуариев. Приведены сведения о пространственных характеристиках зоны смешения в прибрежной части Охотского моря около устья р. Крутогорова. Сообщается о морфодинамике баров (кос), отделяющих эстуарии рек Ича и Крутогорова от моря, и влиянии этого процесса на гидрологический режим обоих эстуариев. Фактические данные, имеющиеся в статье, могут быть полезны при сравнении исследуемых объектов с другими эстуариями.

## SUMMER HYDROLOGICAL PROCESSES IN THE ESTUARIES OF THE RIVERS ICHA AND KRUTOGOROVA AND ADJACENT WATERS OF THE SEA OF OKHOTSK

**Sergey L. Gorin, Maxim V. Koval\***

*Leading Scientist, Ph. D. (Geography); Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)  
107140 Moscow, Verhnaya Krasnoselskaya Str., 17*

*Tel.: +7 (499) 264-81-22. E-mail: gorinser@mail.ru*

*\*Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute  
of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")*

*683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18*

*Tel.: +7 (4152) 41-27-01. E-mail: koval.m.v@kamniro.ru*

*HYDROLOGICAL REGIME, HYDROLOGICAL PROCESSES, WATERMIXING, AQUATIC MASSES, ESTUARY,  
RIVER MOUTH AREA, ICHA, KRUTOGOROVA, KAMCHATKA*

The article is made on the field data, obtained by authors in summer of 2018, and archive and literature data. It has demonstrated spatial-temporal dynamics of the level, salinity and temperature of the estuary waters. Issues of transformation of the tidal fluctuations of the water level, of the structure and dynamics of the water mixing zone, of the water dynamics, exchange and warming within estuaries are discussed. Data about spatial characteristics of water mixing zone in the coastal part of the Sea of Okhotsk near the mouth of Krutogorova River are provided. Morphodynamics of bars separating the estuaries of the rivers Icha and Krutogorova from the sea and the effects of the process in the hydrological regime of both estuaries are described. The in-fact data in the article can be used to compare the objects examined to the other estuaries.

Авторы статьи в течение многих лет (начиная с 2002 г.) изучают устья рек Камчатского края (Горин, 2012; Коваль, Горин, 2016). Общая цель многолетних исследований состоит в оценке воздействия совокупности абиотических, биотических и антропогенных факторов в устьевых областях рек на воспроизводство лососевых рыб. Очевидно, что для достижения этой цели нужно иметь представление о гидролого-морфологических процессах в эстуариях региона.

На 500-километровом участке Западной Камчатки между реками Кошегочек и Сопочная распространены лагунно-руслловые эстуарии, представляющие собой узкие, вытянутые вдоль морского берега водные объекты (Горин, 2012; Михайлов, Горин, 2012). Ранее нами был подробно изучен эстуарий р. Большой, расположенный на юге этого участка (Горин и др., 2019). Данный объект находится под воздействием стока большой реки ( $Q_{cp} \sim 320 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и умеренных



морских приливов (до 3 м). Но на севере участка реки меньше ( $Q_{\text{ср}} < 150 \text{ м}^3/\text{с}$ ), а приливы больше (до 5 м). Поэтому следовало ожидать, что в расположенных здесь эстуариях проявления гидролого-морфологических процессов будут иметь свою специфику.

Для восполнения имеющихся пробелов летом 2018 г. были проведены полевые исследования в эстуариях рек Ича и Крутогорова. Обе реки имеют большую ценность для Камчатского края, поскольку они являются районами массового воспроизводства лососевых рыб, и прежде всего — горбуши (Шевляков, Маслов, 2011).

Настоящая статья посвящена исследованию гидрологических процессов в эстуариях рек Ича и Крутогорова в летний период. Отдельно рассмотрен вопрос о характеристиках зоны смешения на устьевом взморье р. Крутогорова. Морфологические процессы в этих эстуариях были предметом наших специальных исследований, результаты которых уже частично опубликованы (Горин и др., 2018). Поэтому в настоящей статье об этом сообщается только вкратце, насколько это нужно для понимания причин возможных многолетних изменений их гидрологического режима.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Рельеф и климат района исследований охарактеризованы по литературным источникам, ссылки на которые приведены по мере изложения материала. Характеристики гидрологического режима рек определены по данным многолетних наблюдений, проводившихся Камчатским УГМС на специализированных постах. Часть этих данных — с начала наблюдений до 1988 г. — ранее была опубликована в справочных изданиях Гидрометслужбы СССР (Ресурсы..., 1973; Многолетние..., 1987; и др.), в гидрологических ежегодниках за 1981–1988 гг. Данные за 1989–2007 гг. были предоставлены Камчатским УГМС. Результаты «речных» гидрологических наблюдений последнего времени (с 2008 г.) размещены в автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО, <https://gmvo.skniivh.ru>). (Данные в ней размещаются с запаздыванием на 2 года; сведения о температуре воды отсутствуют.) Гидрологический режим прибрежной части моря охарактеризован по сведениям из Водного кадастра (Ежегодные и многолетние..., 2018). Гидро-

логические расчеты выполнены стандартными средствами программы MS Excel.

Характеристика морфологического строения и гидрологического режима эстуариев дана по данным собственных полевых наблюдений, которые проводились с 21 июня по 2 июля (устье р. Ича) и с 4 по 11 июля 2018 г. (устье р. Крутогорова). Полевые работы выполнялись в соответствии с принятыми в гидрологии устьев рек методами (Гидрологические наблюдения..., 1993; Руководство..., 2011; Руководство..., 2012).

Режим уровня воды изучался с помощью гидростатических датчиков, установленных на дно водных объектов. Использовались отечественные приборы (ГМУ-2 и СТД-2 производства ЦКБ ГМП, г. Обнинск), а также зарубежное оборудование — DST centi-TD, DST tilt (Star-Oddi Ltd.). Измерения уровня проводились через каждые 15 мин и продолжались от 6 до 9 суток в эстуарии р. Ича и 2–3 суток в эстуарии р. Крутогорова. Относительная точность измерений — от 1 до 5 см. Часть постов была оборудована водомерными рейками для контроля показаний приборов. Все посты были приведены к единой системе высот с использованием Глобальной навигационной спутниковой сети. Помимо собственных наблюдений, в статье использованы предвычисления приливов в Охотском море по пункту «Крутогорово», выполненные Камчатским УГМС.

Наблюдения за температурой и соленостью воды проводились как на упомянутых выше автоматических постах, так и с помощью гидрологических съемок. Посты были оборудованы приборами СТД-2, ГМУ-2 и DST CT (Star-Oddi Ltd.). Измерения проводились в придонном горизонте. Дискретность измерений на всех постах составляла 15 мин, а продолжительность — от 6 до 9 суток в эстуарии р. Ича и 2–3 суток в эстуарии р. Крутогорова. Точность измерений температуры и солености воды составляла 0,1 °С и 0,5‰ соответственно. Гидрологические съемки проводились с использованием гидрологического зонда AAQ-RINKO Profiler (JFE Advantech Ltd.). Этот вид работ выполнялся в обоих эстуариях как в полные (на максимуме прилива), так и в малые воды (на минимуме отлива). Кроме этого, около устья р. Крутогорова была выполнена съемка в прибрежной части моря. Расстояние между вертикалями, на которых делались измерения, зависело от величины наблюдаемых градиентов солености. При

резком изменении солености расстояние составляло 100–300 м, а при отсутствии значимых изменений достигало 2–3 км. Точность измерений температуры составляла 0,1 °С, а солености воды — от 0,5‰ (в диапазоне 0–2‰) до 0,1‰ в диапазоне 2–33‰.

Мутность воды и содержание в ней растворенного кислорода измерялись одновременно с температурой и соленостью во время гидрологических съемок. Измерения проводились с помощью гидрологического зонда AAQ-RINKO Profiler, оборудованного соответствующими оптическими датчиками: мутности — в условных единицах (NTU), а кислорода — в процентах насыщения и мг/л. Точность измерений мутности — от 1 NTU (в диапазоне 0–20 NTU) до 50 NTU (при достижении верхнего предела измерений, равного 1000 NTU). Скорость и направление течения воды (в створах измерения расходов) измерялись вертушкой ГР-21, а также заглубленными (0,5 м от поверхности воды) поплавками с GPS-приемниками. Створы находились выше места выклинивания приливных колебаний уровня воды в реках. Промеры глубин выполнены эхолотом GPSMAP Sounder (Garmin Lmt.). В большей части эстуариев промеры проводились по косым галсам и поперечникам, а в наиболее удаленных частях эстуария р. Ича — эпизодически в характерных местах. К единой системе отсчета все глубины были приведены по показаниям автоматических уровнемеров.

В теоретическом отношении статья опирается на представления об определении, классификации и районировании эстуариев, изложенные в (Михайлов, Горин, 2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На гидрологические процессы в лагунных эстуариях Камчатки влияют как внешние факторы (рельеф и климат побережья, речной сток и морские приливы), так и внутренние, и в первую очередь морфодинамика их устьев (Горин, 2012). Из гидрологических процессов внутри этих объектов наиболее важны трансформация волн речных паводков и паводков, а также морских приливов; динамика зоны смешения речных и морских вод; трансформация водных масс в результате их взаимодействия с атмосферой и дном. Этими соображениями объясняется перечень проблем, рассматриваемых ниже.

## Факторы гидрологических процессов в эстуариях рек Ича и Крутогорова

Рельеф речных бассейнов. Реки Ича и Крутогорова пересекают два крупных физико-географических района: их верховья находятся на западных склонах Срединного хребта, а нижние части — в пределах Западно-Камчатской равнины (рис. 1).

Срединный хребет представляет собой горно-вулканическое сооружение с максимальными отметками до 2–3 км, протянувшееся на 900 км вдоль всего п-ова Камчатка и образующее главный водораздел между речными системами бассейна Охотского моря, расположенными на западе Камчатки, и реками бассейнов Тихого океана и Берингова моря, протекающими в центре и на востоке полуострова (Ресурсы..., 1973). В горных истоках р. Крутогорова есть многолетние снежники, а в истоках р. Ичи — ледники.

Западно-Камчатская равнина в геоморфологическом отношении выглядит как ступенчатая пологонаклонная поверхность, отметки которой понижаются с 300–350 до 0 м над уровнем моря. С востока равнина примыкает к предгорьям Срединного хребта, а на западе плавно переходит в шельф Охотского моря. Поверхность равнины имеет сложное строение и по своему облику заметно отличается на разных участках. На юге (до бассейна р. Крутогорова) широко распространены плоские и слабонаклонные заболоченные участки, прорезанные относительно неглубокими и широкими речными долинами. К северу от р. Крутогорова (включая ее бассейн) более характерны участки пологоволнистого и пологоувалистого рельефа, а глубина вреза речных долин достигает нескольких десятков метров. Долины крупных рек (Большая Воровская, Крутогорова, Ича и др.) террасированы.

Морские берега и морфодинамика береговых баров. Берег моря в пределах исследуемого района выровненный, низменный, аккумулятивный, с небольшими по своей протяженности абразионными обрывами (Гидрометеорология..., 1998). Он образован чередованием протяженных баров, отделяющих лагуны (эстуарии) от Охотского моря, с относительно короткими участками выходов коренного берега с прислоненными пляжами. Южнее устья р. Крутогорова береговые уступы обычно меньше 3–5 м, а севернее этого места они нередко достигают 20–40 м.

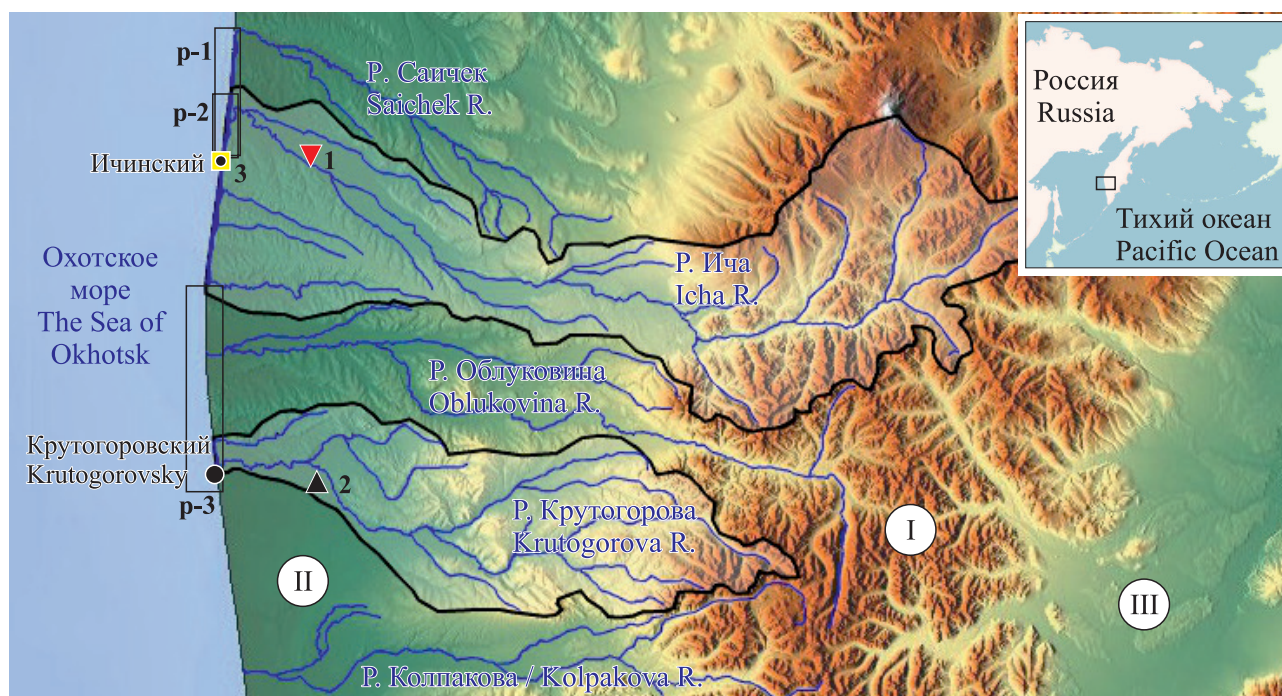


Рис. 1. Бассейны рек Крутогорова и Ича: I — Срединный хребет; II — Западно-Камчатская равнина; III — Центрально-Камчатская равнина; 1 — гидрологический пост «р. Ича – с. Ича»; 2 — гидрологический пост «р. Крутогорова – с. Крутогорова»; 3 — метеостанция и морской пост «Ича»; p-1, p-2 и p-3 — рамки изображений на рис. 2, 3 и 4 соответственно  
 Fig. 1. The basins of the rivers Krutogorova and Icha: I – Sredinniy ridge; II – West-Kamchatkan Plain; III – Central-Kamchatkan Plain; 1 – the hydrological post “Icha R. – Icha Village”; 2 – the hydrological post “Krutogorova R. – Krutogorovo Village”; 3 – meteorological and marine post “Icha”; p-1, p-2 and p-3 – boundaries demonstrated in Figures 2, 3 and 4 respectively

Лагуна (эстуарий) р. Ичи отделяется от моря баром длиной более 40 км (далее «Ичинский бар»). На юге и севере он подходит к прибрежным увалам, несколько километров тянется под их уступами, а затем переходит в бары, блокирующие устья рек Облуковина (на юге) и Саичек (на севере). Ичинский бар сформирован одним валом с высотой гребня ок. 4–6 м над средним уровнем моря (2–4 м над уровнем максимального прилива). Но на его тыловом склоне встречаются небольшие по протяженности остатки более древних баров, образующих вторую и даже третью линию валов.

Лагуна (эстуарий) р. Ичи соединяется с морем через узкую (~100 м шириной) и короткую (до ~500 м длиной) прорву в баре. Как показали наши исследования, эта прорва постоянно перемещается вдоль оси бара (Горин и др., 2018) [морфодинамика устьев Ичинской и Крутогоровской лагун восстановлена по историческим документам XVIII–XX вв., а также по космическим снимкам 1974–2017 гг.]. В естественных условиях до середины XX в. ее исходное положение было на 7–9 км севернее современного, причем лагуны рек Ича и Саичек были объединены общим устьем (рис. 2). Иногда вследствие каких-то причин прорва могла одно-

моментно перемещаться на несколько километров южнее. Скорее всего, это происходило из-за замыка «старой» прорвы после сильных штормов в море и последующего прорыва «нового» устья водой, ищущей выхода из переполненной лагуны. После «отката» прорвы на юг начинался очередной этап ее постепенного перемещения на север (в начале XX в. со средней интенсивностью 0,3–0,4 км/год). Как часто возобновлялись эти циклы, не ясно. Скорее всего, несколько (менее 5?) раз за столетие.

В середине XX в. завершился «естественный» и начался «антропогенный» этап развития Ичинского бара: в последние 70 лет устье Ичинской лагуны не менее 6 раз прокапывали на юге после того, как оно слишком сильно удалялось на север (Горин и др., 2018). Впервые это произошло в 1948 г., затем по одному разу в периоды между 1951–1968 гг., 1981–1983 и 1995–1996 гг., а также по одному разу в 2013 и в 2017 гг. Вслед за каждым переносом устья цикл смещения прорвы на север начинался заново (рис. 3). Средняя интенсивность такого смещения (для отрезков времени более 10 лет) составляла 0,30–0,33 км/год. За один год смещение устья Ичинской лагуны варьировало в широких пределах: от 0,2 до 0,8 и даже до 1,0 км.



В устье р. Крутогорова лагуна (эстуарий) так же, как и в предыдущем случае, отделяется от моря береговым баром. Но Крутогоровский бар значительно короче Ичинского: его длина не превышает 4 км (рис. 4). На севере он подходит к прибрежным увалам, несколько километров тянется под

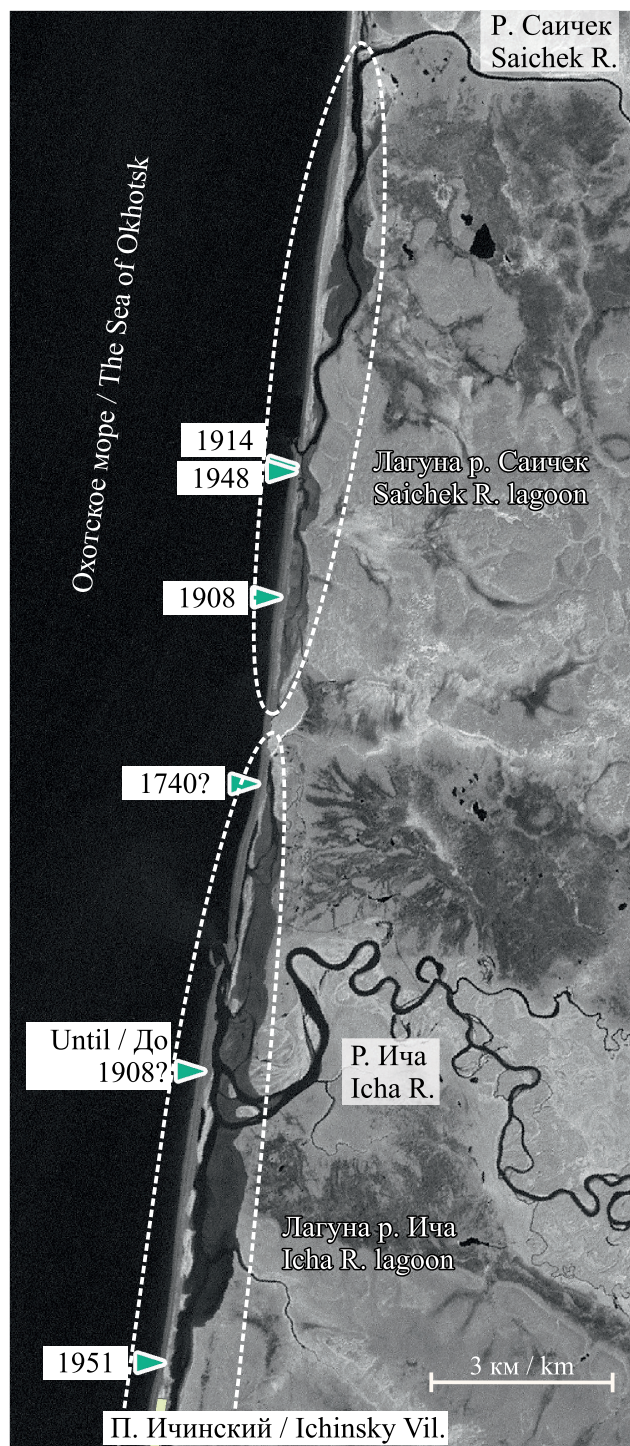


Рис. 2. Положение устьев лагуны р. Ичи в 1740–1951 гг. (на фоне космоснимка 2000 г.; рамку изображения см. на рис. 1)  
Fig. 2. The Icha River lagoon mouth in 1740–1951 (on the background of space image 2000; see the boundaries in Fig. 1)

их уступами, а затем переходит в бар, блокирующий устье р. Схумач. Еще севернее этот бар соединяется с баром лагуны р. Облуковина. На юге (в районе пос. Крутогоровский) бар переходит в пляж полного профиля, примыкающий к заболоченной низменности. Еще южнее пляж прислонен к уступу невысокого увала. Большая часть Крутогоровского бара сформирована двумя валами, первый из которых (ближайший к морю) имеет высоту ок. 4–6 м над средним уровнем моря (2–4 м над уровнем максимального прилива).

Анализ исторических документов (Дополнение..., 1915; Давыдов, 1923) показал, что в первой половине XX в. р. Крутогорова впадала в общую лагуну вместе с протекающими севернее ее реками Половинная, Схумач, Схикия и Облуковина (рис. 4). Эта лагуна имела два выхода в море: южный около устья р. Крутогорова и северный около устья р. Облуковина. В тот период оба устья постепенно смещались к северу со средней интенсивностью 0,39 км/год (1907–1914 гг.). Скорее всего (прямых доказательств этому нет), здесь иногда случались штормовые замывы лагунных устьев и последующий прорыв речной водой новых устьев южнее предыдущих мест.

В 1958 г. севернее п. Крутогоровский была сделана искусственная прорезь (Леонтьев и др., 1969; 1971), через которую в море стали вытекать воды рек Крутогорова и Половинная, а лагуны рек Схумач, Схикия и Облуковина обособились. Судя по космическим снимкам, с тех пор устье Крутогоровской лагуны регулярно прочищалось и поэтому не отходило далее 0,5–1 км от своего современного местоположения. И лишь иногда его «отпускали», тогда оно в течение нескольких лет (по-видимому, не более 2–3) снова перемещалось к северу со средней интенсивностью 0,6 км/год (за один год — от 0,3 до 0,9 км). По имеющимся у нас данным, в последние полвека максимальное удаление устья от его современного положения не превышало 2 км.

Судя по всему, причины и механизмы смещения устья Крутогоровской лагуны на север идентичны таковым в Ичинской лагуне. В общих чертах, этот процесс протекает под совместным воздействием эрозии со стороны потока, вытекающего из лагуны в море, и волновой аккумуляции со стороны моря (подробнее см. Горин и др., 2018). В результате наносы с правого (северного) борта прорывы переносятся на ее левый



(южный) борт, и поэтому устье эстуария перемещается на север.

**Климат** в исследуемом районе морской умеренный, холодный (Кондратюк, 1974). [Характеристика климатических сезонов дана по метеостанции «Ича» (Научно-прикладной., 2010). Она находится в пос. Ичинском (рис. 1) и работает с 1935 г.] Зима длится ~6 мес., с конца октября до первых чисел мая. В это время отепляющее воздействие Охотского моря незначительно из-за его большой ледовитости, поэтому преобладает холодная, ветреная, малооблачная погода (Кондратюк, 1974). В самые холодные месяцы года (в январе и феврале) средняя температура воздуха

опускается ниже минус 12 °С (рис. 5). Первый снег обычно выпадает в последней декаде октября, а уже через неделю образуется устойчивый снежный покров. Зима относительно малоснежная: к марту толщина снежного покрова в среднем достигает ~65 см по постоянной рейке. Снег начинает таять в апреле, а сходит в первой декаде мая.

Весна прохладная и затяжная, длится ~1,5 мес. — до второй половины июня. Температура воздуха повышается медленно и устойчиво переходит через 10 °С лишь к концу сезона. Последние заморозки возможны до первой декады июня. Летом охлаждающее влияние моря очень велико, поэтому этот сезон прохладный и короткий: ~2 мес., с середины июня

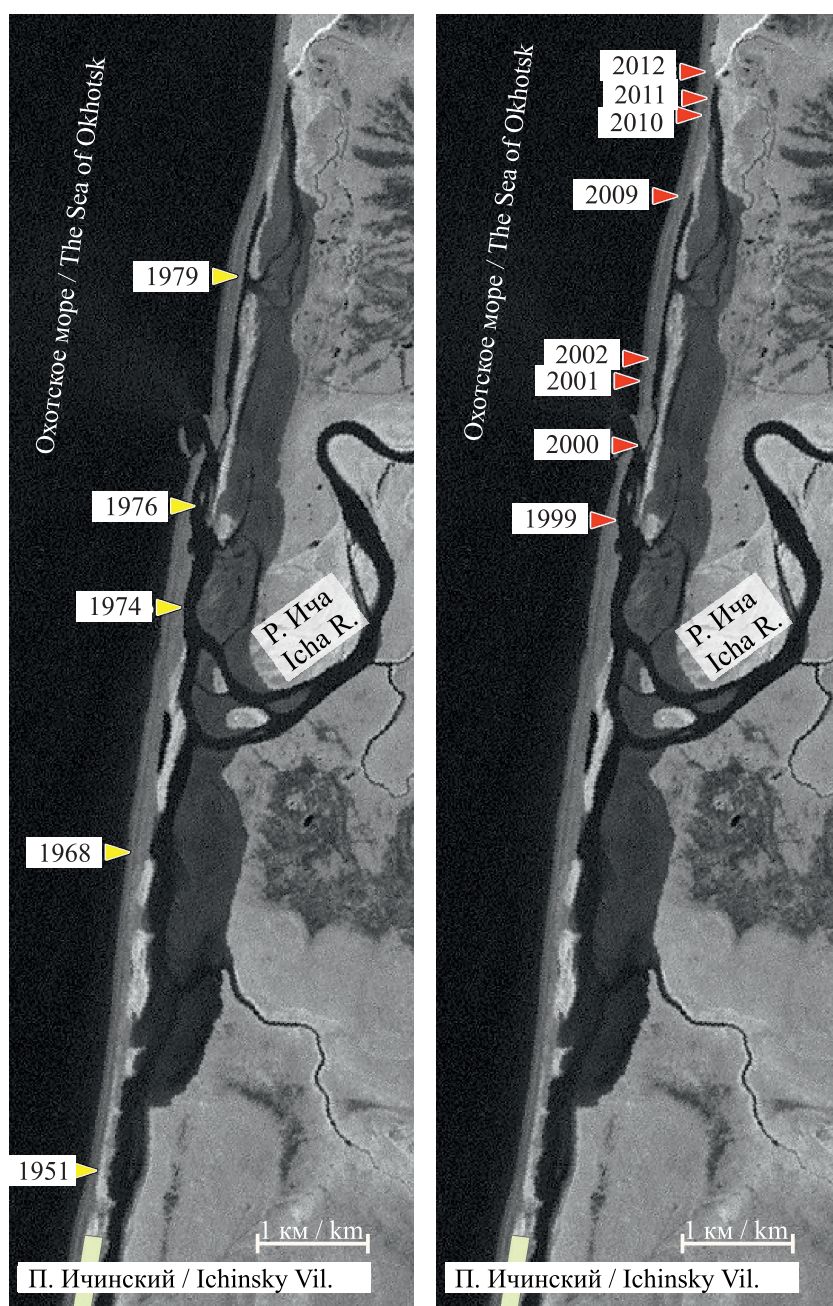


Рис. 3. Положение устьев лагуны р. Ичи в 1951–1979 и 1999–2012 гг. (на фоне космического снимка 2000 г.; рамку изображения см. на рис. 1)  
Fig. 3. The Icha River lagoon mouth in 1951–1979 and 1999–2012 (space image of 2000 background; see the boundaries in Fig. 1)





Рис. 4. Положение устьев лагуны р. Крутогорова в начале XX в. (на фоне космоснимка 2000 г.; рамку изображения см. на рис. 1)  
Fig. 4. The Krutogorova River lagoon mouth at the beginning of XX century (space image of 2000 background; see the boundaries in Fig. 1)

до середины августа. Летом преобладают два типа погоды: 1) не очень теплые, сырые, пасмурные дни, которые сменяются относительно теплыми, туманными ночами; 2) теплые дни с переменной облачностью и ливнями, сменяющиеся прохладными и ветренными ночами (Кондратюк, 1974). В августе (самом теплом месяце года) средняя температура воздуха достигает  $11,4^{\circ}\text{C}$  (рис. 5). К концу сезона температура воздуха понижается и устойчиво переходит через  $10^{\circ}\text{C}$ . Осень довольно затяжная: 2–2,5 мес. (с середины августа до конца октября). В этот сезон преобладает пасмурная, дождливая и ветреная погода. И хотя в сентябре довольно тепло (рис. 5), уже в начале этого месяца возможны первые заморозки. В середине октября температура воздуха переходит через  $0^{\circ}\text{C}$ , и через несколько дней устанавливается снежный покров.

Недостаток тепла и высокая относительная влажность воздуха (более 80%) ограничивают испарение, поэтому даже при небольшом количестве годовых осадков ( $\sim 700$  мм/год) для этой территории характерны избыточное увлажнение и заболачивание. За пять зимних месяцев — с декабря по апрель — в среднем выпадает 151 мм осадков (в основном, в твердом виде). В мае и июне осадков также немного: 96 мм за два месяца. С июля по ноябрь продолжается «дождливый» сезон: за пять месяцев в среднем выпадает 454 мм осадков. При этом суточный максимум осадков в среднем составляет 18–27 мм. В августе и ноябре бывали случаи, когда за одни сутки выпадало до 156 и 220 мм соответственно (рис. 5).

**Гидрологический режим рек.** В Ичинскую лагуну впадают пять рек (табл. 1). Главная из них — р. Ича, на долю которой приходится  $\sim 91\%$  речного стока. Крутогоровская лагуна принимает всего две реки, причем на долю р. Крутогорова приходится  $\sim 97\%$  стока. По площади своего бассейна и величине водного стока р. Ича относится к большим водотокам Западной Камчатки, а р. Крутогорова — к средним (табл. 1). Остальные притоки обеих лагун — это малые водотоки.

В табл. 2 представлены многолетние характеристики водного стока рек Ича и Крутогорова в замыкающих створах. Эти створы находятся в  $\sim 35$  км от устьев рек, поэтому наблюдениями не было охвачено  $\sim 12\%$  водосбора р. Ича и  $\sim 22\%$  водосбора р. Крутогорова (рис. 1, табл. 2). На малых реках, впадающих в исследуемые лагуны, гидрологических постов никогда не было. В связи с этим, для пересчета многолетних

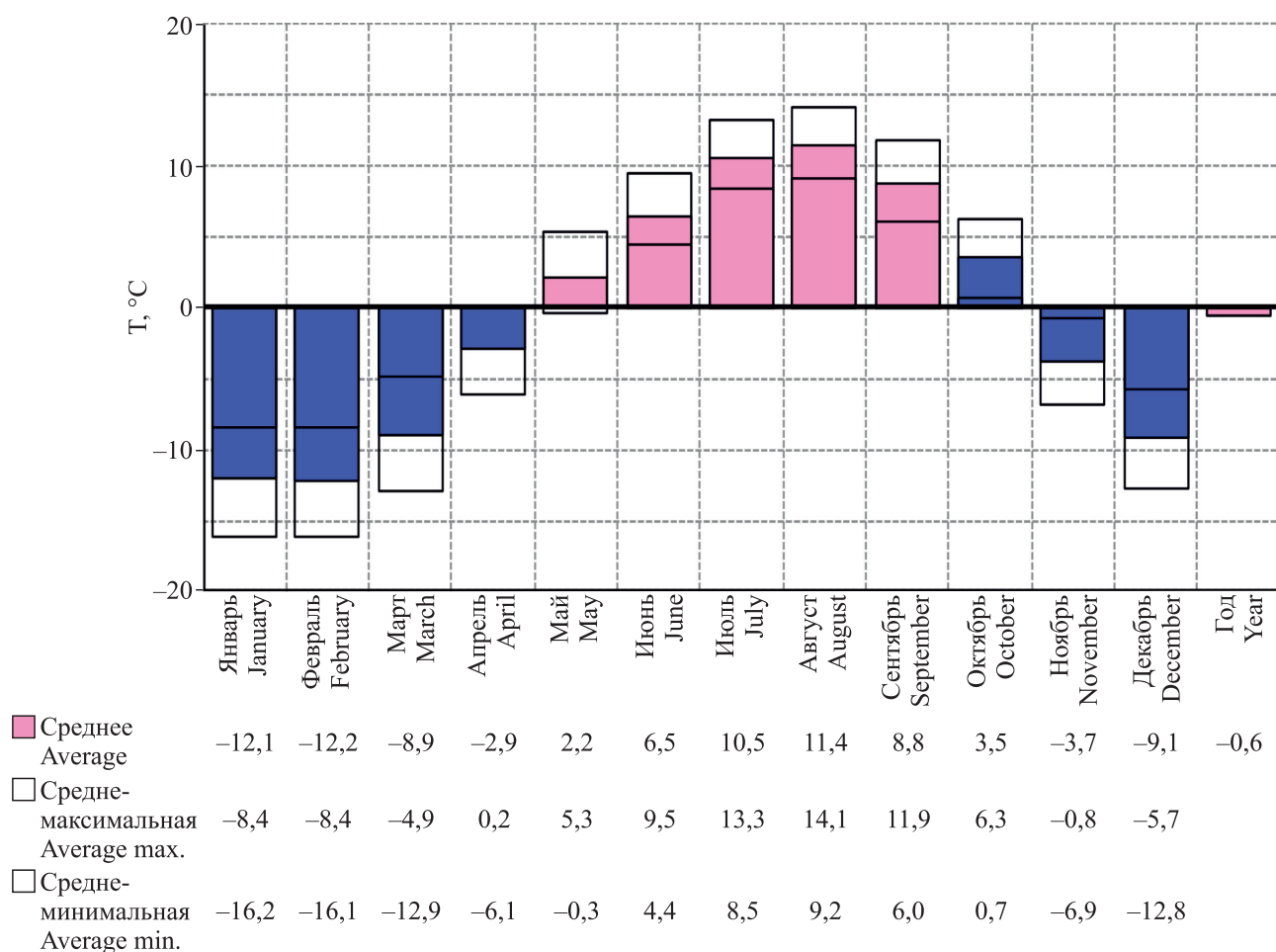


Рис. 5. Средняя, среднемаксимальная и среднeminимальная температура воздуха по месяцам на метеостанции «Ича» (Научно-прикладной..., 2010). Среднемаксимальная и среднeminимальная температура воздуха рассчитана на основании ежесуточных наблюдений 1937–2010 гг. по максимальному и минимальному термометрам соответственно. Первая величина характеризует дневную (наиболее теплую) часть суток, вторая дает представление о холодных ночных часах

Fig. 5. The average, average high and average low air temperature by months at the meteorological station “Icha” (Научно-прикладной..., 2010). The average high and low air temperatures were calculated based on daily observations for 1937–2010 on the high and low thermometers respectively. The average high air temperature characterizes light part (warmer) of the day, and the low air temperature gives an insight about cold dark hours

Таблица 1. Гидрологические характеристики рек, впадающих в Ичинскую и Крутогоровскую лагуны (1948–1999 гг.)\*  
Table 1. Hydrological characteristics of the rivers entering the lagoons Ichinskaya and Krutogorovskaya (1948–1999)\*

Река River	$L$ , км (km)	$F$ , км <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с (m <sup>3</sup> /sec)	Доля в общем стоке, % Part in the total flow, %
Ичинская лагуна (эстуарий) / Ichinskaya Lagoon (estuary)				
Ича / Icha	233	4530	111	90,7
Конон / Konon	80	345	6,1	5,0
Скудой (Вторая) / Skudoy (Vtoraya)	36	148	2,3	1,9
Первая / Pervaya	44	133	2,1	1,7
Чавыча (Третья) / Chavycha (Tretya)	18	61	0,9	0,7
Крутогоровская лагуна (эстуарий) / Krutogorovskaya Lagoon (estuary)				
Крутогорова / Krutogorova	169	2650	65,6	96,7
Половинная / Polovinnaya	36	142	2,2	3,3

\* $L$ ,  $F$  — длина реки и площадь ее водосбора по данным (Ресурсы..., 1966);  $Q_{cp}$  — средний многолетний расход воды в устьевом створе (расчеты ориентировочные, приведены к периоду 1948–1999 гг.; при расчетах использовались ряды наблюдений на постах «р. Ича – с. Ича» за 1959–1999 гг. и «р. Крутогорова – с. Крутогорово» за 1951–1988 гг., а в качестве аналога для приведения рядов к длинному периоду — «р. Большая Воровская – с. Соболево» за 1948–1999 гг.; для расчета стока малых рек использовались переходные коэффициенты из табл. 2 (см. рис. 1)

\* $L$ ,  $F$  — the length of the river and its catchment area according to the data (Resources..., 1966);  $Q_{cp(av)}$  — the average long-term water flow in the mouth section (the calculations indicative, given to the period 1948–1999; series of observations at the posts “Icha R. – Icha Village” for 1959–1999 and “Krutogorova R. – Krutogorovo Village” for 1951–1988 were used for the calculations, where the data from “Bolshaya Vorovskaya R. – Sobolevo Settlement” for 1948–1999 served as analogue to bring the series to a long period; the flow of small rivers was recalculated using coefficients from the Table 2 (see Fig. 1).



характеристик стока в замыкающих створах (табл. 1) к устьям рек, а также для приближенной оценки суммарных характеристик притока речной воды в лагуны, предлагается использовать «переходные коэффициенты», приведенные в табл. 2.

Для исследуемых рек характерны три фазы водного режима: зимняя межень, весенне-летнее половодье и летне-осенние паводки (рис. 6). Зим-

няя межень на реках начинается в первых числах декабря, когда речные бассейны уже месяц как покрыты снегом. В декабре на реках еще могут ощущаться последствия предшествующих паводков, но с января по март водный сток устойчиво низок (рис. 6). Средняя продолжительность зимней межени ~5 мес., ее доля в годовом стоке воды ~17%. Половодье на реках в среднем начинается в

Таблица 2. Характеристики водного стока рек Ича и Крутогорова в замыкающих створах  
Table 2. Characteristics of the water flow in the outlet sections of the Icha and Krutogorova Rivers

Характеристика Characteristic	Р. Ича Icha R.	Р. Крутогорова Krutogorova R.
Створ измерений / Section of measurements	С. Ича Icha village	С. Крутогорово Krutogorovo village
Расчетный период / Analyzed period	1959–2001*	1951–1988**
Площадь водосбора в створе измерений, км <sup>2</sup> Catchment area square in section of measurements, km <sup>2</sup>	4000	2080
Расстояние от замыкающего створа до устья реки, км Distance from the closing section to the river mouth, km	36	33
Годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с: / Annual water discharge, m <sup>3</sup> /sec: сред. (мин./макс.) / averaged (min/max)	104 (70,4/159)	54,5 (33,5/80,5)
Наибольший годовой расход (из срочных значений), м <sup>3</sup> /с: Maximum annual discharge (on the absolute values), m <sup>3</sup> /sec: сред. (мин./макс.) / average (min/max)	419 (204/795***)	296 (151/597***)
Наименьший расход воды в период открытого русла (из срочных значений), м <sup>3</sup> /с: / Minimum annual discharge during the ice free river bed period (on the absolute values), m <sup>3</sup> /sec: сред. (мин./макс.) / average (min/max)	80,9 (49,5/118)	34,0 (13,9/54,9)
Наименьший расход воды в зимнюю межень (из средних суточных значений), м <sup>3</sup> /с: / Minimum water discharge in winter low water (on the average daily values): сред. (мин./макс.) / average (min/max)	26,1 (10,3/43,2)	14,3 (7,67/27,5)
Переходный коэффициент для оценки водного стока в устье реки Intermediate coefficient for water flow estimation in the river mouth	1,10	1,21
Переходный коэффициент для оценки суммарного притока речной воды в лагуну / Intermediate coefficient for estimation of summarized flow of river water into the lagoon	1,22	1,25

\*Использованы данные за весь период наблюдений. \*\*В расчетах не использовались данные за 1989–1994 гг. (из-за отсутствия таковых у авторов статьи). \*\*\*Величины экстремально больших расходов воды занижены на ~20% из-за недоучета воды на пойме.

\*Data for the whole period of observations were used. \*\*Data for 1989–1994 could not be used, because authors did not have them. \*\*\*Values of extremely high water discharges were understated by ~20% due to under-accounting the water in the floodplain.

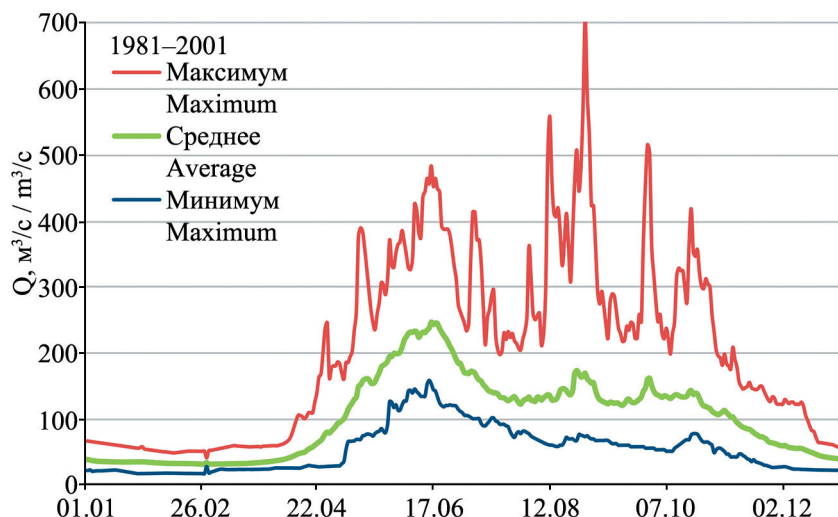


Рис. 6. Средние, максимальные и минимальные суточные расходы воды в р. Ича (створ «с. Ича») за многолетний период (1981–2001 гг.)  
Fig. 6. The long-term (1981–2001) average, maximum and minimum daily water charges in the Icha River (the station “Icha village”)



конце апреля. Его максимум на р. Крутогорова обычно проходит в мае, а на р. Ича — с 20 мая по 20 июня. Часто волна половодья имеет многопиковый вид и иногда почти теряется на фоне многочисленных паводков. Обычно половодье оканчивается к середине июля на р. Крутогорова и к началу августа на р. Ича. После этого наступает период летне-осенних паводков. Их количество, сроки прохождения и объем стока изменяются в широких пределах. Иногда они почти незаметны, а в другие годы проходят сплошной чередой от спада половодья до начала зимней межени. В целом, паводки на реках могут случиться в любой из дней летне-осеннего периода (и даже ранее — на подъеме половодья, рис. 6). Но все-таки периодами их устойчивой активизации можно считать вторую половину августа, а также вторую половину сентября — первую декаду октября. В теплое время года межень как таковая на исследуемых реках случается только в маловодные годы. С началом холодного периода (в конце октября) активность дождевых паводков заметно снижается. Но в ноябре, уже когда в бассейнах рек лежит снег, на реках может пройти третья волна паводков. Минимальные в году расходы воды на обеих реках отмечаются в период зимней межени (табл. 2). Максимальный расход половодья на р. Ича в ~60% случаев является наибольшим в году, а на р. Крутогорова пик наиболее высокого паводка часто превышает половодный.

В нижнем течении рек Ича и Крутогорова речная вода начинает прогреваться в конце апреля, в это время ее температура переходит через 0,2 °C (по данным речных постов «с. Ича» (1958–1980 гг.) и «с. Крутогорова» (1951–1980 гг.): Многолетние данные..., 1987). Своего максимума температура воды достигает в июле: 11–12 °C в среднем за месяц и ~16 °C в среднем в самый теплый день. Во второй половине августа речная вода начинает охлаждаться, и в начале ноября ее температура опускается ниже 0,2 °C. Ледовые явления на реках начинаются в первой декаде ноября. В среднем через 2,5 недели устанавливается ледостав, который устойчиво держится в течение всей зимы. Разрушение ледяного покрова обычно начинается в первой декаде апреля на р. Ича и в конце месяца на р. Крутогорова. В первой декаде мая реки полностью очищаются ото льда. Таким образом, ледостав на реках держится ~5 мес., а ледовые явления продолжаются ~6 мес.

Гидрологический режим прибрежной зоны моря. На побережье Западной Камчатки наибольшие по величине изменения уровня моря связаны с приливами (Гидрометеорология..., 1998). Они здесь смешанные (в сизигии они близки к суточным, а в квадратуры к полусуточным), неправильные (высотные отметки соседних полных и малых вод не равны). Величина приливов не постоянна и имеет многолетнее, годовое, полумесячное и суточное неравенство (Деева, 1972). Примерно 1 раз в 19 лет приливы достигают своей максимально возможной по астрономическим причинам величины: около устьев рек Крутогорова и Ича 5,1 м (Деева, 1972). В июне и декабре величина больших приливов (*B*) в среднем изменяется от 2,0 м в квадратуры до 3,6–4,6 м в сизигии. В марте и сентябре она находится в пределах от 2,4 м в квадратуры до 3–3,5 м в сизигии. Малые приливы в сизигии почти незаметны, а в квадратуры их величина может достигать 0,5–1 м в июне и декабре и 1–1,5 м в марте и сентябре.

Температура морской воды в прибойной зоне изменяется от минус 1,7 °C в среднем за февраль до 11,1 °C в среднем за август (по данным морского поста «Ича» (рис. 1) за 1977–2017 гг. (с перерывами): Ежегодные и многолетние..., 2018). Среднеминимальная температура морской воды зимой составляет минус 1,8 °C, а среднемаксимальная летом достигает 13,9 °C. Период с положительной температурой морской воды продолжается ~7,5 мес. — с середины апреля до конца ноября. Лед в море около устья р. Ича появляется во второй половине декабря (морской пост «Ича» (рис. 1), 1985–2015 гг.: Думанская, 2017). Период с ледовыми явлениями продолжается до конца марта. В большинстве случаев ледяной покров неустойчивый, в течение зимы поверхность моря много раз очищается ото льда.

Соленость морской воды у берегов Западной Камчатки имеет сильную внутригодовую изменчивость, обусловленную опресняющим влиянием речного стока. На посту «Ича» наименьшая в году соленость воды отмечается в июле: 29,5‰ в среднем за месяц и 26‰ в день с наименьшей соленостью (Ежегодные и многолетние..., 2018). Зимой соленость морской воды превышает 32‰.

### **Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова**

Краткая характеристика внешних условий в период исследований. Полевые работы в устьевой

области р. Ича продолжались с 21.06 по 02.07.2018. В это время в нижнем течении р. Ича был спад половодья. Измеренный расход воды в реке соответствовал средней многолетней величине для июня — самого многоводного месяца в году (табл. 3). Что касается условий в море, то нашими наблюдениями был охвачен период времени от низких квадратурных ( $B = 1,8$  м, 23–24.06.2018) до высоких сизигийных ( $B = 3,8$  м, 29–30.06.2018) приливов.

Устье Ичинской лагуны в июне 2018 г. находилось в ~2 км к северу от места впадения в нее р. Ича (рис. 7). Глубины в лагуне были очень малы: в низкие малые воды (НМВ) они в большинстве случаев не превышали 0,5 м и лишь на узком фарватере (в руслообразной ложбине, протянувшейся по дну эстуария от его южной и северной вершин до устья) они достигали 1 м и более (рис. 7). Севернее п. Ичинского >50% акватории лагуны в отлив осыхало; южнее поселка осушек было значительно меньше. В прорве, связывающей лагуну с Охотским морем, глубины в НМВ составляли 1,0–2,0 м. На выходе из нее находился устьевой бар с глубинами <0,5 м в НМВ. В прилив глубины в эстуарии увеличивались на величину прилива в данном месте. Площадь лагуны (вместе с приливными осушками) ~17,0 км<sup>2</sup>; длина ~39 км; средняя ширина ~0,43 км. Для удобства дальнейшего описания предлагается использовать две схемы деления Ичинской лагуны (эстуария): 1) на южную и северную части (находящиеся к югу и к северу от устья лагуны соответственно); 2) на ближнюю и кулутчуную части (первая находится между северной вершиной лагуны и 14 км к югу от ее устья, вторая — между 14 и 35 км к югу от ее устья, рис. 7).

Исследования в устье р. Крутогорова (с 4 по 11.06.2018) проводились уже после завершения половодья. Измеренный расход воды в реке был близок к средним многолетним величинам в июле и августе (табл. 3). В это время в море наблюдались низкие квадратурные приливы ( $B = 1,8$ – $2,5$  м). Устье лагуны находилось в 0,8 км к северу от места впадения в нее р. Крутогорова. В северной части лагуны (севернее ее устья) глубины в НМВ были <0,5 м. В южной части лагуны глубины на фарватере составляли 1,6–2,4 м, а на устьевом участке реки (на четырех последних километрах ее русла) — от 1,0 м на перекатах до 3,3 м на плесах. Площадь лагуны вместе с приливными осушками составляла 1,11 км<sup>2</sup> (0,46 и 0,65 км<sup>2</sup> в ее северной и южной частях соответственно); еще 0,90 км<sup>2</sup> приходилось на устьевой участок реки. Длина лагуны составляла 5,5 км, а ширина — от 0,1 до 0,6 км. Во время низких отливов большая часть лагуны осыхала.

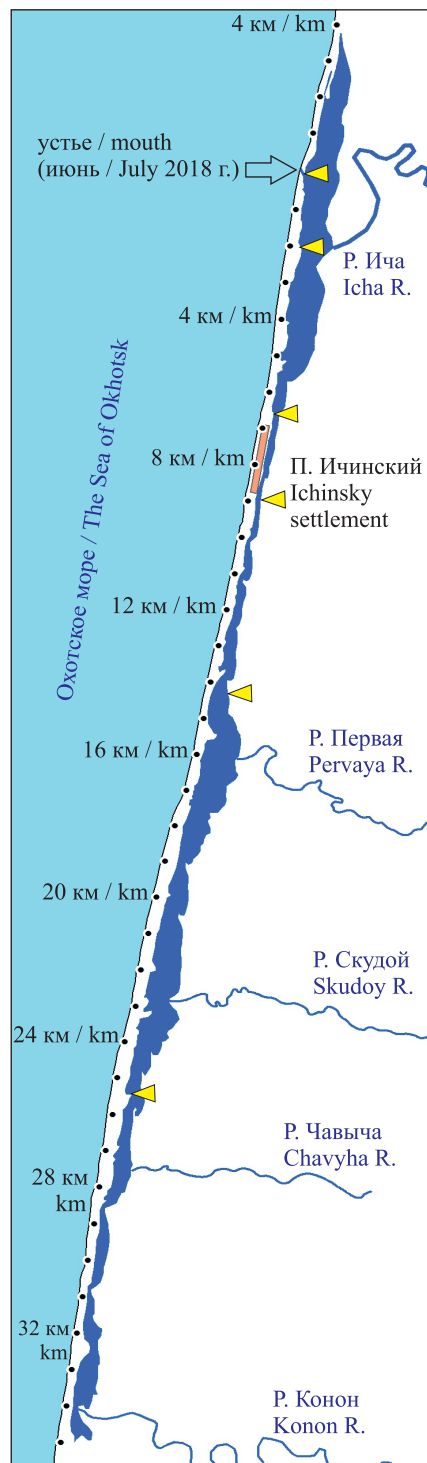
*Эстуарий р. Ича (Ичинская лагуна).* Строго говоря, эстуарием р. Ича следует считать не только Ичинскую лагуну, но и короткий (<2 км) участок р. Ича, в который проникают осолоненные воды. Но поскольку первый объект значительно больше и важнее (в смысле гидрологических процессов) второго, в дальнейшем мы для простоты будем использовать термины «Ичинская лагуна» и «эстуарий р. Ича» в качестве синонимов.

Краткость наших наблюдений не позволяет оценить характеристики сезонных изменений гидрологических характеристик в эстуарии, связанных с изменчивостью речного стока. Но суточная и полумесячная цикличность, обусловленная приливами в Охотском море, прослеживается хорошо.

Таблица 3. Летние расходы воды в реках Ича и Крутогорова в 2018 г. и за многолетний период  
Table 3. Summer water discharge in the Icha and Krutogorova Rivers in 2018 and for many years

Река River	$Q_{\text{ср.ов(аbsol)}}$ — расход воды в момент измерений, м <sup>3</sup> /с The water discharge at the moment of measuring, m <sup>3</sup> /sec			$Q_{\text{ср.мес(аver monthly)}}$ — средние расходы воды в створах гидрологических постов (рис. 1), м <sup>3</sup> /с The average water discharge in sections of hydrological stations (Fig. 1), m <sup>3</sup> /sec		
	Устье (измеренный) mouth (measured)	Совокуп.* Cumulat.*	В створах постов** In sections of stations	Июнь June	Июль July	Август August
29 июня (June) 2018 г. Пост «с. Ича» / Icha village station, 1959–2001 гг.						
Ича / Icha	266	295	242	235	158	135
7 июля (July) 2018 г. Пост «с. Крутогорова» (Krutogorovo village station), 1951–1988 гг.						
Крутогорова Krutogorova	70,3	72,6	58,1	107	66,8	62,0

Примечания: \*расчетные величины суммарного стока рек в Ичинскую и Крутогоровскую лагуны (эстуарии); \*\*расчетные величины речных расходов в створах гидрологических постов «с. Ича» и «с. Крутогорова» (рис. 1)  
Note: \*calculated values of summarized river water discharge into the Ichinskaya and Krutogorova lagoons (estuaries); \*\*calculated values of river water discharges in the sections of the hydrological stations “Icha settlement” and “Krutogorovo village” (Fig. 1)



Глубина (при НМВ), м Depth (during LPW), m		Уровень воды (Кв - Сиз) Water level (Qd - Syz)				Соленость (НМВ-ВПВ), ‰ Salinity (LPW-HRW), ‰	
Л	Ф	В <sub>н</sub> , м	К <sub>пр</sub>	Т <sub>ВПВ</sub> , ч	Т <sub>НМВ</sub> , ч	Кв	Сиз
до / up to 0,5–1	до / up to 1–2,5						
0–0,5	до / up to 0,5–1	1,8– 3,1	около арргох 0,8	около арргох 0	около арргох 1	0–27	0–29
0–0,5	до / up to 2,5–3	1,0– 1,9	0,4– 0,5	около арргох 0,5	около арргох 2,9	0–26	0–29
	до / up to 1,5–2						
<1		0,8– 1,7	0,3– 0,4	около арргох 0,8	около арргох 3,9	0–1	1–19
	до / up to 1–1,5	0,6– 1,2	0,2– 0,3	около арргох 0,9	около арргох 4,4	0–0	0–12
<0,5							
		0,2– 0,7	0,1– 0,2	около арргох 1,9	6,5– 5,5	0–0	0–1
<0,5	до / up to 0,5–1						
		до up to 0,3	<0,1	около арргох 5,5	до up to 9	0–0	0–0
<0,5	<0,5						

Рис. 7. Схема Ичинской лагуны (эстуария) с результатами промеров глубин и измерений уровня и солености воды на автоматических постах. Расстояния от устья эстуария. Глубины даны при самых низких отметках малых вод за весь период измерений: в высокие полные воды (ВПВ) глубины были больше на соответствующую величину. Характеристики уровня и солености воды даны для квадратурного прилива 24.06.2018 ( $B_n = 2,4$  м) и сизигийного прилива 29.06.2018 ( $B_n = 3,8$  м). Fig. 7. The scheme of the Lagoon Ichinskaya (estuary) with results of measuring the depth and water level and salinity at automatic stations. The distance from the estuary mouth. The depths are demonstrated at the lowest levels of river water for the whole period of measuring: the depths at the high rich waters level (HRW) were more by an appropriate volume. The characteristics of the water level and salinity are given for quadrature tide 24.06.2018 ( $B_n = 2,4$  m) and syzygy tide 29.06.2018 ( $B_n = 3,8$  m).

▲ — Места установки автономных измерителей (H, T, S) / Sites of autonomous recorders (H, T, S). Л — Ложе эстуария / Bed of estuary. Ф — Фарватер эстуария / Estuary fairway. ВПВ / HRW — Высокие полные воды / High rich waters. НМВ / LPW — низкие малые воды / low poor waters (соответствуют моментам наивысшего и наинизшего приливного уровня воды в данные сутки / according to the moments of the highest and the lowest tide levels in given 24 hours). В — Большая величина прилива, равная разности отметок между смежными ВПВ и НМВ ( $B_n$  — в море;  $B_n$  — в эстуарии) / Big tide, equal to the difference between the marks of adjacent HRW and LPW ( $B_n$  — at sea;  $B_n$  — in the estuary).  $K_{пр}$  — Коэффициент прилива (равен отношению  $B_n$  в данном месте к  $B_n$ ) / The tide coefficient (equal to the ratio between  $B_n$  in this place to  $B_n$ ).  $T_{ВПВ}$  и  $T_{НМВ}$  — Запоздывание времени наступления ВПВ и НМВ в данном месте эстуария по отношению к морю / Time lag for HRW and LPW in this place of the estuary relative to the sea. Кв — Квадратурные приливы / Quadrature tides. Сиз — Сизигийные приливы / Syzygy tides

В период наших полевых работ приливные колебания уровня воды охватывали всю лагуну (рис. 7, 8, 9). Величина этих колебаний достигала 0,3 м в наиболее удаленной части лагуны и ~2–3 м в непосредственной близости от моря. Судя по рассчитанным коэффициентам приливов (рис. 7), при более высоких приливах в море, обычных в первой половине июня, максимальная величина приливных колебаний может составлять 0,5 м в култушной части лагуны и до ~4 м около ее устья.

По особенностям трансформации приливной волны в эстуарии можно выделить несколько участков. На очень коротком отрезке в устье лагуны (в прорве длиной <0,5 км) «срезается» ~20% приливной волны (рис. 7, 8). Скорее всего, это обусловлено влиянием устьевых баров — как и в эстуарии р. Большой (Горин и др., 2019). Проникновению приливов на небольшом участке между

прорвой и местом впадения р. Ича препятствуют встречный поток речных вод и многочисленные мелководья, поэтому здесь приливная волна теряет еще 30–40% своей величины (рис. 7, 8): в среднем ~5 см на 100 м длины участка (табл. 4). Таким образом, уже в 2 км от устья лагуны приливные колебания становятся меньше своей исходной величины на 50–60%. Южнее места впадения реки (между 2 и 6 км на рис. 7) действует только фактор малых глубин; из-за этого интенсивность затухания приливной волны уменьшается на порядок и составляет всего ~0,5 см на 100 м (табл. 4). Между 6 и 14 км лагуна заметно суживается, оставаясь мелководной (рис. 7). Из-за этого, а также наличия довольно сильных течений (в прилив на юг, а в отлив на север), потери приливной волны снова возрастают — до 1–2 см на 100 м. В относительно широкой и мелководной южной части лагуны,

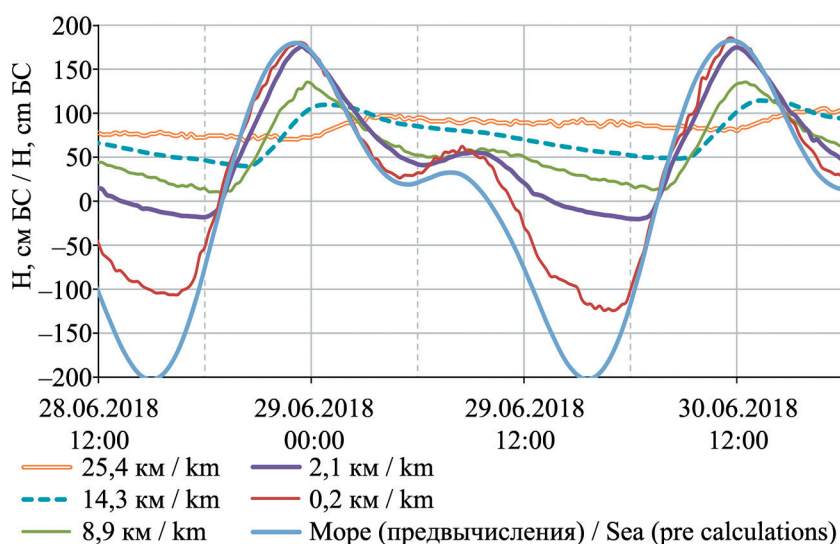


Рис. 8. Приливные колебания уровня воды в Ичинской лагуне в июне 2018 г. на разном удалении от ее устья (положение постов см. на рис. 7)  
Fig. 8. The tidal fluctuations of the water level in the Ichinskaya Lagoon in June of 2018 at different distances from the lagoon mouth (stations in Fig. 7)

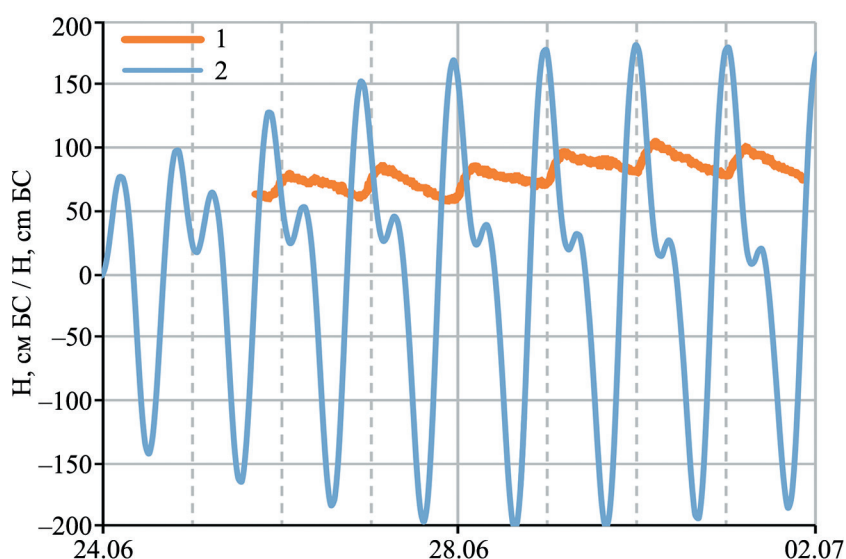


Рис. 9. Приливные колебания уровня воды в култушной части Ичинской лагуны в 25,4 км к югу от ее устья (1) и в Охотском море (2) в июне 2018 г. (положение поста в лагуне см. на рис. 7, уровень моря предвычисленный)  
Fig. 9. The tidal fluctuations of the water level in the cultus part of the Ichinskaya Lagoon in 25.4 kms southward from the lagoon mouth (1) and in the Sea of Okhotsk (2) in June of 2018 (stations in Fig. 7, precalculated sea level)



в которой вода почти не течет, потери приливной волны закономерно уменьшаются — до 0,4 см на 100 м (табл. 4).

Во всем эстуарии трансформируется не только величина, но и форма приливной волны. Это проявляется в запаздывании времени наступления ее экстремумов по отношению к морю (рис. 7, 8, 9). При этом сдвиг по времени у полных вод меньше, чем у малых. В результате приливная волна при своем движении по лагуне перекашивается: прилив становится короче, а отлив продолжительнее (рис. 8, 9). Так, в южной части лагуны прилив продолжается в ~2 раза меньше времени, чем в море (3–5 и 7–8 ч соответственно). И чем меньше величина приливов в море, тем заметнее запаздывание экстремумов и перекашивание приливной волны. Кроме этого, трансформация приливной волны проявляется в том, что в наиболее удаленных от моря частях лагуны малые приливы в сизигии полностью исчезают (рис. 8, 9).

На рис. 9 видно, что в период наших наблюдений уровень воды на посту в култушной части лагуны (25,4 км к югу от его устья) неуклонно повышался. На всех прочих постах это явление было также заметно, но менее выражено. Поскольку сток речной воды в это время был постоянным или слабо уменьшался, в данном случае речь может идти только о влиянии приливных факторов. Скорее всего, наблюдалась «приливная накачка», которая состоит в том, что в промежутки времени между квадратурными и сизигийными приливами лагуна наполняется водой, а между сизигийными и квадратурными приливами она срабатывается (как и в эстуарии р. Большой, см. Горин и др., 2019). В результате в южной части эстуария р. Ича уровень воды в сизигийные НМВ может превышать таковой в квадратурные ВПВ.

Данные автоматических постов и гидрологических съемок показали, что в период наших работ

морская вода с каждым приливом проникала в Ичинскую лагуну (эстуарий). Во время отлива она почти полностью стекала обратно в море. Благодаря интрузии осолоненных вод внутри лагуны ежесуточно формировалась зона смешения (ЗС), размеры которой зависели от величины прилива в море (речной сток в период нашей работы можно принять постоянным). В самый низкий квадратурный прилив (22.06.2018,  $B_m = 1,2$  м) морская вода не проходила дальше прорвы, соединяющей лагуну с морем. Но два дня спустя, когда величина прилива достигла 2,3 м, ЗС охватывала участок лагуны от ее северной оконечности до п. Ичинского (рис. 10). При высоком сизигийном приливе (28.06.2018,  $B_m = 3,8$  м) ЗС распространилась еще на 7 км южнее (рис. 10). По сведениям рыбаков из стана, находящегося в 18,5 км к югу от устья лагуны, зимой и весной (до начала половодья) до этого места иногда доходит слабо осолоненная вода (рис. 10). Учитывая то, что на 20 и 23 км к югу от устья лагуны в ее литоральной зоне нами были обнаружены колонии редкого двустворчатого моллюска — жемчужницы Миддендорфа *Kurilinaia middendorffi*, сугубо пресноводного вида (Красная книга..., 2018), указанную границу можно принять за южный предел распространения осолоненных вод в Ичинской лагуне. Что касается проникновения осолоненных вод в русло р. Ича, то в сизигийный прилив 28.06.2018 они распространились до 1,5 км от места впадения реки в лагуну (рис. 10). Скорее всего, во второй половине лета — при снижении стока реки — дальность проникновения осолоненных вод в русло реки увеличивается до первого значительного переката, т. е. еще на 1–2 км.

По данным измерений солености воды на автоматических постах в Ичинской лагуне можно оценить скорость движения фронта осолоненных вод (с речной стороны он оконтуривается изогалиной 1‰) в приливную фазу. На участке лагуны между

Таблица 4. Интенсивность затухания приливной волны в Ичинской лагуне (эстуарии)  
Table 4. The tidal wave attenuation intensity in the Ichinskaya Lagoon (estuary)

Расстояние от устья эстуария, км* Distance from the estuary mouth, km*	Затухание, см на 100 м / Attenuation, sm on 100 m	
	Кв / Qdr (24.06.2018, $B_m = 2,4$ м)	Сиз / Szg (29.06.2018, $B_m = 3,8$ м)
0,2		
2,1	4,5	5,8
6,7	0,4	0,6
8,9	0,9	2,2
14,3	0,7	1,1
25,4	Нет измерений / No measurements	
		0,4

\*Положение постов см. на рис. 7 / See locations of the stations in Fig. 7.

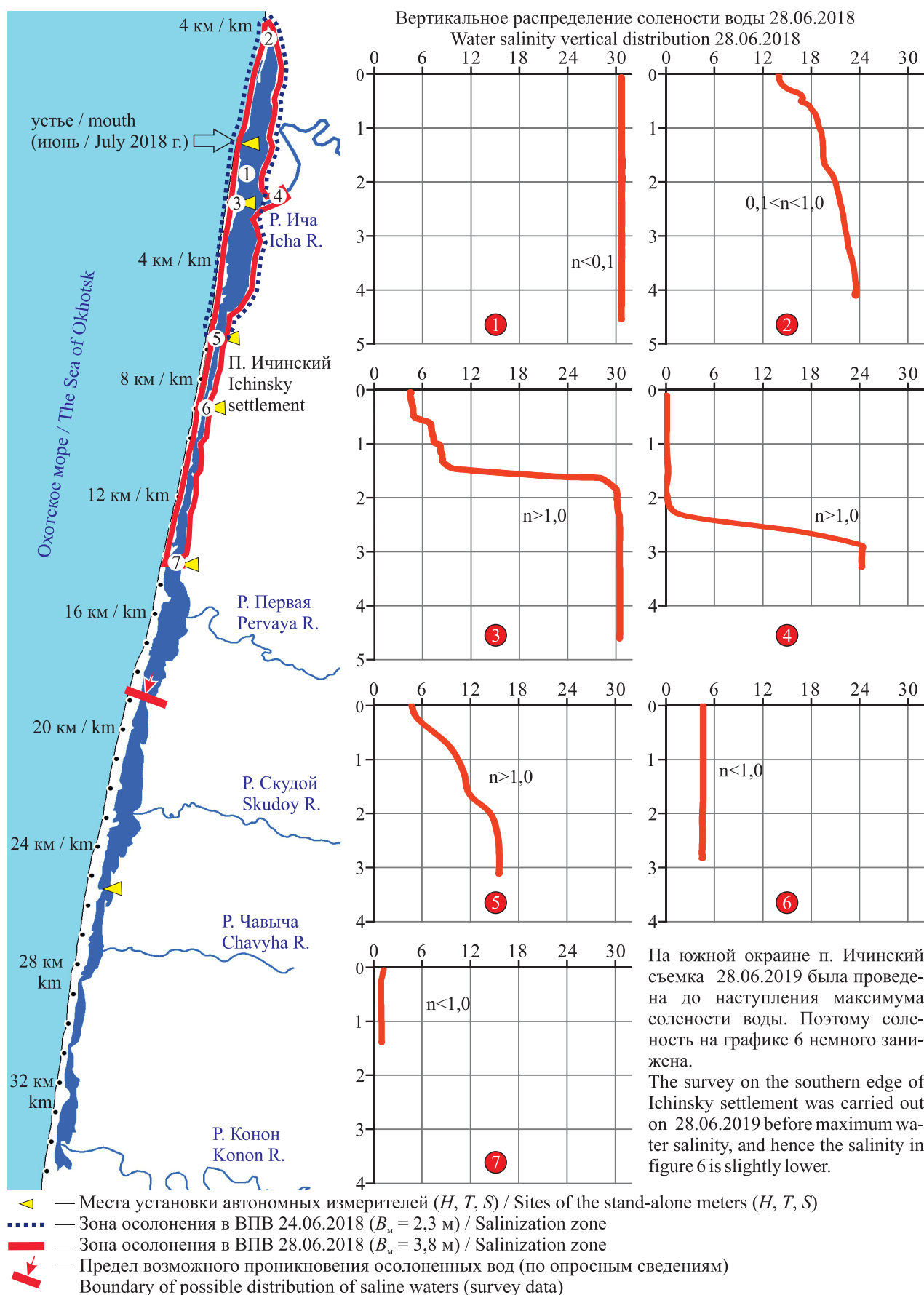


Рис. 10. Распространение и вертикальная структура зоны смешения в Ичинской лагуне (эстуарии). Расстояния от устья эстуария. На графиках: горизонтальная ось — соленость воды (‰), вертикальная — глубина (м)  
Fig. 10. The distribution and the vertical structure of mixing zone in the Ichinskaya Lagoon (estuary). The distance from the estuary mouth. On the charts: the horizontal axis – water salinity (‰), the vertical axis – depth (m)

2 и 9 км к югу от ее устья (рис. 7 и 10) в период промежуточных приливов (25–26.06.2018,  $B_m = 2,9–3,4$  м) эта скорость составляла 1,1–1,4 км/ч. В высокие сизигийные приливы (27–30.06.2018,  $B_m = 3,7–3,8$  м) она была заметно больше: 1,7–2,1 км/ч (2,0 км/ч в среднем). В русле реки (по данным гидрологической съемки 28.06.2018) скорость движения фронта осолоненных вод была  $<1,0$  км/ч: очевидно, что это было связано с сильным сопротивлением встречного потока речной воды.

Рассмотрим особенности вертикальной структуры ЗС в Ичинской лагуне на примере результатов гидрологической съемки в сизигийный прилив 28.06.2018 (рис. 10). Формальным критерием типа проникновения осолоненных вод является параметр стратификации  $n = \Delta S / S_{cp}$ , где  $\Delta S = S_{дно} - S_{пов}$ ,  $S_{cp} = 0,5(S_{дно} + S_{пов})$ ,  $S_{дно}$  и  $S_{пов}$  — солёность воды у дна и на поверхности. Случаю хорошего перемешивания по вертикали отвечает условие  $n < 0,1$ , случаю частичного перемешивания —  $n$  от 0,1 до 1,0, а случаю слабого перемешивания («клин осолоненных вод») — условие  $n > 1,0$  (Guidelines., 1991). На максимуме прилива около устья лагуны находилась хорошо перемешанная морская вода с солёностью более 30‰ (граф. 1 на рис. 10). В зоне непосредственного влияния речного потока наблюдалась сильная стратификация вод с минимумом солёности у поверхности и максимумом у дна (граф. 3–4). На некотором удалении от главной оси взаимодействия речных и морских вод (условной линии, соединяющей русло р. Ича с устьем лагуны) стратификация вод была менее выраженной,

но все же значительной (граф. 2 и 5). Еще дальше вертикальные градиенты солёности практически отсутствовали (граф. 6, 7). Таким образом, осолоненные воды проникают в Ичинскую лагуну в виде «клина», язык которого размывается при движении через мелководья в удаленных от реки и моря частях лагуны.

Суточная изменчивость солёности воды в различных частях Ичинской лагуны была прямым следствием динамики ЗС. На оси непосредственного взаимодействия речных и морских вод — от устья реки до устья лагуны — солёность воды ежедневно колебалась от 0 до  $>25\%$  (рис. 7). В 6,7 км к югу от устья лагуны солёность воды в низкие квадратурные приливы повышалась лишь до  $\sim 1\%$ , а в высокие сизигийные приливы возрастала до 19‰ и более (рис. 7 и 11). Примечательно, что в этом месте в период сизигийных приливов вода была слабо осолонена даже в низкие малые воды (рис. 11), что может свидетельствовать об упомянутой выше приливной накачке. Еще южнее солёность воды повышалась только в сизигийные приливы (с удалением от устья лагуны величина суточных колебаний солёности уменьшалась, рис. 7, 10). В той части лагуны, которая находится к северу от ее устья (рис. 7), по-видимому, преобладала полумесячная изменчивость солёности воды: в квадратуры она была наполнена слабо осолоненной водой (от 0–3‰ до  $<10\%$ ), а в сизигии — водой с солёностью  $>20–25\%$ .

К северу от устья Ичинской лагуны осолоненные воды в том или ином виде присутствовали

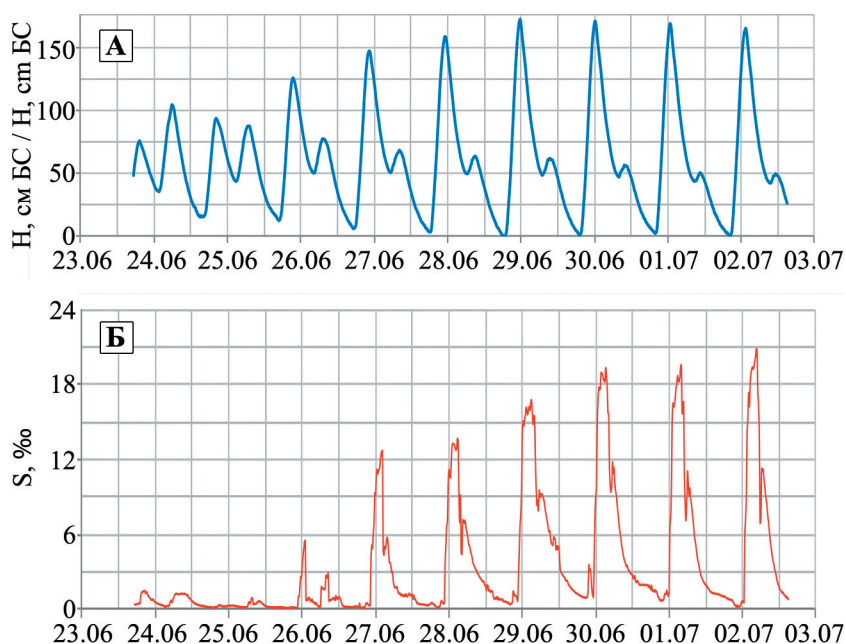


Рис. 11. Колебания уровня (сверху) и солёности (снизу) воды в Ичинской лагуне в 6,7 км от ее устья летом 2018 г. (положение поста см. на рис. 7). Прибор стоял на дне около фарватера Fig. 11. Fluctuations of level (above) and water salinity (below) in the Ichinskaya Lagoon in 6.7 kms from the mouth in summer of 2018 (station in Fig. 7). The meter was set on the bottom near the fairway

постоянно. К югу от него (от 0 до 6,7 км, рис. 7, 10) в квадратуры осолонение было кратковременным и чувствовалось только на пиках приливов, а в сизигии оно продолжалось почти полные сутки (рис. 11). Еще южнее (до 12–14 км, рис. 7, 10) осолоненные воды отмечались только несколько часов на пиках сизигийных приливов. Около устья лагуны суточные экстремумы солености и уровня воды совпадали. Но уже в 6,7 км к югу от него максимум солености наступал через 3–3,5 ч после наибольшего уровня в этом же месте (рис. 11), то есть уже при отливе (это было следствием меньшей скорости и большей инерционности движения клина осолоненных вод по сравнению с распространением колебаний уровня воды). Минимум солености отмечался через 1,5–2 ч после наименьшего уровня воды (рис. 11). Судя по нашим отрывочным измерениям, к северу от устья лагуны минимум солености воды наступал значительно позже минимума уровня.

Опираясь на приведенные выше сведения, можно сделать несколько заключений относительно динамики вод в Ичинской лагуне во время наших исследований. Речная вода постоянно поступала в лагуну вне зависимости от фаз приливов; морская вода проникала в нее только в приливную фазу. Внутри лагуны водные массы перемещались следующим образом. Когда в море завершался отлив, речная вода транзитом проходила от устья реки до устья лагуны. К транзитному потоку добавлялось относительно небольшое количество осолоненных вод, стекающих из южной и северной частей лагуны. В начале прилива море «подпирало» речной поток, поэтому он начинал наполнять лагуну: сначала ее северную часть, а затем и южную. Из-за этого вода в лагуне продолжала опресняться. При дальнейшем подъеме прилива в лагуну проникала морская вода и формировалась ЗС. Сначала осолоненные воды заполняли приустьевую и северную часть лагуны, а потом, ближе к полным водам, проникали в ее южную часть и в реку. Движение осолоненных вод происходило в виде клина. При этом в зоне непосредственного влияния речного потока возникала двухслойная («эстуарная») циркуляция, при которой у дна в сторону реки текли осолоненные воды, а у поверхности в сторону моря перемещались пресные воды. После наступления высоких полных вод течение в устье лагуны поворачивало к морю. В первой трети отлива вода сливалась из реки и ближайшей

к устью части лагуны, а северная и южная части лагуны оставались в подпоре. В это же время сосредоточенная в южной части лагуны осолоненная вода продолжала растекаться по ее дну, расширяя границы ЗС к югу. При дальнейшем развитии отлива южная и северная части лагуны освобождались от накопившейся в них воды. Описанная схема была верной для всего полумесячного приливного цикла (может быть, за исключением одного дня в период низких квадратурных приливов, когда осолоненные воды проникали в лагуну в небольшом количестве). Здесь же стоит повторить вывод о том, что в промежуток времени между квадратурными и сизигийными приливами часть воды, поступившая в лагуну в приливную фазу из реки и моря, не успевала стечь из нее с отливом и лагуна наполнялась (в основном, пресной водой). А после сизигийных приливов она наоборот — сбрасывалась.

Несмотря на непродолжительность наших наблюдений, картина пространственно-временной изменчивости температуры воды в Ичинской лагуне довольно хорошо отразила основные закономерности термического режима этого объекта в первой половине лета. Чем дальше от моря находился пункт наблюдений, тем выше были средняя и экстремальные величины температуры воды в лагуне (табл. 5). Величина суточных колебаний температуры в этом же направлении (от моря к вершине лагуны) уменьшалась. В тех местах, куда доходили осолоненные воды (2,1 и 8,9 км к югу от устья лагуны), суточная изменчивость температуры воды носила приливный характер: максимумы температуры воды соответствовали пресным водам, а минимумы — осолоненным (табл. 5). В наиболее удаленной от реки и моря части лагуны, постоянно заполненной пресной водой, максимумы температуры наступали ближе к вечеру (в 17–18 ч по местному времени), а минимумы отмечались ранним утром (в 7–8 ч, рис. 12). Здесь колебания температуры воды в целом повторяли колебания температуры воздуха, но с некоторым запаздыванием (рис. 12). Систематических наблюдений за температурой воды в реке и в море мы не проводили, но данные всех гидрологических съемок свидетельствуют, что пресная вода в лагуне была значительно теплее, чем в реке, а осолоненная вода в ней была теплее, чем в море (рис. 13). Важно отметить, что во всей лагуне средняя температура воды за период наблюдений (10,7–14,9 °С,



табл. 5) была заметно выше, чем температура воздуха за это же время (8,4 °C, рис. 12).

Перечисленные факты свидетельствуют о следующем. В период наших наблюдений в култушной части лагуны (14–35 км к югу от ее устья), обособленной от прямого влияния реки и моря, термический режим обуславливался поступлением солнечного тепла и его последующим перерас-

пределением между водой и дном. В той части лагуны, на которую распространялась ЗС (рис. 10), температура воды определялась адвекцией речной и морской воды, а также их смеси, на которую накладывался «местный» прогрев вод из-за поглощения солнечного тепла. Во всех частях лагуны теплообмен с атмосферой, по-видимому, вносил отрицательный вклад в тепловой баланс водной

Таблица 5. Характеристики изменчивости температуры воды в Ичинской лагуне (эстуарии) за период с 17:15 25.06 по 15:30 30.06.2018  
Table 5. Characteristics of water temperature dynamics in the Ichinskaya Lagoon (estuary) for the period from 17:15 25.06 to 15:30 30.06.2018

Показатели Indicators	Расстояние от устья лагуны (положение постов см. на рис. 7), км / The distance from the lagoon mouth (see locations of the stations in Fig. 7), km					
	2,1		8,9		14,3	25,4
	Все <sup>1</sup> All <sup>1</sup>	Пресн. <sup>2</sup> Freshw. <sup>2</sup>	Все <sup>1</sup> All <sup>1</sup>	Пресн. <sup>2</sup> Freshw. <sup>2</sup>	Все <sup>1</sup> All <sup>1</sup>	Пресн. <sup>2</sup> Freshw. <sup>2</sup>
Сред. за весь период, °C Aver. for the whole period, °C	10,7	11,4	13,2	14,1	14,4	14,9
Макс. за весь период, °C Max. for the whole period, °C	15,4	15,4	17,8	17,8	18,7	18,7
Мин. за весь период, °C Min. for the whole period, °C	3,5	9,6	8,6	11,5	11,3	12,6
Сред. сут. величина колебаний <sup>3</sup> , °C Aver. daily fluctuation value <sup>3</sup> , °C	7,1	—	6,1	—	5,5	3,8
Кол-во значений Number of values	474	273	474	338	474	474

<sup>1</sup>В расчетах использованы все измеренные величины температуры воды вне зависимости от ее солености. <sup>2</sup>Использовались только величины температуры, соответствующие пресным водам ( $S < 0,5\%$ ). <sup>3</sup>Средняя величина колебаний температуры воды за сутки (среднее из суточных разностей максимальной и минимальной температур воды)  
<sup>1</sup>Results of all water temperature measurements no matter salinity were used in calculations. <sup>2</sup>Only results of temperature measurements of fresh water ( $S < 0.5\%$ ) were used. <sup>3</sup>Water temperature value averaged for 24 hours (averaged difference between daily maximum and minimum water temperatures)

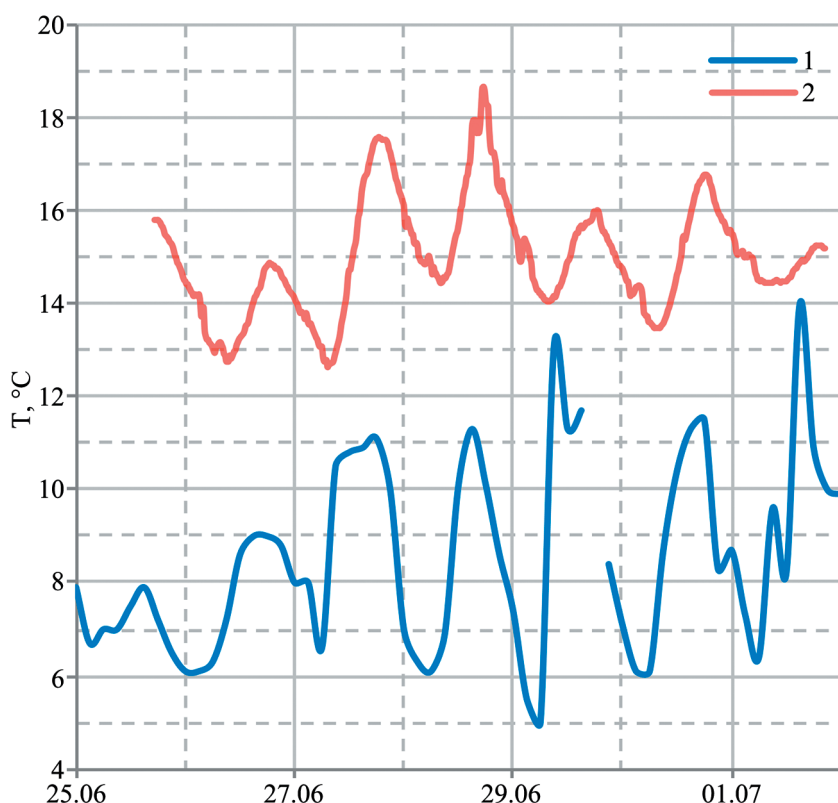


Рис. 12. Колебания температуры воздуха (1 — по метеостанции «Ича», с сайта <https://rp5.ru>) и воды (2 — Ичинская лагуна в 25,4 км от ее устья, положение поста см. на рис. 7) летом 2018 г.  
Fig. 12. Air (1 — data from the meteorological station “Icha”, <https://rp5.ru>) and water (2 — Ichinskaya Lagoon in 25.4 kms from the mouth, station in Fig. 7) temperature fluctuations in summer of 2018

толщи (пониженная температура воздуха здесь обусловлена охлаждающим влиянием Охотского моря). То есть в первой половине лета Ичинская лагуна представляет собой нагреватель речной и морской воды, чему особенно способствует ее мелководность, — аналогично другим лагунам Дальнего Востока России (Кафанов, 1986).

Теперь несколько слов о содержании растворенного кислорода и мутности воды в Ичинской лагуне. Вода в лагуне — как осолоненная, так и пресная — очень хорошо насыщена кислородом (90–110% и 9–11 мг/л). Мутность воды повсеместно была низкой: <20 NTU, без сколь-нибудь значимых повышений в ЗС или где-нибудь еще.

Для полноценного понимания гидрологических процессов внутри эстуария важно иметь представление об интенсивности его водообмена и степени влияния на него речных и морских факторов. И хотя нам не удалось провести прямых наблюдений за водообменом в устье лагуны, однако, опираясь на косвенные данные (табл. 6), можно сделать несколько выводов по этому поводу. А именно:

1. Соотношение приливной призмы (объема воды между горизонтами низких малых и высоких полных вод) и собственного объема воды (находящегося ниже горизонта низких малых вод) в култушной части лагуны было на порядок меньше, чем в ближней части. Поэтому приливное обновление вод в первом случае было намного меньше, чем во втором.

2. По показателю условного водообмена, в култушной части лагуны сток малых рек мог обеспечить полную смену вод в собственном объеме за 2–3 отливные фазы. В ближней части лагуны собственный объем сменялся менее чем за одну отливную фазу.

3. Расчетная доля «собственного» речного стока в приливной призме в разных частях лагуны была неодинакова. В култушной части лагуны, в которую впадают малые реки (рис. 7), их стока не хватало на формирование приливной призмы. Следовательно, в ее наполнении участвовала пресная вода (осолоненные воды здесь не отмечались), которая во время приливов вытеснялась из ближней части лагуны. В квадратуру в ближней части лагуны был избыток «собственной» речной воды и некоторая его часть шла на пополнение дефицита в култушной части. В сизигию стока р. Ича не хватало, чтобы формировать приливную призму в ближней части и пополнять имеющийся дефицит в култушной части лагуны. Это вызывало большой приток морской воды через устье лагуны.

4. В целом в Ичинской лагуне приливная призма была значительно больше, чем собственный объем вод. Это, а также большой речной сток, обеспечивало высокую интенсивность обновления вод в лагуне (менее 2–3 суток на полную смену вод). Роль речного стока в формировании приливной призмы в квадратуры была определяющей. В сизигии вклад речных и морских вод был сопоставим. Объем приливной призмы в сизигийные

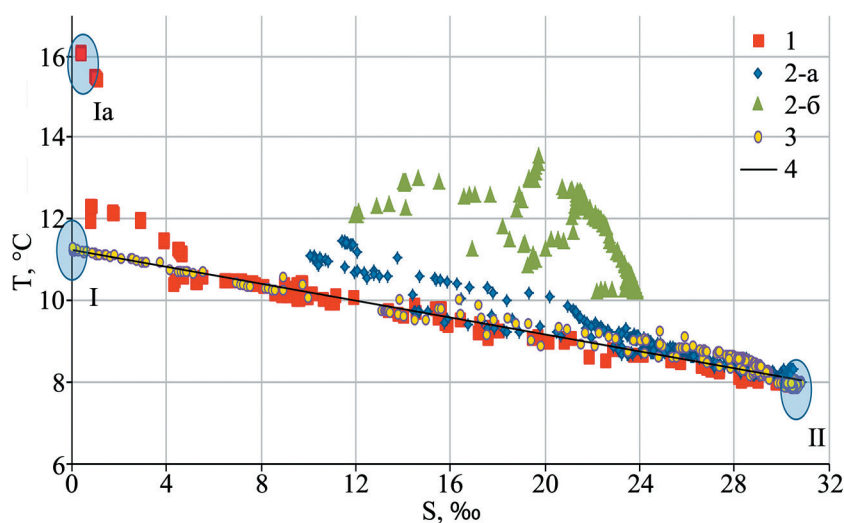


Рис. 13.  $T$ - $S$  диаграмма водных масс (ВМ) в Ичинской лагуне по результатам гидрологической съемки в высокие полные воды 28.06.2018: 1 — измерения в южной части лагуны; 2 — измерения в северной части лагуны (а — участок от 0 до 3,5 км к северу от устья лагуны, б — в северной вершине лагуны, рис. 7); 3 — измерения от устья лагуны до реки и вверх по ее руслу; 4 — прямая смешения речной и морской воды; I — речная ВМ; II — морская ВМ; Ia — лагунная модификация речной ВМ

Fig. 13. The  $T$ - $S$  diagram of the water masses (WM) in the Ichinskaya Lagoon on the data of the hydrological survey on the high rich water 28.06.2018: 1 — the changes in the southern part of the lagoon; 2 — the changes in the northern part of the lagoon (a — the plot from 0 to 3.5 km northward from the mouth of the lagoon, Fig. 7); 3 — the changes from the mouth of the lagoon to the river and upstream in the river body; 4 — the line of mixing the river and sea waters; I — the river WM; II — the sea WM; Ia — the lagoon modification of the river WM

приливы был примерно в два раза больше, чем в квадратурные. Соответственно, интенсивность водообмена в первом случае была выше, чем во втором.

Отдельно нужно упомянуть о следующем. По приблизительным расчетам, объем воды, который проходил через устье лагуны за приливные сутки 29.06.2018, был больше совокупного речного стока за это же время примерно в два раза. Это связано с притоком морской воды в лагуну в период прилива и ее последующим сбросом во время отлива. Данный факт влияет на форму устьевой протоки: ее поперечное сечение значительно больше, чем в русле р. Ича (аналогично эстуарию р. Большой (Горин и др., 2019)).

Величины приливной призмы и собственного объема воды, приведенные в табл. 6, мы исполь-

зовали для ориентировочных расчетов водообмена в Ичинской лагуне при средних условиях июля и августа (при среднем для этих месяцев речном стоке, см. табл. 3). В результате оказалось, что речной сток в июле даже в квадратуру не может обеспечить формирование приливной призмы в лагуне. В августе, когда сток реки еще ниже, расчетные характеристики водообмена лагуны для квадратурных приливов близки к таковым для сизигийных приливов. А в сизигийные приливы возможно поступление примерно в два раза большего объема осолоненных вод, чем в указанную дату. То есть во второй половине лета осолоненные воды полностью покидают лагуну только в квадратурные отливы. В этот период возможно слабое осолонение даже култучной части лагуны. Кроме этого, из-за уменьшения речного стока увеличи-

Таблица 6. Характеристики водообмена в Ичинской лагуне летом 2018 г. (Расчеты ориентировочные и могут служить только для качественных оценок)  
Table 6. Summer characteristics of water exchange in the Ichinskaya lagoon in Summer of 2018 (Approximate calculations, useful for qualitative assessments only)

Характеристика Characteristic		Квадратурные приливы Quadrature tides (24.06.2018)			Сизигийные приливы Syzygy tides (29.06.2018)		
		Култучная часть Appendix part	Ближняя часть Mouth part	Вся лагуна Whole lagoon	Култучная часть Appendix part	Ближняя часть Mouth part	Вся лагуна Whole lagoon
Q	$\text{м}^3/\text{с}$ ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	29,0	266	295	29,0	266	295
$B_m$	м / (m)	2,4	2,4	2,4	3,8	3,8	3,8
$\tau$ (прилив high tide)	ч / h	3,0	7,0	7,0	4,5	7,5	7,5
$\tau$ (отлив low tide)	ч / h	12,0	8,0	8,0	20,0	17,0	17,0
$W_{\min}$	млн $\text{м}^3$ ( $\text{mln m}^3$ )	3,96	2,16	6,12	3,96	2,16	6,12
$W_{\text{np}}$ (tide)	млн $\text{м}^3$ ( $\text{mln m}^3$ )	1,04	6,31	7,35	2,79	12,6	15,4
$W_{\text{реч np}}$ (river high tide)	млн $\text{м}^3$ ( $\text{mln m}^3$ )	0,31	6,70	7,43	0,47	7,18	7,97
$W_{\text{реч отл}}$ (river low tide)	млн $\text{м}^3$ ( $\text{mln m}^3$ )	1,25	7,66	8,50	2,09	16,3	18,1
$W_{\text{np}}/W_{\min}$		0,26	2,92	1,20	0,71	5,84	2,52
$W_{\min}/W_{\text{реч отл}}$ (river low tide)		3,2	0,3	0,7	1,9	0,1	0,3
$W_{\text{реч np}}/W_{\text{np}}$ (river high tide)		0,30	1,06	1,01	0,17	0,57	0,52

Примечание: Q — ср. расход речной воды (для култучной части лагуны — совокупный расход рек Конон, Чавыча, Скудой и Первая; для ближней части — расход р. Ича; для всей лагуны — совокупный расход всех рек);  $B_m$  — величина большого (за данные сутки) прилива в море;  $\tau$  — период приливной и отливной фазы большого прилива в море;  $W_{\min}$  — объем воды, который остается в НМВ («собственный объем»);  $W_{\text{np}}$  — объем приливной призмы (объем воды между горизонтами НМВ и ВПВ);  $W_{\text{реч отл}}$  — объем речного стока за отливную фазу;  $W_{\text{реч np}}$  — объем речного стока за приливную фазу;  $W_{\text{np}}/W_{\min}$  — показатель соотношения приливной призмы и собственного объема;  $W_{\min}/W_{\text{реч отл}}$  — показатель условного водообмена (сколько отливных фаз нужно для полного обновления воды в  $W_{\min}$ );  $W_{\text{реч np}}/W_{\text{np}}$  — показатель доли речного стока в приливной призме.  
Note: Q — aver. river water discharge (for the appendix part of the lagoon — total discharge of the Konon, Chavycha, Skudoi and Pervaya rivers; for the mouth part — the Icha river discharge; for the whole lagoon — the total discharge of all rivers);  $B_m$  — a high tide value (for given 24 hours) at sea;  $\tau$  — period of high and low phase of the high tide at sea;  $W_{\min}$  — water amount, which stays during LPW (“amount itself”);  $W_{\text{np}}$  — the tidal prism amount (water amount between the LPW and HRW horizons);  $W_{\text{реч отл}}$  — the river flow amount for the phase of low tide;  $W_{\text{реч np}}$  — the river flow amount for the phase of high tide;  $W_{\text{np}}/W_{\min}$  — the index of the ratio between the tidal prism and water amount;  $W_{\min}/W_{\text{реч отл}}$  — the index of the conventional water exchange (how many low tide phases required for the total change of the water in  $W_{\min}$ );  $W_{\text{реч np}}/W_{\text{np}}$  — the index of the part of the river flow in the tidal prism.

вается период обновления вод в култушной части лагуны — до 4–6 сут (возможно и больше).

Теперь рассмотрим вопрос о выделении водных масс (ВМ) в Ичинской лагуне. Анализ  $T-S$  диаграмм (пример см. на рис. 13) показал, что в ЗС между собой взаимодействуют только две первичные ВМ: речная и морская. Поэтому гидрологические характеристики в ближней части лагуны (не только температура и соленость, но и все прочие) определяются текущими величинами этих характеристик в исходных ВМ, а также динамикой ЗС. Скорее всего, в небольшой котловине, находящейся в северной вершине лагуны, смесь речной и морской ВМ может задерживаться более чем на один приливный цикл. В результате вода здесь немного прогревается, однако собственной водной массы с устойчивыми характеристиками не образуется — слишком велика проточность. В култушной части лагуны (14–35 км к югу от ее устья), уже за пределами распространения ЗС, находятся пресные воды, изначально поступившие сюда с речным стоком. Водообмен здесь замедлен (по сравнению с ближней частью лагуны), поэтому есть условия для трансформации вод. Скорее всего, их исходные характеристики формируются во время весеннего половодья на реках, когда култушная часть лагуны наполняется свежей водой. В дальнейшем она трансформируется в результате поглощения солнечной радиации, взаимодействия с атмосферой и дном, а также смешения со свежей речной водой и пресной водой, вытесняемой во время приливов из ближней части лагуны (во второй половине лета, при низком речном стоке, возможен и слабый подток осолоненных вод из ЗС).

Для Ичинской лагуны важен вопрос о том, как морфологические процессы влияют на ее гидрологический режим. Опираясь на приведенные выше сведения, предположим следующее. Первый вид влияния связан с многолетним перемещением устья лагуны. Скорее всего, его постепенное удаление на север вызывает плавное смещение границ распространения ЗС в том же направлении. Величины приливных колебаний уровня в большей части лагуны уменьшаются. Объем морских вод, проникающих в лагуну во время приливов, также снижается. В целом, вода в лагуне становится преснее. После возвращения устья на юг (а это происходит одновременно — как по естественным, так и по антропогенным причинам) гидрологические

процессы в лагуне резко «откатываются» к исходным параметрам. Второй вид влияния обусловлен сезонным блокированием устья лагуны. По свидетельствам местных жителей, осенью и зимой, во время сильных штормов в море и низкого речного стока, устье лагуны нередко заносится морскими наносами и льдом. В результате, на несколько недель или даже месяцев водообмен лагуны с морем частично или полностью ограничивается. Это продолжается до весны или начала лета: сначала на подъеме половодья речная вода наливается в лагуну, а затем поток из переполненной лагуны прорывается через плотину в устье или через наиболее низкое место на поверхности бара. Скорее всего, временная изоляция лагуны от моря способствует ее опреснению.

Эстуарий р. Крутогорова. В данном случае эстуарием следует считать систему из двух равнозначных объектов, в которые проникают осолоненные воды: первый из них — Крутогоровская лагуна длиной 5,5 км, а второй — устьевой участок р. Крутогорова длиной ~4 км (от места впадения реки в лагуну, рис. 14). Наблюдения в районе эстуария р. Крутогорова были краткими, но все же они (в сочетании с расчетными методами) позволяют получить адекватное представление о главных особенностях гидрологического режима этого объекта в летний период.

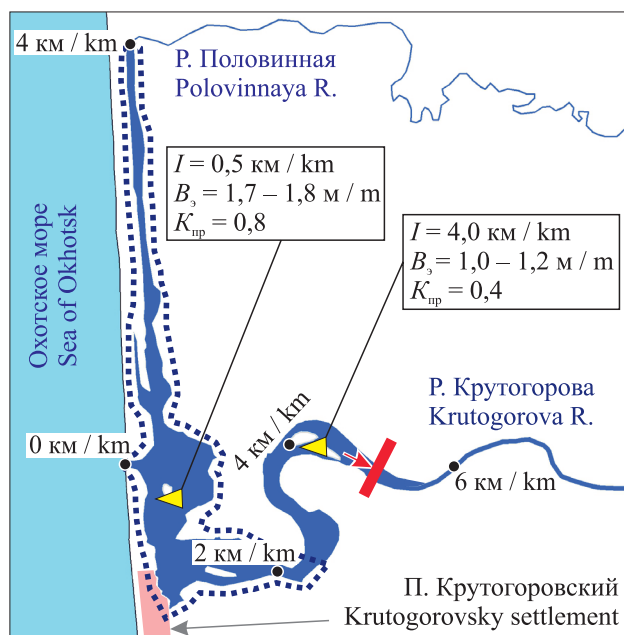
В период наших наблюдений за уровнем воды (06–09.07.2018) приливные колебания охватывали весь эстуарий. Величины квадратурных приливов в устье эстуария достигали ~1,7 м, а в его вершине — 1,0 м (рис. 14). Опираясь на рассчитанные коэффициенты приливов (рис. 14), можно оценить величины колебаний уровня воды при том же водном стоке реки, но в период высоких сизигийных приливов: до 3,5–4,0 м в устье и до 1,9 м в вершине эстуария. По сообщениям местных жителей, приливные колебания в речном русле распространяются не далее 14–15 км от моря. Косвенно это подтверждается тем, что в ходе наших биологических исследований на всем участке реки от ее устья до 12,7 км от моря в контрольных уловах встречалась молодь звездчатой камбалы *Platichthys stellatus*, а уже в 15,5 км от моря ее не было. Судя по опыту нашей работы в других эстуариях Камчатки (Коваль и др., 2012), молодь звездчатой камбалы может подниматься в реки западного побережья полуострова как раз до границы распространения приливов. По-видимому, это связано



с преобладанием илистых грунтов на таких участках (образующихся благодаря осаждению мелко-дисперсных взвесей в зоне влияния приливного подпора), которые являются наиболее предпочтительными местами обитания этого вида камбал.

Согласно данным наблюдений за соленостью воды с 06 по 09.07.2018, морская вода проникала в эстуарий с каждым приливом. Осолоненная вода находилась в эстуарии большую часть суток. В низкие малые воды эстуарий полностью опреснялся. На максимуме квадратурного прилива (09.07.2018,  $B_m = 2,4$  м) зона смешения распространилась на всю лагуну и проникла в русло реки до первого переката, находящегося на расстоянии 2,5 км от моря (рис. 14).

Очевидно, что если осолонение наблюдалось во время низких квадратурных приливов, то в высокие сизигийные приливы это явление должно быть еще



$B_z$  — Большая величина прилива в эстуарии, равная разности отметок между смежными ВПВ и НМВ

Bigger value of the tide in the estuary, equal to difference between the marks of adjacent HRW and LPW

$K_{пр}$  — Коэффициент прилива (равен отношению  $B_z$  в данном месте к  $B_m$ ) / Tide coefficient (equal to the ratio between  $B_z$  in certain place to  $B_m$ )

▲ — Места установки автономных измерителей (Н, Т, S) / Places of setting the stand-alone meters (H, T, S)

..... — Зона осолонения в ВПВ 09.07.2018 ( $B_m = 2,4$  м) / Salinization zone during HRW on 9.07.2018 ( $B_m = 2,4$  м)

— Расчетный предел проникновения осолоненных вод / Calculated boundary of the saline water distribution

Рис. 14. Схема эстуария р. Крутогорова с некоторыми результатами наблюдений (06–09.07.2018)

Fig. 14. The scheme of the Krutogorova River estuary with particular results of the observation (06–09.07.2018)

более выражено. Чтобы оценить дальность проникновения ЗС при высоких приливах на фоне средних величин речного стока в июле и августе (табл. 3), можно воспользоваться двумя подходами.

Во-первых, эту дальность можно приблизительно рассчитать по методу гидрологической аналогии. Характеристики прилива 09.07.2018, когда была сделана съемка в эстуарии р. Крутогорова, идентичны таковым 24.06.2018, когда аналогичные наблюдения выполнялись в эстуарии р. Ича. Максимальная дальность проникновения ЗС в эстуарии р. Ича зафиксирована 28.06.2018 (рис. 10). Отличия в характеристиках распространения ЗС при разных величинах приливов (при прочих равных — одинаковой продолжительности приливов и постоянном речном стоке) связаны с разной скоростью движения фронта осолоненных вод. В эстуарии р. Ича эта скорость составляла 1,1 и 2,1 км/ч (24 и 28.06.2018 соответственно). То есть при высоких сизигийных приливах она была в 1,9 раз больше, чем при низких квадратурных приливах. Предположим, что в случае проникновения осолоненных вод в русло р. Крутогорова соотношение скоростей движения фронта осолоненных вод, а значит и дальностей его проникновения, будет таким же. Тогда получаем, что при высоких сизигийных приливах верхняя граница ЗС будет находиться в речном русле на расстоянии 4,8 км от моря. Скорее всего, этот результат даже завышен, поскольку на участке 2,5–4,8 км от устья эстуария в русле р. Крутогорова находятся три значительных переката, каждый из которых в той или иной степени препятствует интрузии осолоненных вод.

Второй подход к оценке искомой границы заключается в анализе формы речного русла. Интрузия морских вод ведет к увеличению суммарного расхода воды в русле реки. Чем ближе к морю, тем эта добавка больше. Если приливы достаточно большие, как в устье р. Крутогорова, это приводит к формированию воронкообразного расширения речного русла. Следовательно, максимум проникновения осолоненных вод должен быть ниже по течению, чем вершина воронки, которая в случае р. Крутогорова находится в 5,5 км от моря. Таким образом, в теплое время года при высоких приливах и низком речном стоке осолоненные воды проникают в русло р. Крутогорова менее чем на ~5 км от моря (рис. 14). В июне, когда на реке проходит пик по-

ловодья, в некоторые дни вода в эстуарии может оставаться пресной даже в прилив.

Вертикальная структура ЗС в эстуарии была исследована во время гидрологической съемки 09.07.2018. Оказалось, что в большую часть эстуария осолоненная вода проникала в виде клина. При этом в речном русле на поверхности находилась пресная вода, а у дна — осолоненная (>20‰). В лагуне осолоненная вода занимала всю толщу (у поверхности соленость была ниже, чем у дна; чем дальше от моря, тем ниже была соленость на вертикали).

Наши наблюдения за соленостью воды проводились в период низких квадратурных приливов. В это время осолоненные воды находились в лагуне большую часть суток, покидая ее только во второй половине отлива. Скорее всего, во время высоких сизигийных приливов лагуна остается осолоненной даже на минимуме отлива. В речное русло осолоненные воды проникали только на максимуме прилива, а в остальное время вода здесь была пресной.

По имеющимся материалам можно сделать следующие выводы о температуре воды в эстуарии. В лагуне и в той части речного русла, в которую на приливах проникала морская вода, температура ежесуточно изменялась в диапазоне величин, крайние значения которого соответствовали морским и речным водам в данное время (так же, как и в Ичинской лагуне, см. выше). В эстуарии р. Крутогорова был замечен и нагрев воды, о котором говорилось при обсуждении предыдущего объекта: 07.07.2018 на участке реки между 19 и 7 км от ее устья температура воды составляла 10,6–10,9 °С, а в южной части лагуны и на устьевом участке реки (в это время здесь была только пресная вода) — в среднем 12,5 °С. То есть за 1–2 часа своего транзита через эстуарий речная вода нагревалась на 1,5 °С.

Содержание растворенного кислорода в эстуарии р. Крутогорова было высоким: 100% насыщения, или ~10 мг/л. Мутность воды повсеместно была низкой: <20 NTU.

Расчеты характеристик водообмена, аналогичные представленным в табл. 6, показали следующее. В квадратурный прилив 09.07.2018 ( $B_m = 2,4$  м;  $Q = 72,6$  м³/с) в эстуарии р. Крутогорова приливная призма была значительно больше, чем собственный объем воды ( $W_{np} / W_{min} = 2,9$ ) (расшифровку обозначений см. в табл. 6). В формировании приливной призмы роль речного стока была преобладающей ( $W_{реч пр} / W_{пр} = 0,68$ ). Период условного

водообмена в собственном объеме эстуария был существенно меньше, чем продолжительность отлива ( $W_{min} / W_{реч отл} = 0,5$ ). Иными словами, в период нашей работы эстуарий р. Крутогорова представлял собой сильно проточный водный объект, в котором в прилив смешивались первичные (речная и морская) водные массы, а в отлив транзитом проходила речная вода; условия для формирования собственных водных масс здесь отсутствовали.

Несколько слов о влиянии морфологических процессов в эстуарии р. Крутогорова на его гидрологический режим. В естественном состоянии (до 1958 г., см. выше) р. Крутогорова впадала в обширную лагуну, объединяющую устья нескольких рек. По своим размерам, конфигурации и морфометрии она была похожа на современную Ичинскую лагуну. Скорее всего, гидрологический режим этих объектов также был похож. После начала систематических работ по удержанию устья Крутогоровской лагуны в непосредственной близости от места впадения реки, размеры лагуны многократно уменьшились, а положение ее устья стабилизировалось. В связи с этим, проточность эстуария должна была увеличиться, а многолетняя изменчивость его гидрологического режима, обусловленная морфодинамикой устья лагуны, скорее всего, уменьшилась.

*Прибрежная часть Охотского моря.* Смешение речных и морских вод происходит не только в эстуариях, но и в прибрежной части моря. Поэтому нами была проведена гидрологическая съемка, цель которой состояла в выяснении пространственных характеристик ЗС в районе устья р. Крутогорова (рис. 15).

В период проведения съемки уровень моря был немного ниже среднего; начало съемки пришлось на малый прилив, а ее окончание — на малый отлив (рис. 15Г). Течение в море было направлено к северу (в начале съемки оно было сильнее, чем в конце). Ветер был слабый, волны в море практически отсутствовали. В результате съемки удалось выяснить следующее. На поверхности воды ЗС распространялась от устья реки в сторону открытого моря на 4 км (до изобаты 20 м), а вдоль берега — на 15 км к северу и на 3,5 км к югу (рис. 15В). (Границы ЗС, в данном случае соответствующие изогалинам 1‰ с речной стороны и 29‰ с морской стороны, были определены на основе анализа  $T-S$  диаграмм.) На вдольбереговых разрезах соленость воды в прибойной зоне была на 2–5‰ меньше, чем в 0,5 км от берега. Площадь ЗС составляла 33,0 км².

Поверхностная изогалина 20‰ проходила не далее 0,6 км от устья реки, а изогалина 10‰ — менее 0,3 км от него. В устье реки ЗС охватывала всю водную толщу, а уже в 0,5 км от него нижняя граница ЗС поднималась до глубины 0,9 м (рис. 15А). На вдольбереговом разрезе вертикальная мощность ЗС составляла 1–2 м. Приблизительный объем пресной воды в ЗС достигал 2,0 млн м<sup>3</sup>, что соответствовало суммарному стоку рек Круто-

горова и Половинная за ~8 ч (то есть за период одной отливной фазы). Речная вода была значительно теплее поверхностной морской воды: 12 и 8–9 °С соответственно (рис. 15Б). Уже в 1 км от берега на глубине ~8 м температура морской воды была <5 °С. Мутность воды повсеместно была низкой, без заметных повышений в какой-либо части ЗС.

Таким образом, опреснение морской воды, связанное со стоком р. Крутогорова, чувствовалось

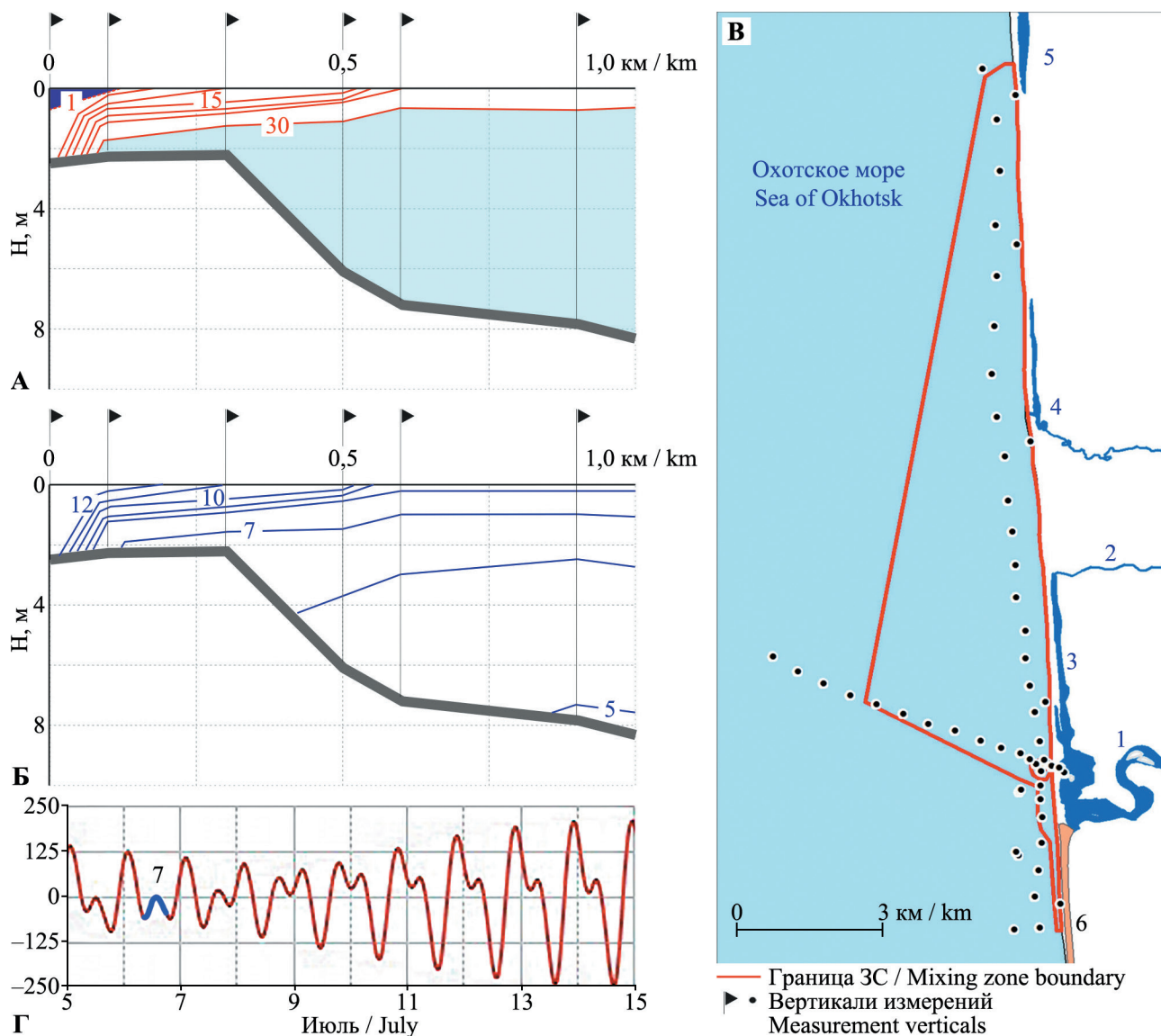


Рис. 15. Распределение солёности (А) и температуры (Б) воды по гидрологическому разрезу в прибрежной части Охотского моря (от устья р. Крутогорова на ЗСЗ), а также распространение ЗС на поверхности моря (В) по результатам гидрологической съемки 06.07.2018. Изменение уровня воды в море во время гидрологической съемки показано на врезке (Г). На разрезах изогалины проведены через 5‰, изотермы — через 1 °С; расстояние от устьев створа реки. На схеме граница ЗС проведена по изогалине 29‰. Колебания уровня воды предвычисленные. 1 — р. Крутогорова; 2 — р. Половинная; 3 — Крутогоровская лагуна; 4 — р. Схумач и ее лагуна; 5 — лагуна р. Облуковина; 6 — п. Крутогоровский; 7 (Г) — гидрологическая съемка

Fig. 15. Salinity (A) and water temperature (Б) distribution on the hydrological profile in the coastal part of the Sea of Okhotsk (from the mouth of Krutogorova River WNW), and distribution of the mixing zone on the sea surface (B) according to the data of the hydrological survey on 06.07.2018. The dynamics of the water level at sea during the hydrological survey is demonstrated on the sidebar (Г). The isogalines on the profile are set with 5‰ interval, the isotherms — with 1 °C interval; the distance from the mouth section of the river. The boundary of the mixing zone on the scheme is made along the isogaline 29‰. The fluctuations of the water level are precalculated. 1 — Krutogorova R.; 2 — Polovinnaya R.; 3 — Krutogorova R. lagoon; 4 — Skhumach R. and lagoon; 5 — Oblukovina R. lagoon; 6 — Krutogorovsky Settlement; 7 (Г) — hydrological survey

на большой площади, но ядро ЗС с высокими градиентами солености находилось в непосредственной близости от устья реки. При этом ЗС была вытянута вдоль берега на север. Отметим, что похожая картина распространения ЗС была зафиксирована нами летом 2017 г. около устья р. Озерной, расположенной на юге полуострова (Koval et al., 2018).

Для практики такие выводы означают следующее: на Западной Камчатке результаты наблюдений на береговых станциях сильно зависят от того, с какой стороны и на каком расстоянии по отношению к устью ближайшей крупной реки находится данная станция; морские гидрологические съемки, которые заканчиваются далее чем в 1–2 км от берега, не позволяют судить о характеристиках воды в узкой полосе прибрежного опреснения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что эстуарии рек Ича и Крутогорова, как и многие другие объекты в устьях рек Западной Камчатки, относятся к лагунно-русловому подтипу. Они сформировались в условиях довольно значительного речного стока ( $Q_{cp} \sim 120$  и  $70 \text{ м}^3/\text{с}$  соответственно) и высоких морских приливов (до 5 м) на выровненном морском побережье, открытым для сильного волнения. Эстуарий р. Ича представляет собой лагуну, вытянутую вдоль морского берега на 39 км. Эстуарий р. Крутогорова состоит из небольшой лагуны и устьевых участков реки (длиной  $\sim 5,5$  и 4 км соответственно). От моря оба эстуария отделяются песчано-галечными барами.

Под совместным воздействием стока речной воды и морских приливов в эстуариях сформировался специфический гидрологический режим. Уровень воды в них изменяется с суточной, полумесячной и сезонной периодичностью. При этом чем выше речной сток и/или дальше место наблюдений от моря, тем слабее выражены первые два явления и заметнее последнее. В эстуариях нет замкнутых котловин и велика проточность (в теплое время года вода в эстуарии р. Ича обновляется не более чем 2–3 сут, а в эстуарии р. Крутогорова —  $<1$  сут). Из-за этого в них между собой взаимодействуют только первичные (речные и морские) воды, а вторичных ВМ не формируется. Положение ЗС в эстуариях зависит от сочетания речных и морских факторов и поэтому изменяется с суточной полумесячной и сезонной периодич-

ностью. На пике особо высоких половодий ЗС может вытесняться в море. В большую часть летнего периода ЗС в отлив находится за пределами эстуариев, а в прилив перемещается в их приморские части (в сизигии — дальше, а в квадратуры ближе к устью). Во второй половине лета — при низком речном стоке — некоторое осолонение в эстуариях может ощущаться даже в отлив. Осолоненные воды проникают в эстуарии преимущественно в виде «клина». Предельная дальность их распространения в эстуарии р. Ича составляет  $\sim 18$  км, а в эстуарии р. Крутогорова —  $\sim 5$  км. Она достигается при сочетании низкого речного стока и сизигийных приливов.

В обоих случаях бары, отделяющие эстуарии от моря, активно переформируются. В естественных условиях это приводило к значительной изменчивости (в многолетнем плане) гидрологического режима эстуариев. Но начиная с середины XX в. морфодинамика баров искусственно сдерживается (в эстуарии р. Ича менее регулярно, чем в эстуарии р. Крутогорова).

В прибрежной зоне Охотского моря опреснение воды, связанное со стоком р. Крутогорова, чувствовалось на большой площади ( $33 \text{ км}^2$ ), но ядро ЗС с высокими градиентами солености находилось в непосредственной близости от устья реки. ЗС была вытянута на 15 км вдоль берега на север и на 4 км в сторону открытого моря.

В заключение несколько слов о наиболее важных направлениях дальнейших исследований. В эстуариях рек Ича и Крутогорова желательно провести зимние наблюдения для оценки гидрологических условий в этих объектах в период ледостава. Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос о формировании наводнений в эстуарии р. Ича из-за заторов льда в его устье. Помимо этого, до сих пор остаются нерешенными две гидрологические проблемы: оценка пространственно-временных характеристик опреснения и направления течений (приливных, дрейфовых и суммарных) в прибрежной зоне Охотского моря около устьев больших рек Западной Камчатки.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам метеостанции «Ича» и жителю п. Крутогоровский Н. Овчаренко за большую помощь во время проведения полевых работ, а также инженеру лаборатории эстуарных и прибрежных эко-



систем КамчатНИРО Л.Н. Смородиной за помощь в обработке исходных данных. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-01224).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гидрологические наблюдения и работы на гидрометеорологической сети в устьевых областях рек. 1993. Методические указания. РД 52.10.324-92. М.: Гидрометеиздат. 183 с.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей. 1998. Т. IX (Охотское море). Вып. 1 (Гидрометеорологические условия). СПб.: Гидрометеиздат. 342 с.
- Горин С.Л. 2012. Эстуарии полуострова Камчатка: теоретические подходы к изучению и гидролого-морфологическая типизация. Итоги 10 лет исследований // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 27. С. 5–12.
- Горин С.Л., Корзинин Д.В., Коваль М.В., Головлев П.П., Завадский А.С. 2018. Морфодинамика устья Ичинской лагуны (Западная Камчатка) // Арктические берега: путь к устойчивости: Матер. XXVII Междунар. береговой конф. (Мурманск, 24–29 сентября 2018 г.). С. 48–51.
- Горин С.Л., Попрядухин А.А., Коваль М.В. 2019. Гидрологические процессы в лагунно-русовом эстуарии в теплый период года (на примере устья р. Большой, Западная Камчатка) // Водн. ресурсы. Т. 46. № 1. С. 2–13.
- Давыдов Б.В. 1923. Лоция побережий РСФСР Охотского моря и восточного берега Камчатки с островом Карагинским включительно. Владивосток. 1498 с.
- Деева Р.А. 1972. Каталог гармонических и негармонических постоянных приливов отечественных вод Дальнего Востока // Тр. ДВНИГМИ. Вып. 0.18. Л.: Гидрометеиздат. 248 с.
- Дополнение к III части Лоции северо-западной части Восточного Океана издания 1907 года (исправлено по 1 января 1915 года). 1915. Петроград: Главное гидрографическое управление Морского министерства. Типография Морского министерства, 274 с.
- Думанская И.О. 2017. Ледовые условия морей азиатской части России. М.: Обнинск: ИГ – СОЦИН. 640 с.
- Ежегодные и многолетние данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. 2018. Водный кадастр РФ. Раздел 1 (поверхностные воды). Т. 4. Ч. 1 (Охотское море). Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД.
- Кафанов А.И. 1986. Лагуны дальневосточных морей // Природа, № 5. С. 34–42.
- Климат России: Научно-прикладной справочник. 2010. Электронный справочник Росгидромета: <http://aisori.meteo.ru/CIsprR>.
- Коваль М.В., Горин С.Л. 2016. Эстуарии Камчатского края: результаты и перспективы изучения // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч., приуроченной к 145-летию Севастопольской биол. станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь. Т. 2. С. 315–318.
- Коваль М.В., Горин С.Л., Козлов К.В., Никулин Д.А., Штремель М.Н. 2012. Ихтиологические исследования эстуариев рек Хайрюзова, Белоголовая и Ковран (Западная Камчатка) в июле–августе 2012 г. // Бюллетень № 7 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 91–106.
- Кондратьев В.И. 1974. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат. 200 с.
- Красная книга Камчатского края. 2018. Т. 1. Животные (Отв. ред. А.М. Токранов). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 196 с.
- Леонтьев О.К. (ред.), Васильев А.А., Добрынина Т.А., Жиндарев Л.А., Кривулин К.П., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г., Сперанский Н.С. 1969. Динамика и морфология берега Западной Камчатки (промежуточный отчет, 17.04.1969). М. Неопублик. данные кафедры геоморфологии Географического ф-та МГУ, 191 с.
- Леонтьев О.К. (ред.), Добрынина Т.А., Кривулин К.П., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г., Чуланов В.А. 1971. Динамика и морфология берега Западной Камчатки (окончательный отчет). Неопубл. данные кафедры геоморфологии Географического ф-та МГУ, 132 с.
- Михайлов В.Н., Горин С.Л. 2012. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей — эстуариев // Водн. ресурсы. Т. 39. № 3. С. 243–257.
- Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1987. Государственный водный кадастр. Т. I (РСФСР). Вып. 18 (бассейны рек Камчатской области). Л.: Гидрометеиздат. 386 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1966. Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 258 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 368 с.

Руководство по гидрологической практике. Т. 1. Гидрология: от измерений до гидрологической информации. 2011. ВМО-№ 168. 6-е изд. 514 с.

Руководство по гидрологической практике. Т. 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. 2012. ВМО-№ 168. 6-е изд. 324 с.

Шевляков Е.А., Маслов А.В. 2011. Реки, определяющие воспроизводство тихоокеанских лососей на Камчатке, как реперы для оценки заполнения нерестового фонда // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 114–139. Guidelines on the study of seawater intrusion into rivers / Studies and reports in hydrology. 1991. Paris: UNESCO. 117 p.

Koval M.V., Gorin S.L., Vasilenko A.V., Dubynin V.A., Klimov A.V. 2018. Biology of juvenile ozernovskaya sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (the Ozernaya River, Basin of the Kurilskoe Lake) during downstream migration and early marine period of life // NPAFC Technical Rep. N 11. Vancouver. Canada. P. 29–38.

## REFERENCES

*Gidrologicheskiye nablyudeniya i raboty na gidrometeorologicheskoy seti v ust'yevykh oblastiakh rek* [Hydrological observations and work on the hydrometeorological network in the estuarine areas of rivers]. Guidelines. RD 52.10.324-92. Moscow: Gidrometeoizdat, 1993, 183 p.

*Gidrometeorologiya i gidrokimiya morey* [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. V. IX (Sea of Okhotsk)]. Vol. 1 (Hydrometeorological conditions). SPb.: Gidrometeoizdat, 1998, 342 p.

Gorin S.L. Kamchatka's estuaries: theoretical approaches and hydrological-morphological typing. Ten-year research outcomes. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 27, pp. 5–12. (In Russian with English abstract)

Gorin S.L., Korzinin D.V., Koval M.V., Gogolev P.P., Zavadskiy A.S. Morphodynamics of river mouth of Icha's lagoon (Western Kamchatka). *Proceedings of XXVII International Coastal Conference "Arctic shores: shore-up to sustainability"*. Murmansk, 2018, pp. 48–51. (In Russian)

Gorin S.L., Popryadukhin A.A., Koval M.V. Hydrological Processes in a Lagoon-Channel Estuary in the Warm Season: Case Study of the Mouth of the Bolshaya R., Western Kamchatka. *Water Resources*, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 2–13.

Davydov B.V. *Lotsiya poberezhnyy RSFSR Okhotskogo morya i vostochnogo berega Kamchatki s ostrovom Karaginskim vklyuchitelno* [Lotsiya coasts of the RSFSR of the Sea of Okhotsk and the eastern coast of Kamchatka with the island of Karaginsky inclusive]. Vladivostok, 1923, 1498 p.

Deyeva R.A. Catalog of harmonic and non-harmonic constant tides of domestic waters of the Far East. *Trudy DVNIGMI*, 1972, vol. 0.18, Leningrad: Hydrometeoizdat, 248 p.

*Dopolneniye k III chasti Lotsii severo-zapadnoy chasti Vostochnogo Okeana izdaniya 1907 goda (ispravleno po 1 yanvarya 1915 goda)* [Supplement to the third part of Lotsia of the northwestern part of the Eastern Ocean of the 1907 edition (amended on January 1, 1915)]. Petrograd: Main Hydrographic Directorate of the Ministry of the Sea, Printing house of the Ministry of the Sea, 1915, 274 p.

Dumanskaya I.O. *Ledovyye usloviya morey aziatskoy chasti Rossii* [Ice Conditions of Seas of the Asian Part of Russia]. Moscow: Obninsk: IG – SOTSIN, 2017, 640 p.

*Ezhegodnyye i mnogoletniye dannyye o rezhime i kachestve vod morey i morskikh ustyev rek. Vodnyy kadastr RF. Razdel 1 (poverkhnostnyye vody). CH. 1 (Okhotskoye more)* [Annual and long-term data on the regime and quality of the waters of the seas and estuaries. Water cadastre of the Russian Federation. Section 1 (surface water)]. Vol. 4. Part 1 (Sea of Okhotsk)]. Obninsk: VNIIGMI-MTSD, 2018.

Kafanov A.I. Lagoons of the Far Eastern Seas. *Priroda*, 1986, no. 5, pp. 34–42. (In Russian)

*Klimat Rossii: Nauchno-prikladnoy spravochnik*. [Climate of Russia: Scientific and Applied Reference]. Roshydromet electronic reference book, 2010. Available at <http://aisori.meteo.ru/Clspr>. (In Russian)

Koval M.V., Gorin S.L. Estuaries of the Kamchatka Region: results and perspectives of study. *Proceedings of all-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station Sevastopol: "Marine biological research: achievements and perspectives"*. Sevastopol, 2016, pp. 315–318. (In Russian)

Koval M.V., Gorin S.L., Kozlov K.V., Nikulin D.A., Shtremel M.N. Ichthyological studies of estuaries of the Khayryuzov, Belogolovaya and Kovran Rivers (Western Kamchatka) in July–August 2012. *Bulletin for the study of Pacific salmon in the Far East*, vol. 7, Vladivostok: TINRO, 2012, pp. 91–106. (In Russian)

- Kondratyuk V.I. *Klimat Kamchatki* [Climate of Kamchatka]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1974, 200 p.
- Tokranov A.M. (ed.). *Krasnaya kniga Kamchatskogo kraya. T. 1. Zhivotnyye* [Red Book of Kamchatka Territory. Vol. 1. Animals]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2018, 196 p.
- Leontiev O.K. (ed.), Vasilyev A.A., Dobrynina T.A., Zhindarev L.A., Krivulin K.P., Lukyanova S.A., Nikiforov L.G., Speranskiy N.S. *Dinamika i morfologiya berega Zapadnoy Kamchatki (promezhutochnyy otchet, 17.04.1969)* [Dynamics and morphology of the coast of Western Kamchatka (interim report, 04.17.1969)]. Moscow: Unpublished data from the Department of Geomorphology of the Geographical Faculty of Moscow State University, 1969, 191 p.
- Leontiev O.K. (ed.), Dobrynina T.A., Krivulin K.P., Lukyanova S.A., Nikiforov L.G., Chulanov V.A. *Dinamika i morfologiya berega Zapadnoy Kamchatki (okonchatelnyi otchet, 17.10.1971)* [Dynamics and morphology of the coast of Western Kamchatka (final report, 10.17.1971)]. Moscow: Unpublished data of the Department of Geomorphology of the Geographical Faculty of Moscow State University, 1971, 132 p.
- Mikhailov V.N., Gorin S.L. New definitions, regionalization, and typification of river mouth areas and estuaries as their parts. *Water Resources*, 2012, vol. 39, no. 3, pp. 247–260.
- Mnogoletniye dannyye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Gosudarstvennyy vodnyy kadastr. T. I (RSFSR). Vyp. 18 (basseyny rek Kamchatskoy oblasti)* [Long-term data on the regime and resources of land surface water. State Water Cadastre. Vol. I (RSFSR), issue 18 (river basins of the Kamchatka Region)]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1987, 386 p.
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost. T. 20. Kamchatka* [Surface water resources of the USSR. Hydrological knowledge. Vol. 20. Kamchatka]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1966, 258 p.
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 20. Kamchatka* [Surface water resources of the USSR. Vol. 20. Kamchatka]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1973, 368 p.
- Rukovodstvo po gidrologicheskoy praktike. T. 1. Gidrologiya: ot izmereniy do gidrologicheskoy informatsii* [Guide to hydrological practice. Vol. 1. Hydrology: from measurements to hydrological information]. 2011, WMO-No. 168, 6th ed., 514 p.
- Rukovodstvo po gidrologicheskoy praktike. T. 2. Upravleniye vodnymi resursami i praktika primeneniya gidrologicheskikh metodov* [Guide to hydrological practice. T. 2. Water management and the practice of using hydrological methods]. 2012, WMO-No. 168, 6th ed., 324 p.
- Shevlyakov E.A., Maslov A.V. The rivers determining reproduction of pacific salmon in Kamchatka as indicators of spawning grounds filling. *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 164, pp. 114–139. (In Russian)
- Guidelines on the study of seawater intrusion into rivers. Studies and reports in hydrology. 1991. Paris: UNESCO. 117 p.
- Koval M.V., Gorin S.L., Vasilenko A.V., Dubynin V.A., Klimov A.V. Biology of juvenile ozernovskaya sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (the Ozernaya River, Basin of the Kurilskoe Lake) during downstream migration and early marine period of life. *NPAFC Technical Rep.*, no. 11. Vancouver. Canada, 2018, pp. 29–38.

Статья поступила в редакцию: 23.04.2019

Статья принята после рецензии: 09.09.2019

УДК 597.5.574.34

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.174-187

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ РЫБ В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПО ДАННЫМ 1987–2015 ГГ.

Ким Сен Ток



Зав. лаб., канд. биол. наук; Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («СахНИРО»)  
693023 Сахалинская область, Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196  
Тел.: 8 (4242) 45-67-79. E-mail: n.kim@sakhniro.ru

### МОРСКИЕ РЫБЫ, УРОВЕНЬ ЗАПАСОВ, МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА, СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА

По материалам учетных траловых съемок и контрольного лова 1987–2015 гг. анализируются структура и динамика биомассы демерсального ихтиоценоза в тихоокеанских водах Северных Курильских островов. Показано, что в среднемноголетнем аспекте демерсальные ихтиоценозы представлены преимущественно массовыми видами тресковых (Gadidae), терпуговых (Hexagrammidae), рогатковых (Cottidae), себастовых (Sebastidae), липаровых (Liparidae) и камбаловых (Pleuronectidae) рыб. Сходные тренды многолетней динамики биомассы рыб наблюдаются в северокурильских, восточносахалинских, южнокурильских и западнокамчатских водах. Многолетние данные свидетельствуют об увеличении уровня ресурсов в середине 1980-х гг., их сокращении к первой половине 2000-х, новом росте во второй половине 2000-х гг., приведшем в 2007–2009 гг. к очередному пиковому значению. Признаки последующего снижения запасов рыб в районе наблюдались после 2010 г. Межгодовая динамика плотности концентрации рыб демонстрировала сходные изменения, но при этом имела тенденцию к росту в 2013–2015 гг.

### A LONG-TERM DYNAMICS OF FISH RESOURCES IN THE PACIFIC OCEAN WATERS OFF THE NORTHERN KURIL ISLANDS FOR THE PERIOD 1987–2015

Kim Sen Tok

Head of Lab., Ph. D. (Biology); Sakhalin Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("SakhNIRO")  
693023 Yuzhno-Sakhalinsk, Komsomolskaya Str., 196  
Tel.: +7 (4242) 45-67-79. E-mail: n.kim@sakhniro.ru

### MARINE FISH, STOCK LEVEL, LONG-TERM DYNAMICS, NORTHERN KURIL ISLANDS

Structure and biomass dynamics of demersal community in the Pacific waters off the Northern Kuril Islands were analyzed on the data of trawling surveys for 1987–2015. It is demonstrated that in the aspect of a long-term average the demersal communities are represented mainly by abundant species of gadids (Gadidae), greenlings (Hexagrammidae), sculpins (Cottidae), rockfishes (Sebastidae), snailfishes (Liparidae) and flatfishes (Pleuronectidae). Similar trends of the long-term dynamics of fish biomass are observed in the waters of the Northern and Southern Kuriles, East Sakhalin and West Kamchatka. The long-term data indicate of an increase of the abundance of the stocks in the middle of the 1980th, a decrease in the first half of the 2000th, a new increase in the last half of the 2000th, causing the peak level of the stocks in 2007–2009. Indications of a next decline in the biomass of the stocks have been observed since 2010. The long-term dynamics of the average density of the fish demonstrated similar trends, although the main trend in 2013–2015 was up.

Общие ресурсы демерсальных рыб у Курильских островов периодически исследуются на протяжении уже нескольких десятилетий и привлекают к себе особое внимание как с научной, так и с промысловой точки зрения (Новиков, 1974; Биологические ресурсы Тихого океана, 1986; Дудник и др., 1995; Орлов, 1998; Ким, Бирюков, 2009; Промысел., 2013). Острова Курильской гряды, расположенные с севера на юг от п-ова Камчатка до о. Хоккайдо, имеют значимые участки шельфа только в тихоокеанских водах северной и южной частей архипелага. Массовые концентрации рыб приурочены именно к этим участкам, что определяет развитие и структуру интенсивного многовидового промысла в их пределах. С развитой шельфовой

зоной не связан только промысел северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius*, формирующего свои скопления на границе шельфа и склона у большинства островов рассматриваемой гряды (Дудник, Золотов, 2000; Ким и др., 2003; Ким, 2004; Золотов и др., 2015; Золотов, Фатыхов, 2016).

До настоящего времени многолетняя динамика ресурсов рыб Северных Курильских островов рассматривалась лишь для конкретных видов. Многовидовые сообщества обычно не являлись объектом исследований, представляя интерес только в плане изучения видового разнообразия ихтиофауны и особенностей биологии отдельных видов (Орлов, 1996; Орлов и др., 2000; Орлов, Му-



хаметов, 2001; Токранов, Орлов, 2002; Токранов и др., 2004; Орлов и др., 2006; Орлов, 2010; и др.). Вместе с тем общие тенденции в изменениях запасов и сопряженность трендов биомассы для разных видов рыб все еще остаются малоизученными вопросами. В последние десятилетия было получено общее представление о характере многолетней динамики ресурсов демерсальных рыб в водах Западного и Восточного Сахалина, Южных Курильских островов и Западной Камчатки (Ильинский, 2007; Ким, 2007а, 2007б, 2014; Савин и др., 2011). В этой дуге, протянувшейся по периферии Охотского моря, неисследованным районом остаются лишь Северные Курильские острова.

Цель настоящей работы заключается в оценке многолетней динамики общих запасов демерсальных рыб тихоокеанской подзоны Северных Курильских островов на протяжении 1987–2015 гг. по данным траловых учетных съемок и экспедиционных круглогодичных исследований на промысловых судах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для данной работы послужили материалы, собранные в ходе 10 научных съемок Сах-

НИРО и ТИНРО-Центра в 1987–2015 гг., а также контрольного лова группы японских судов из 2–4 тральщиков, проводившегося ежегодно в 1992–2002 гг. (табл. 1, рис. 1). Орудия лова для учетных научных съемок были представлены следующими донными тралями: НПС «Шурша» – ДТ 28 м, НПС «Тихоокеанский» – ДТ 43 м, НИС «Проф. Леванидов» – ДТ 27,1/24,4 м, НИС «Проф. Пробатов» – ДТ 64,8 м (2006–2007 гг.), ДТ 39 м (2009 г.), ДТ 30/25 (2011–2015 гг.), НИС «Дмитрий Песков» – ДТ 34/26 м (2002 г.), ДТ 30/25 м (2015 г.). Японские промысловые суда были оснащены типовым донным тралом ДТ 49,2 м, научные учетные тралы – жестким грунтропом вдоль нижней подборки и мелкой вставкой в кутце 10×10 мм. Донные тралы японских судов имели жесткий грунтроп и вдоль всей нижней части были оснащены полипропиленовой подушкой, защищавшей от порывов на скалистых грунтах. Скорость тралений варьировала от 2,5 до 4 узлов.

Траловые учетные съемки в районе Северных Курильских островов выполнялись в тихоокеанской и охотоморской подзонах островов Онекотан и Парамушир и в океанских водах Юго-Восточной Камчатки. Контрольный лов выполнялся на этой

Таблица 1. Список научных рейсов в тихоокеанской подзоне Северных Курильских островов  
Table 1. The list of the research cruises in the Pacific subzone of the Northern Kuril Islands

№	Название судна Vessel name	Дата Date	Кол-во станций Number of stations	Тип работ Type of work
1	НПС «Тихоокеанский» / R/V «Tikhookeanskiy»	03.09–10.10.1987	116	Учетная съемка Survey
2	НПС «Шурша» / R/V «Shursha»	20.01–02.03.1987	93	
3	НИС «Проф. Леванидов» / R/V «Prof. Levanidov»	07.10–22.10.2000	61	
4	НИС «Дмитрий Песков» / R/V «Dmitry Peskov»	25.02–02.04.2002	115	
5		01.05–06.06.2006	105	
6		09.05–10.06.2007	114	
7	НИС «Проф. Пробатов» / R/V «Prof. Probatov»	30.09–23.10.2009	94	
8		02.03–28.03.2011	89	
9		07.03–05.04.2013	53	
10	НИС «Дмитрий Песков» / R/V «Dmitry Peskov»	21.03–14.04.2015	61	
11	Японские суда-тральщики «Томи-Мару 82», «Томи-Мару 53», «Томи-Мару 58», «Хокую-Мару 88»	20.03–23.12.1992	561	Контроль- ный лов Control fishing
12	Japanese trawlers «Tomi-Maru 82», «Tomi-Maru 53», «Tomi-Maru 58», «Hokuyu-Maru 88»	26.04–24.12.1993	898	
13	Японские суда-тральщики «Томи-Мару 82», «Томи-Мару-53», «Томи-Мару-58»	04.05–26.12.1994	1035	
14	Japanese trawlers «Tomi-Maru 82», «Tomi-Maru-53», «Tomi-Maru-58»	01.05–11.12.1995	928	
15	Японские суда-тральщики «Томи-Мару 82», «Томи-Мару 53», «Томи-Мару-58», «Сейтоку-Мару»	24.02–31.12.1996	1225	
16	Японские суда-тральщики «Томи-Мару 82», «Томи-Мару-53», «Сейтоку-Мару»	25.04–31.12.1997	996	
17	Japanese trawlers «Tomi-Maru 82», «Tomi-Maru-53», «Seitoku-Maru»	01.05–31.12.1998	1269	
18	Японские суда-тральщики	08.06–18.08.1999	270	
19	«Томи-Мару 82», «Томи-Мару 53»	29.07–31.12.2000	391	
20	Japanese trawlers «Tomi-Maru 82», «Tomi-Maru 53»	15.06–30.12.2001	433	
21	Japanese trawlers «Tomi-Maru 82», «Tomi-Maru 53»	24.03–25.12.2002	548	

же акватории, а также на подводных гайотах, расположенных к югу и юго-востоку от о. Онекотан. В качестве конкретного района исследований была выбрана ограниченная зона тихоокеанской акватории от  $47^{\circ}40'$  до  $51^{\circ}00'$  с. ш. от прибрежных участков с изобатами 18–20 м до островного склона с глубинами 500–600 м, с охватом гайотов. Учетные работы осуществляли по стандартизированным схемам станций, в которых траления располагались на широтных разрезах через 10–15 миль и по изобатам через 50–100 м. Стандартная продолжительность научных тралений составляла полчаса, уловы пересчитывали в плотности (т/милю<sup>2</sup>). В ходе контрольного лова суда осуществляли длительные траления с многократными перемещениями по дорожкам, с периодической сменой направления движения на  $180^{\circ}$ . Пересчет промысловых уловов в плотность концентраций (т/милю<sup>2</sup>) осуществлялся с учетом всей длины пройденного в ходе траления пути судна.

При полевых определениях рыб до нижнего таксона использовали определители рыб дальневосточных морей и иллюстрированный атлас рыб (Таранец, 1937; Линдберг, Красюкова, 1975, 1987; Линдберг, Федоров, 1993; Amaoka et al., 1995). Латинские и русские названия видов и семейств

приведены в соответствии с каталогами и аннотированными списками рыб в дальневосточных морях (Борец, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Федоров и др., 2003).

Для характеристики относительной доли биомассы рыб по отдельным семействам и видам использовали оценки прямого учета при дифференцированных коэффициентах уловистости (Борец, 1997). Несмотря на известную условность применяемых коэффициентов, их обязательное использование позволяет в некоторой степени уменьшить погрешности в расчетах величины запасов рыб, получаемых методом тралового учета (Вдовин, 2005). Это особенно важно при характеристике величин относительной биомассы рыб по отдельным видам и таксономическим группам. Вместе с тем, принимая во внимание значительно большую уловистость траловых орудий лова на японских промысловых судах, расчетная биомасса рыб по результатам научных учетных съемок увеличивалась на соответствующие коэффициенты, которые были рассчитаны Тупоноговым с соавторами (2006).

Математическую обработку первичных данных проводили с использованием программы Excel, построение схем пространственного рас-

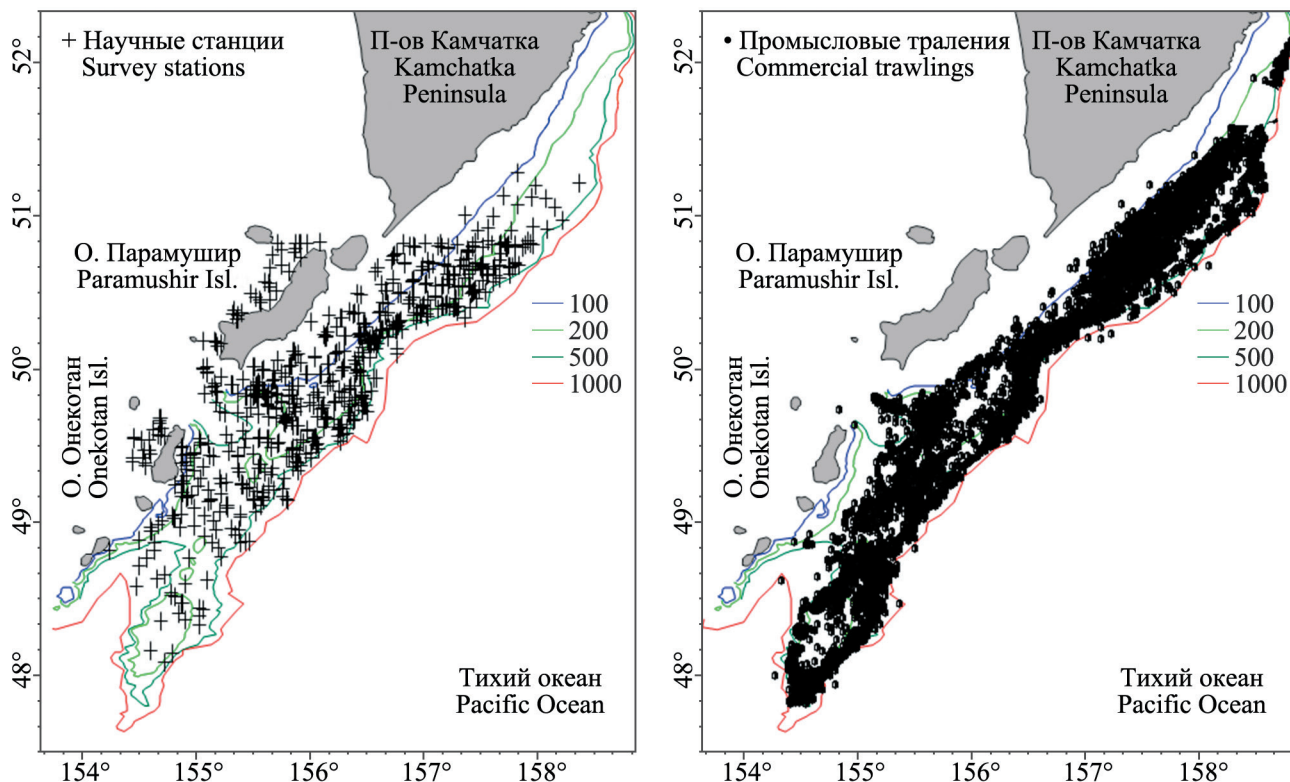


Рис. 1. Обобщенная схема расположения траловых станций в ходе научных учетных съемок и контрольного лова в районе Северных Курильских островов в 1987–2015 гг.  
Fig. 1 Generalized scheme of the distribution of trawl stations during the research surveys and control fishing in vicinity of the Northern Kuril Islands in 1987–2015

пределения и подсчет общей биомассы промысловых рыб осуществляли с помощью программы Surfer. Для интерполяции унифицированных данных уловов (т/милю<sup>2</sup>) использовали метод обратных расстояний; сетчатый файл строился с шагом 0,01 градуса (Тарасюк и др., 2000). Количество ближайших точек в секторе для интерполяции выбиралось равным максимальному, минимальное — 1; максимальный радиус поиска — 0,3 широтного градуса, минимальный — 0,1 широтного градуса; эллипс поиска точек располагался вдоль изобат под углом 55°. Для получения относительной оценки биомассы рассчитывали положительный объем, равный разности между поверхностью, построенной программой, и нулевым значением плотности. Абсолютную величину учтенной биомассы оценивали как произведение полученного положительного объема на масштабный коэффициент (перевод полученных результатов из географической системы координат в прямоугольную), составляющий в нашем случае  $2314,0 = 60 \times 60 \times \cos 50$ , где 60 — количество миль в одном градусе широты,  $\cos 50$  — косинус среднего значения географической широты района исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время имеется два основных блока информации, характеризующей многолетнюю динамику биомассы демерсальных рыб океанских вод Северных Курильских островов. Ежегодные данные, собранные научными наблюдателями на японских промысловых судах в ходе контрольного лова 1992–2002 гг., сформировали первый блок. Второй образуют данные, полученные во время периодических научных траловых учетных съемок СахНИРО и ТИНРО-Центра на НИС и НПС в течение 1987–2015 гг. (табл. 1). Научные съемки почти не проводились в период контрольного лова, что объективно затрудняет сравнительный анализ уловистости донных траловых орудий лова, применявшихся для обоих видов работ.

Учетные работы в виде научной съемки на двух разных судах (промысловом и научно-исследовательском) выполнялись лишь однажды, в 2000 г. Сравнение результатов работы НИС «Проф. Леванидов» и промысловых японских судов «Томи-Мару 53» и «Томи-Мару 82» в 2000 г. показало, что уловистость учетного научного трала НИС в среднем была примерно в 4,4–4,7 раза меньше, чем

промыслового орудия лова (Тупоногов и др., 2006). Мощные японские суда, оснащенные тралями больших размеров (ДТ 49,2 м против ДТ 27,1 м), совершенной аппаратурой контроля и техникой лова, явно превосходили НИС по уловистости, особенно на участках дна с тяжелыми задевестыми грунтами. Следует отметить, что рассматриваемые суда в период проведения учетных съемок осуществляли стандартные получасовые траления в одной и той же зоне, средняя скорость траления была равна примерно 3 узлам (у НИС — несколько выше, от 3 до 4,2 узлов). Учетные работы выполнялись научными сотрудниками СахНИРО, КамчатНИРО, ТИНРО и ВНИРО. Для сравнения были выделены два участка островного склона в диапазоне глубин 200–700 м между 48°30' и 50°, а также между 50°–51° с. ш. Результаты проведенного анализа указали на разницу между оценками запасов по данным японских тральщиков и специализированных научных судов. На основе этих данных была сформирована единая база, объединяющая результаты научных и промысловых тралений на протяжении всего длительного периода от 1987 до 2015 гг. (рис. 2). Учитывая непрерывный ряд наблюдений на контрольном лове с 1992 по 2002 гг., базовой информацией служили расчетные величины запасов рыб на японских судах, тогда как оценки общих запасов рыб по научным тралениям пересчитывались с учетом среднего коэффициента, равного 4,5.

Абсолютные и относительные показатели, такие как общая ихтиомасса и плотность концентрации рыб, демонстрируют во многом сходные тренды динамики с циклом порядка 25–30 лет. Высокий уровень ресурсов наблюдался в середине 1980-х гг., к первой половине 2000-х гг. скачкообразно произошло их значительное сокращение, но уже во второй половине 2000-х вновь был отмечен рост, приведший в 2007–2009 гг. к очередному пиковому значению (рис. 2). После 2010 г. наблюдаются признаки последующего снижения запасов рыб в районе по динамике общей ихтиомассы. Межгодовая динамика плотности концентрации рыб (показателя, не зависящего от общей площади обследованной акватории) менялась идентичным образом весь контролируемый период, за исключением 2013–2015 гг., когда этот показатель показал тенденцию к росту.

По данным контрольного лова 1992–2002 гг., почти все время наблюдений в районе доминиро-

вали по биомассе представители трех семейств: тресковые Gadidae, терпуговые Hexagrammidae и себастовые Sebastidae (именно в этой последовательности). Терпуговые, представленные преимущественно одним видом — северным одноперым терпугом, выходили даже на первое место в иерархии семейств в 1997, 1999–2000 гг. Рост ресурсов терпуга в эти годы подтверждается результатами когортного анализа промысловой информации (Золотов и др., 2015).

Следует отметить, что в этот период наблюдался подъем биомассы и у родственного вида — южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus* на всем ареале его обитания (Вдовин, 1998; Ким, 2007а; Золотов, Фатыхов, 2016). Отмеченная иерархия семейств, очевидно, связана с тем, что японские суда работали за пределами 12-мильной экономической зоны на островном склоне, где находятся основные промысловые скопления минтая *Gadus chalcogrammus*, одноперого терпуга и окуней р. *Sebastes*. По данным научных учетных съемок, которые позволяли полностью охватить шельфовую зону и лишь верхние участки островного склона, структура имеющихся ресурсов оказалась несколько иной. Семейства чаще всего распределялись в следующем порядке: на первом месте, как правило, находились тресковые, на втором — рогатковые, на третьем — камбаловые. Иногда, как было в 2006–2007 гг., терпуговые выходили на второе место, оттесняя тресковых и

камбаловых, а в 2015 г. максимальную биомассу среди семейств имели рогатковые. Субдоминантными семействами постоянно являлись липаровые и одноперые скаты, за которыми следовали макруровые, психролютовые и зоарциды.

Общее ранжирование семейств Терпуговые, Себастовые, Рогатковые и Камбаловые по биомассе было выполнено с учетом различий в уловистости орудий лова НИС и японских промысловых судов (Тупоногов и др., 2006). По среднеголетним показателям рогатковые бычки уступили лишь двум доминантным семействам тресковых и терпуговых рыб (табл. 2). Высокая биомасса рогатковых бычков в последние годы исследований определила их незначительное доминирование над себастовыми рыбами. Камбаловые стоят на шестом месте, вслед за тресковыми, терпуговыми, рогатковыми, себастовыми и липаровыми. Таким образом, доминирование трех семейств (Тресковые, Терпуговые и Рогатковые), именно в этой последовательности в иерархии по уровню предполагаемой биомассы в районе, демонстрируется многолетними данными.

Долгопериодная динамика биомассы отдельных семейств имеет характерную цикличность и указывает на формирование двух групп, состоящих из представителей преимущественно шельфовых (тресковые, камбаловые, рогатковые) и склоновых (терпуговые, себастовые, липаровые Liparidae, одноперые скаты Arhynchobatidae, ма-

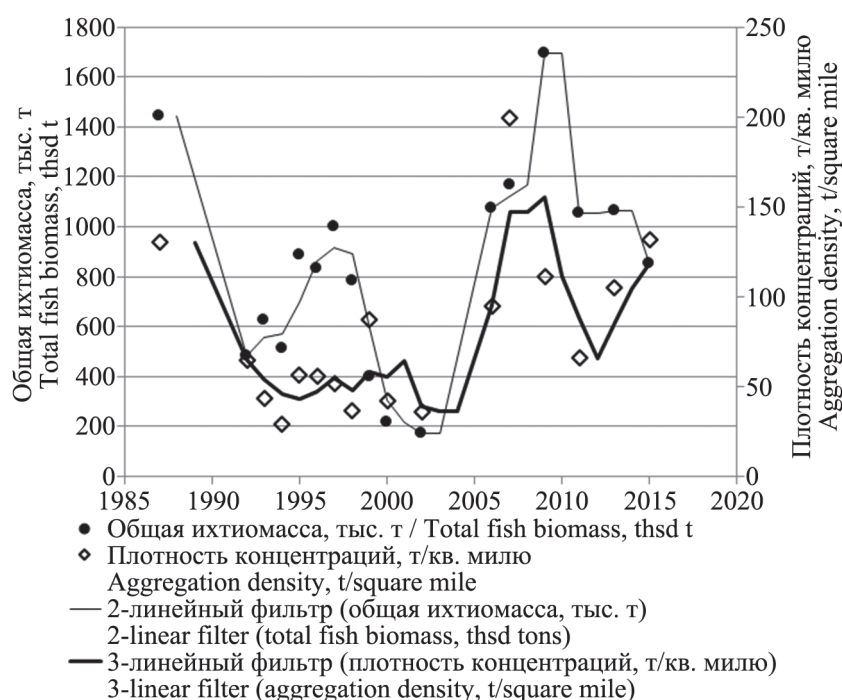


Рис. 2. Динамика общей ихтиомассы и плотности концентрации рыб в районе Северных Курильских островов  
Fig. 2. The dynamics of the total fish biomass and aggregation density in vicinity of the Northern Kuril Islands



крурсовые Macrouridae, психролотовые Psychrolutidae, зоарциды Zoarcidae) рыб (рис. 3, 4). Фактически межгодовая динамика у обеих групп оказалась с трендами, противоположно направленными относительно друг друга.

Преыдыущие исследования показывали, что запасы доминантных и субдоминантных семейств в одной зоне моря меняются, в значительном большинстве случаев, сходным образом, тем самым указывая на одинаковый отклик всех массовых и второстепенных видов рыб одного района на воздействие среды обитания (Ким, 2007а, 2007б). Это характерная особенность долгопериодных изменений в присахалинских шельфовых ихтиоценах.

Явное отличие характера динамики численности двух групп рыб, которое наблюдается на тихоокеанском шельфе и склоне Северных Курильских островов, может говорить о разных векторах влияния факторов среды обитания на численность массовых рыб, обитающих в разных батиметрических зонах. При субарктической структуре водных масс в этих зонах могут формироваться существенно отличные условия обитания, влияющие на динамику запасов рыб (Ким, 2014).

Тресковые, камбаловые и рогатковые демонстрируют следующую цикличность изменений ресурсов: повышенный уровень в середине 1990-х гг., их снижение к первой половине 2000-х,

Таблица 2. Соотношение биомассы рыб по 10 доминирующим семействам в океанской подзоне Северных Курильских островов, в %

Год Year	Gadi- dae	Hexa- gram- midae	Cotti- dae	Sebasti- dae	Lipari- dae	Pleu- ronecti- dae	Macro- uridae	Arhyn- cho- bathi- dae	Psy- chroluti- dae	Zoarci- dae	Общая ихтио- масса, тыс. т Total fish biomass, thous. t
1987	64,9	5,5	11,9	0,1	5,5	2,5	0,0	8,3	0,1	1,2	1444,1
1992	68,5	17,8	0,6	9,9	0,5	1,0	0,4	0,6	0,6	0,1	482,6
1993	61,9	17,0	0,3	15,7	0,7	2,2	1,7	0,5	0,0	0,1	626,1
1994	59,5	20,5	0,7	10,7	1,6	3,8	1,0	1,4	0,5	0,2	514,2
1995	48,5	17,9	1,0	10,5	10,2	4,1	5,6	0,0	1,3	0,9	888,9
1996	32,7	24,3	3,8	9,9	10,8	0,0	10,8	4,1	2,6	0,9	830,9
1997	27,0	51,6	1,3	6,4	4,5	2,3	3,4	1,5	1,5	0,5	998,5
1998	36,6	30,5	3,1	13,8	6,7	3,1	2,3	2,0	1,3	0,5	784,3
1999	31,1	37,6	2,1	12,0	6,1	3,0	1,5	3,5	2,2	0,9	399,8
2000	7,9	2,4	2,6	2,3	13,6	0,4	50,4	9,8	1,7	8,8	214,0
2002	4,8	14,5	12,0	3,8	30,7	2,1	2,7	17,7	4,8	6,9	172,8
2006	27,6	61,1	4,7	0,2	2,2	0,7	0,1	2,4	0,4	0,7	1074,6
2007	12,1	80,6	1,7	0,3	1,0	0,2	0,0	2,8	0,4	0,8	1168,9
2009	54,6	9,7	14,8	0,3	9,3	6,9	0,1	1,5	1,3	1,4	1697,2
2011	52,7	2,3	25,8	1,1	3,4	8,3	0,0	5,0	0,7	0,7	1057,0
2013	17,7	24,3	46,2	1,3	1,7	6,0	0,0	1,3	0,4	1,1	1066,0
2015	10,8	25,4	53,2	0,7	0,4	5,5	0,0	2,2	0,4	1,4	851,7
Сред. Averaged	37,2	33,7	7,3	7,0	4,8	2,9	2,8	2,4	1,0	0,9	839,5

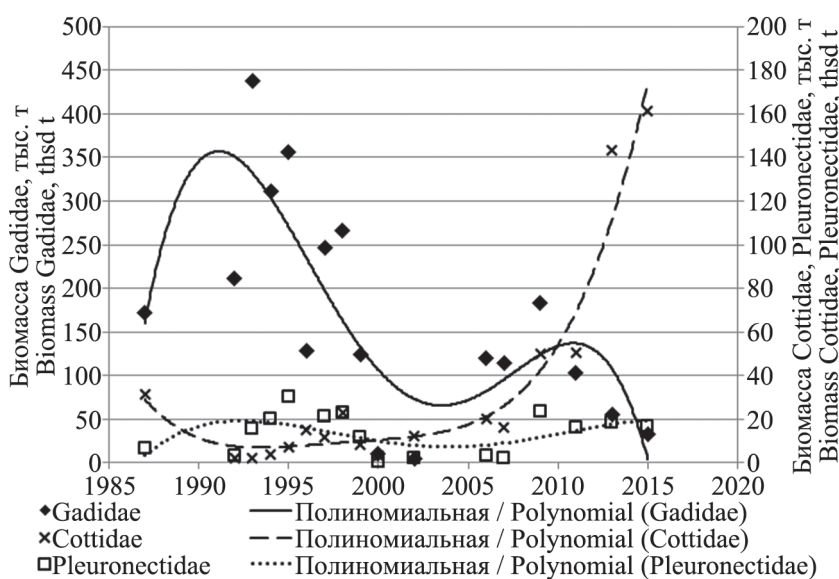


Рис. 3. Динамика общей ихтиомассы тресковых (*Gadidae*), рогатковых (*Cottidae*) и камбаловых (*Pleuronectidae*) рыб в районе Северных Курильских островов

Fig. 3. The dynamics of the total fish biomass of gadids (*Gadidae*), sculpins (*Cottidae*) and flatfishes (*Pleuronectidae*) in vicinity of the Northern Kuril Islands

очередной рост, достигающий максимума в конце 2000-х гг., последующее падение, продолжающееся в настоящее время (рис. 3). На этом фоне в последние годы неожиданным выглядит рост ресурсов рогатковых рыб. По данным учетных работ 2013 и 2015 гг., их запасы увеличились почти в три раза, достигнув уровня, невероятного на фоне всех предшествующих лет наблюдений. Насколько и дальше этот рост продолжится, покажут лишь последующие учетные съемки.

Массовые рыбы склона имеют иной ход цикличности биомассы относительно динамики группы шельфовых рыб (рис. 4). Имеющиеся данные указывают, что общий рост их ресурсов начался чуть позже — во второй половине 1990-х гг., достиг максимума в первой половине 2000-х, после чего последовало снижение до первой половины 2010-х гг. Из всей группы склоновых рыб только себастовые продемонстрировали цикличность, больше напоминающую таковую у шельфовых рыб, т. е. последний пик их запасов наблюдался в первой половине 1990-х гг., но последующее падение было продолжительным и длилось до первой половины 2010-х. Таким образом, склоновые рыбы не показали резкого падения ресурсов, характерного для шельфовых видов рыб в начале 2000-х гг. В последнее десятилетие происходило общее падение всех запасов, достигших минимума в 2013–2015 гг., т. е. не отмечен и второй пик, прослежи-

ваемый в динамике запасов шельфовых рыб и наблюдавшийся в конце 2000-х — начале 2010-х гг.

Сравнительный анализ многолетней динамики общей ихтиомассы тихоокеанских вод у Северных Курильских островов с таковой в других исследованных районах на периферии Охотского моря показывает значительное сходство в изменениях ресурсов всей протяженной зоны восточно-сахалинских, южнокурильских, северокурильских и западно-камчатских вод (рис. 5). Абсолютная величина биомассы рыб, определяемая в ходе учетных съемок, напрямую зависит от величины площади акватории, охватываемой исследованиями. Ввиду этого, в качестве основного показателя ежегодной динамики запасов допустимо принять не абсолютные значения биомассы по съемкам, а средние плотности концентраций рыб в районе в каждый год исследований. Межгодовая динамика плотности концентрации рыб демонстрировала сходные изменения, но при этом имела тенденцию к росту в 2013–2015 гг.

За почти 30-летний период прослежено два цикла роста и снижения запасов, приходящихся ориентировочно на вторую половину 1980-х — первую половину 1990-х гг., а также первую половину 2010-х гг. Сходные периоды роста и снижения общих ресурсов рыб характерны для зал. Петра Великого и Восточной Камчатки (Соломатов, Калчугин, 2013; Золотов, Дубинина, 2013б). Опреде-

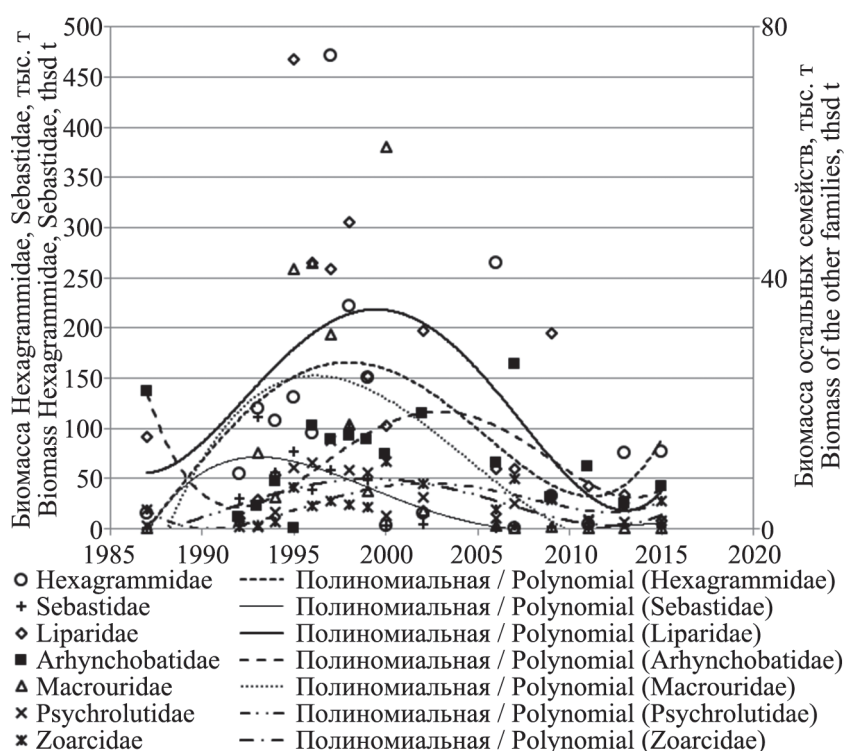


Рис. 4. Динамика общей ихтиомассы терпуговых (Hexagrammidae), себастовых (Sebastidae), липаровых (Liparidae), макруросовых (Macrouridae), одноперых скатов (Arhynchobatidae), психролютовых (Psychrolutidae) и зорцид (Zoarcidae) рыб в районе Северных Курильских островов  
Fig. 4. The dynamics of the total fish biomass of greenlings (Hexagrammidae), rockfishes (Sebastidae), snailfishes (Liparidae), grenadiers (Macrouridae), soft-nose skates (Arhynchobatidae), tadpole sculpins (Psychrolutidae) and eelpouts (Zoarcidae) in vicinity of the Northern Kuril Islands

ленная асинхронность в характере цикличности изменения ресурсов разных районов, возможно, определяется запоздалым откликом на влияние среды отдельных экосистем, зависящих от динамики основных течений, с которыми они ассоциированы. В водах Западного Сахалина и Западной Камчатки, находящихся под влиянием теплых течений (Цусимское, Западно-Камчатское), отмечаются более ранние признаки изменений, тогда как воды холодного Восточно-Сахалинского течения у Северо-Восточного Сахалина в этом плане характеризуются заметным отставанием.

Многолетняя динамика биомассы рыб определенно связана с циклическими изменениями среды их обитания (Кляшторин, Любушин, 2005; Cushing, 1982; Laevastu, 1993). Одним из известных индексов климатических изменений, распространяющим свое влияние на северо-западную часть Тихого океана, является Тихоокеанская де-

кадная осцилляция (Pacific Decadal Oscillation, PDO) (Mantua, Hare, 2002). Согласно ей, 1980–1990-е и 2010-е гг. проявились как теплые периоды лет, что позволяет связывать периоды роста запасов рыб с периодическим потеплением (<http://research.jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest.txt>). Подобная картина выглядит закономерной для холодных бореальных зон морей, потепление в которых вызывает рост биологической продуктивности, а похолодание — обратный процесс (Кляшторин, Любушин, 2005; Brodeur, Ware, 1992; McGowan et al., 1998; Hare, Mantua, 2000; Chiba et al., 2006).

Рассчитанный уровень биомассы всех тресковых рыб у Северных Курил по научным съемкам и контрольному лову значительно уступает величине запасов, определенных путем использования когортных методов анализа промысловой информации. Динамика запасов восточнокамчатской

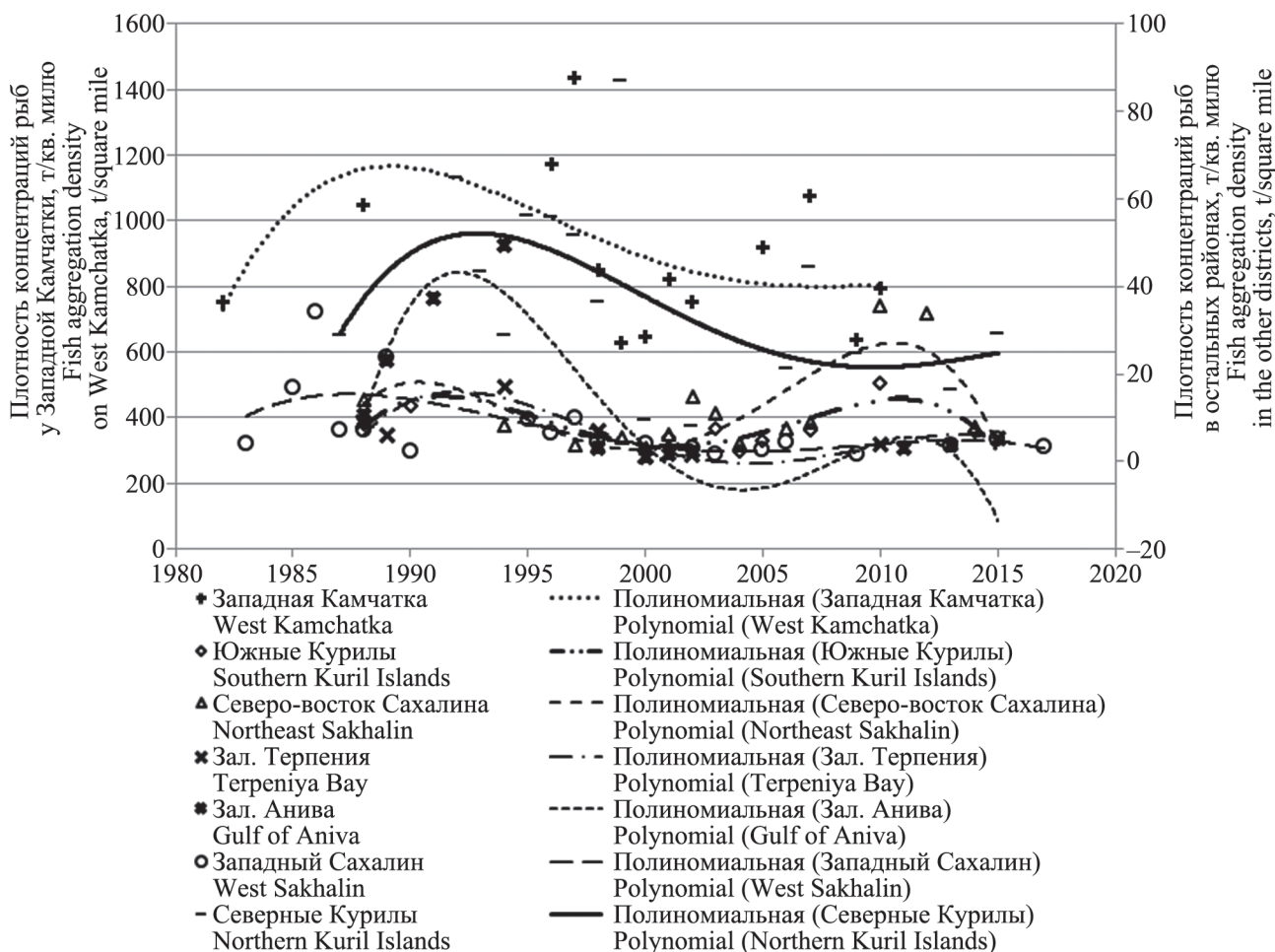


Рис. 5. Многолетняя динамика запасов рыб разных районов по данным траловых съемок в 1987–2017 гг., с полиномиальными трендами с 4-летним сглаживанием, данные по Западной Камчатке рассчитаны по Ильинскому (2007) и Савину и др. (2011)

Fig. 5. The long-term fish stock dynamics in different districts on the trawl survey data for the period 1987–2017 with the polynomial trends at 4-year alignment, data on West Kamchatka were calculated according to Ильинский (2007) and Савин и др. (2011)

популяции минтая, распределяющегося в том числе и у океанского побережья Северных Курильских островов, характеризуется примерными величинами от 1 до 3,2 млн т (Ильин и др., 2014). Примерно половина этого запаса приходится на зону островов, что уменьшает диапазон колебаний биомассы от 0,5 до 1,6 млн т. По нашим данным, биомасса всех тресковых рыб в 1987–2015 гг. находилась в пределах от 5 до 438 тыс. т. Ресурсы минтая достигали 44,6–96,9%, в среднем 86,8% от биомассы всех тресковых рыб. Судя по разнице средних абсолютных и относительных величин запасов минтая по научным и промысловым данным, величина биомассы вида по учетным съемкам может занижаться в 4,2–5,1 раза.

Промысловая биомасса трески *Gadus microcephalus* Северных Курил по данным когортного анализа колеблется от 30 до 330 тыс. т, в среднем составляя 100 тыс. т, при этом вид занимает в среднем 12,9% от всей учтенной ихтиомассы тресковых. По данным учетных съемок и контрольного лова, среднееголетняя величина запаса вида не превысила 21,6 тыс. т, что почти в пять раз меньше по сравнению с теоретическим уровнем.

Северного одноперого терпуга, образующего подавляющую долю биомассы терпуговых в районе Курильских островов, условно относят к единой Курило-Камчатской популяции вида с ареалом, охватывающим акваторию у Курильских островов и Восточной Камчатки. Его нерестовая биомасса, по данным когортного анализа, в годы наивысшего уровня запаса достигала 470 тыс. т, из которых примерно 70% (порядка 330 тыс. т) составляет биомасса терпуга у Северных Курильских островов (Золотов и др., 2015). Среднееголетняя биомасса терпуга составляет примерно 250 тыс. т, из которых 175 тыс. т могут быть распределены в островных водах. По данным учетных съемок, средняя биомасса северного одноперого терпуга за все годы учета составила 60,6–100% от биомассы всех терпуговых рыб. При контрольном лове, осуществлявшемся исключительно на островном склоне, доля вида в общей биомассе семейства подавляющая — 98–100%. В абсолютных величинах суммарная биомасса (учетная съемка + контрольный лов) составляет в среднем 122,8 тыс. т, при наибольшей ее величине 250 тыс. т. Это означает, что данные прямого учета занижают запасы терпуга, по сравнению с данными когорт-

ного анализа, в среднем примерно на 30% от теоретического уровня.

Себастовые рыбы распространены как в мелководной, так и глубоководной части акватории рассматриваемых островов. В зависимости от района обследования меняются доминирующие по биомассе виды окуней. Но даже в ходе траловых учетных съемок, проводимых преимущественно в шельфовой зоне и лишь частично захватывающих участки склона, в уловах преобладают по биомассе склоновые виды, такие как окунь-клювач *Sebastes alutus*, северный окунь *Sebastes borealis* и два вида шипощек — аляскинский *Sebastolobus alascanus* и длинноперый *Sebastolobus macrochir*. Приблизленную к реальности биомассу этих видов представляют результаты контрольного лова на японских донных тралыщах. Данные свидетельствуют об абсолютном доминировании в общей биомассе окуней района окуня-клювача, доля которого достигает 49,5–92,3%. На протяжении 1990-х гг. наблюдалась однозначная картина увеличения стада этого вида, с достижением максимального уровня биомассы рыб к 2002 г. Среднееголетняя биомасса клювача достигала 39,1 тыс. т, при максимальном наблюденном значении 68,4 тыс. т. Средняя биомасса северного окуня составляла 7 тыс. т, при средней доле в общей ихтиомассе себастовых 12,9%. Величина запаса северного окуня в начальный год лова (1992 г.) достигала 21,5 тыс. т, к концу же десятилетнего периода исследований она снизилась до 1,5–2,0 тыс. т. Аляскинский и длинноперый шипощеки имели среднееголетние запасы порядка 1,25 и 3,73 тыс. т, что составляет около 2,4 и 7,7% общей ихтиомассы окуней. Следующий за ними алеутский окунь *Sebastes aleutianus* имеет уровень биомассы 1,0 тыс. т, или 2,2% от общей биомассы себастовых.

Рогатковые бычки являются преимущественно представителями шельфовой зоны. Доминантным видом в районе однозначно является белобрюхий получешуйник *Hemilepidotus jordani*. Абсолютная величина биомассы получешуйника достигала 86,1 тыс. т, а относительная доля вида в общей биомассе рогатковых составляла 3,9–90,4%, в среднем 39,13%. Среднееголетняя величина биомассы равнялась 10,2 тыс. т. В субдоминантной группе оказывается ряд видов со значительно меньшей биомассой. За белобрюхим получешуйником следует охотоморский шлемоносец



*Gymnocanthus detrisus* (среднемноголетняя  $V_{\text{абс.}} = 2,19$  тыс. т,  $V_{\text{отн.}} = 18,4\%$ ), многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (1,6 тыс. т, 10,2%), большеглазый триглопс *Triglops scepticus* (1,3 тыс., 12,7%), узколобый шлемоносец *Gymnocanthus galeatus* (0,9 тыс. т, 8,8%), а также пестрый получешуйник *Hemilepidotus gilberti* (0,8 тыс., 7,1%). Как видно, биомасса перечисленных видов в районе существенно уступает белобрюхому получешуйнику.

Наконец, среди камбаловых рыб абсолютно доминирует северная двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxystra*. Ее относительная доля в общей биомассе представителей семейства достигает 73,5%, а абсолютная биомасса — 29,5 тыс. т, при среднемноголетней величине 13,6 тыс. т. По результатам когортного анализа промысловой информации, среднемноголетний уровень биомассы этого вида камбал составляет 23,6 тыс. т для периода с 1950 по 2017 гг. и примерно 31,0 тыс. т — для периода 1980–2017 гг. (Золотов, Дубинина, 2013а). Таким образом, по прямым учетным съемкам наблюдается занижение биомассы камбалы более чем в два раза. В субдоминантной группе представлены: азиатский стрелозубый палтус *Atheresthes evermanni* (1,47 тыс. т, 9,5%), белокорый палтус *Hippoglossus stenolepis* (0,96 тыс. т, 6,6%), узкозубая палтусовидная камбала *Hippoglossoides elassodon* (0,67 тыс. т, 4,5%), черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* (0,5 тыс. т, 3,3%).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исходя из вышеприведенной информации, можно констатировать, что общая биомасса рыб в тихоокеанских водах Северокурильского района подвергается циклическим многолетним колебаниям. На протяжении последних 30 лет было пройдено два цикла в динамике совместных ресурсов рыб, продемонстрировавших рост биомассы в середине 1990-х и на рубеже 2000–2010-х гг. и ее снижение в первой половине 1980-х гг. и на рубеже 1990–2000-х гг. Многолетняя цикличность ресурсов рыб в тихоокеанских водах Северных Курильских островов характеризуется заметными чертами сходства с долгопериодной динамикой общей ихтиомассы в других исследованных районах Охотского моря и смежных с ним участков Японского моря и прикурильских вод Тихого океана.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность всем участникам научно-исследовательских и промысловых рейсов в район Северных Курильских островов с 1992 г. по настоящее время, в частности сотрудникам всех лабораторий СахНИРО, КамчатНИРО, ТИНРО, ВНИРО, которые внесли неоценимый вклад в изучение биоресурсов вышеуказанного района.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биологические ресурсы Тихого океана. 1986. Отв. редакторы чл.-корр. АН СССР М.Е. Виноградов, д. б. н. Н.В. Парин, д. б. н. В.П. Шунтов. Сер. «Биологические ресурсы гидросферы и их использование». М.: Наука. 568 с.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 217 с.
- Борец Л.А. 2000. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-Центр. 192 с.
- Вдовин А.Н. 1998. Биология и динамика численности южного одноперого терпуга (*Pleurogrammus azonus*) // Изв. ТИНРО. Т. 123. С. 16–46.
- Вдовин А.Н. 2005. Изучение состояния запасов основных промысловых рыб в водах Приморья // Изв. ТИНРО. Т. 141. С. 74–102.
- Дудник Ю.И., Золотов О.Г. 2000. Распространение, особенности биологии и промысел одноперых терпугов рода *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) в прикурильских водах / Промыслово-биол. исслед. рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих р-нах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: ВНИРО. С. 78–90.
- Дудник Ю.И., Орлов А.М., Ким Сен Ток, Тарасюк С.Н. 1995. Сырьевые ресурсы рыб материкового склона Северных Курильских островов // Рыбное хозяйство. № 1. С. 24–28.
- Золотов А.О., Дубинина А.Ю. 2013а. Современное состояние запасов камбал тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курил и проблемы регулирования их промысла // Тр. СахНИРО. Т. 14. С. 17–35.
- Золотов А.О., Дубинина А.Ю. 2013б. Состав и многолетняя динамика биомассы донных рыб тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курильских островов. Изв. ТИНРО. Т. 173. С. 46–66.
- Золотов А.О., Золотов О.Г., Спиринов И.Ю. 2015. Многолетняя динамика биомассы и современ-

- ный промысел северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 181. С. 3–22.
- Золотов А.О., Фатыхов Р.Н. 2016. Состояние запасов и особенности промысла южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus* Jordan et Metz (1913) в водах южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 186. С. 61–80.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточно-камчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Тр. ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.
- Ильинский Е.Н. 2007. Динамика состава и структуры донного ихтиоценоза западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 150. С. 48–55.
- Ким Сен Ток, Бирюков И.А. 2009. Некоторые черты биологии и промысловые ресурсы донных и придонных видов рыб в шельфовых водах Южных Курильских островов в 1987–2006 гг. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 124 с.
- Ким Сен Ток, Бирюков И.А., Фатыхов Р.Н. 2003. Пространственная дифференциация и структура скоплений северного одноперого терпуга в тихоокеанских водах Северных Курильских островов // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 2 (14). С. 217–228.
- Ким Сен Ток. 2004. Сетной промысел и некоторые особенности биологии южного одноперого терпуга в Кунаширском проливе в осенний период 1998–2002 гг. // Вопр. рыболовства. Т. 5. № 1 (17). С. 78–94.
- Ким Сен Ток. 2007а. Современная структура и тенденции изменения ресурсов демерсальных рыб в западносахалинских водах // Изв. ТИНРО. Т. 148. С. 93–112.
- Ким Сен Ток. 2007б. Современная структура и тенденции изменения ресурсов демерсальных рыб в восточносахалинских водах // Изв. ТИНРО. Т. 148. С. 74–92.
- Ким Сен Ток. 2014. Пространственное распределение и многолетняя динамика биомассы демерсальных рыб в зоне Восточно-Сахалинского течения (Охотское море) // Вопр. ихтиологии. Т. 54. № 6. С. 672–681.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности: Моногр. М.: ВНИРО. 235 с.
- Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1975. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. Ч. 4. 464 с.
- Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1987. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. Ч. 5. 526 с.
- Линдберг Г.У., Федоров В.В. 1993. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. СПб: Наука. Ч. 6. 272 с.
- Новиков Н.П. 1974. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть. 308 с.
- Орлов А.М. 1996. Пространственное распределение и размерный состав наиболее массовых скорпеновых (Scorpaenidae, Pisces) мезобентали Северных Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 119. С. 149–177.
- Орлов А.М. 1998. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 24, № 3. С. 146–160.
- Орлов А.М. 2010. Количественное распределение демерсального нектона тихоокеанских вод Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки. М.: ВНИРО. 335 с.
- Орлов А.М., Мухаметов И.Н. 2001. Стрелозубые палтусы *Atheresthes* spp. (Pleuronectidae, Pleuronectiformes) вод Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки. Сообщ. 2. Размерный состав, биология и вероятные миграции // Вопр. рыболовства. Т. 2 (3). С. 448–464.
- Орлов А.М., Токранов А.М., Тарасюк С.Н. 2000. Состав и динамика верхнебатиальных ихтиоценозов тихоокеанских вод Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Вопр. рыболовства. Т. 1 (4). С. 21–45.
- Орлов А.М., Токранов А.М., Фатыхов Р.Н. 2006. Условия обитания, относительная численность и некоторые особенности биологии массовых видов скатов прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 8. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 38–53.
- Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. 2013. Под общ. ред. А.В. Буслова. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 264 с.
- Савин А.Б., Ильинский Е.Н., Асеева Н.Л. 2011. Многолетняя динамика в составе донных и при-

донных рыб на западнокамчатском шельфе в 1982–2010 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 166. С. 149–165.

Соломатов С.Ф., Калчугин П.В. 2013. Современное состояние ресурсов рыб в зал. Петра Великого (Японское море) // Тр. СахНИРО. Т. 14. С. 36–45.

Таранец А.Я. 1937. Краткий определитель рыб советского Дальнего Востока и прилежащих вод // Изв. ТИНРО. Т. 11. 200 с.

Тарасюк С.Н., Бирюков, И.А., Пузанков К.Л. 2000. Методические аспекты оценки сырьевых ресурсов донных рыб шельфа и свала Северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: ВНИРО. С. 46–54.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2002. Распределение и некоторые черты биологии бородавчатой камбалы *Clidoderma asperrimum* (Temminck et Schlegel) в тихоокеанских водах Юго-Восточной Камчатки и Северных Курильских островов // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 6. С. 92–99.

Токранов А.М., Орлов А.М., Бирюков И.А. 2004. Распределение и размерно-весовой состав некоторых редких видов рыб в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 44, № 2. С. 176–185.

Тупоногов В.Н., Орлов А.М., Мухаметов И.Н. 2006. Сравнительный анализ результатов донных траловых съемок разными судами на островном склоне Северных Курил (методические аспекты интеркалибровочных работ) // Тр. ВНИРО. Т. 146. С. 181–190.

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 204 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Рыбообразные и рыбы / Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. С. 7–69.

Amaoka K., Nakaya K., Yabe M. 1995. The fishes of Northern Japan. Sapporo: North Japan Pacific Ocean Center. 390 p.

Brodeur R.D., Ware D.M. 1992. Long-term variability in zooplankton biomass in the subarctic Pacific Ocean. Fish. Oceanogr. Vol. 1. P. 32–38.

Chiba S., Tadokoro K., Sugisaki H., Saino T. 2006. Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North

Pacific. Global Change Biology. Vol. 12. P. 907–920. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01136.x

Cushing D.H. 1982. Climate and fisheries. London: Academic Press. 373 p.

Hare S.R., Mantua N.J. 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. Prog. Oceanogr. Vol. 47. P. 103–146.

Laewastu T. 1993. Marine climate, weather and fisheries. Oxford: Fishing News Books. 204 p.

Mantua N., Hare S. 2002. The Pacific Decadal Oscillation. J. Oceanogr. Soc. Jap. Vol. 58. P. 35–44.

McGowan J.A., Cayan D.R., Dorman L.M. 1998. Climate-ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific Science. Vol. 281. P. 210–217.

## REFERENCES

Vinogradov M.E., Parin N.V., Shuntov V.P. (eds). *Biologicheskkiye resursy Tikhogo okeana. Biologicheskkiye resursy gidrosfery i ikh ispol'zovaniye* [Biological Resources of the Pacific Ocean. Biological resources of the hydrosphere and their use]. Moscow: Nauka, 1986, 568 p.

Borets L.A. *Donnye ikhtiotseny rossiyskogo shel'fa dal'nevostochnykh morey: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoe znachenie* [Bottom ichthyocenes of the Russian Far East seas shelf: composition, structure, functioning elements and commercial importance]. Vladivostok: TINRO-Center, 1997, 217 p.

Borets L.A. *Annotirovannyi spisok ryb dal'nevostochnykh morei* [Annotated Fish List of the Far Eastern Seas]. Vladivostok: TINRO-Center 2000, 192 p.

Vdovin A.N. Population Biology and Dynamics of Okhotsk Atka Mackerel (*Pleurogrammus azonus*). *Izvestiya TINRO*, 1998, vol. 123, pp. 16–45. (In Russian) Vdovin A.N. Studies of the stocks condition of the basic commercial fishes in the waters of Primorye. *Izvestiya TINRO*, 2005, vol. 141, pp. 74–102. (In Russian)

Dudnik Y.I., Zolotov O.G. *Rasprostraneniye, osobennosti biologii i promysel odnoperkykh terpugov roda Pleurogrammus (Hexagrammidae) v prikuril'skikh vodakh. Promyslovo-biol. issled. ryb v tikhookeanskikh vodakh Kuril'skikh o-vov i prilozhashchikh r-nakh Okhotskogo i Beringova morey v 1992–1998 gg.* [Distribution, Characteristics of Biology, and Fishery of Atka Mackerel of the Genus *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) in Kuril Islands and Adjacent Areas of the Okhotsk and Bering Seas in 1992–1998]. Moscow: VNIRO, 2000, pp. 78–90. (In Russian)



- Dudnik Y.I., Orlov A.M., Kim Sen Tok, Tarasyuk S.N. Resources of fishes in continental slope of Northern Kuril Island. *Rybnoye khozyaystvo*, 1995, no. 1, pp. 24–28. (In Russian)
- Zolotov A.O., Dubinina A.Y. Contemporary stock status of flounders on Pacific shelf of Kamchatka and Northern Kuriles and problems of their fishery regulation. *Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography*, 2013, vol. 14, pp. 17–35. (In Russian)
- Zolotov A.O., Dubinina A.Y. Composition and long-term dynamics of demersal fish biomass at the Pacific shelf of Kamchatka and Northern Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 2013, vol. 141, pp. 74–102. (In Russian)
- Zolotov A.O., Zolotov O.G., Spirin I.U. Long-term dynamics of biomass and modern fishery of atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* in the Pacific waters of Kamchatka and Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 181, pp. 3–22. (In Russian)
- Zolotov A.O., Fatykhov R.N. State of the stock and features of the fishery for arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* Jordan at Metz (1913) in the waters of Southern Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 186, pp. 61–80. (In Russian)
- Ilin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I. East-Kamchatka Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) Stock and TAC Assessment Based on the Precautionary Approach. *Trudy VNIRO*, 2014, vol. 151, pp. 62–74. (In Russian)
- Ilynskiy E.N. Dynamics of demersal fish community structure in shelf waters of Western Kamchatka. *Izvestiya TINRO*, 2007, vol. 150, pp. 48–55. (In Russian)
- Kim Sen Tok, Biryukov I.A. *Nekotoryye cherty biologii i promyslovyye resursy donnykh i pridonnykh vidov ryb v shel'fovykh vodakh yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov v 1987–2006 g* [Some features of the biology and commercial resources of the bottom and near bottom species of fish in shelf waters at South Kuril Islands in 1987–2006]. Yuzhno-Sakhalinsk. SakhNIRO, 2009, 124 p.
- Kim Sen Tok, Biryukov I.A., Fatykhov R.N. Spatial differentiation and stock structure of Atka mackerel in Pacific waters of Northern Kuril Islands. *Problems of Fisheries*, 2003, vol. 2 (14), pp. 217–228. (In Russian)
- Kim Sen Tok. Trawl Fishing and Some Peculiarities of Biology of Okhotsk Atka Mackerel in Kaunashir Strait during Autumn of 1998–2002. *Problems of Fisheries*, 2004, vol. 5, no. 1 (17), pp. 78–94. (In Russian)
- Kim Sen Tok. Recent structure of demersal fish resources in the waters off Western Sakhalin and tendencies of their changes. *Izvestiya TINRO*, 2007, vol. 148, pp. 93–112. (In Russian)
- Kim Sen Tok. Modern structure and change tendencies of demersal fish resources off Eastern Sakhalin Island. *Izvestiya TINRO*, 2007, vol. 148, pp. 74–92. (In Russian)
- Kim Sen Tok. Spatial Distribution and Long-Term Dynamics of Biomass of Demersal Fish in the Zone of the Eastern Sakhalin Current (Sea of Okhotsk). *Journal of Ichthyology*, 2014, vol. 54 (9), pp. 660–669.
- Klyashtorin L.B., Lyubushkin A.A. *Tsiklicheskie izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* [Cyclic Changes of Climate and Fish Productivity]. Moscow: VNIRO, 2005. 235 p.
- Lindberg G.U., Krasnyukova Z.V. *Ryby Yaponskogo morya i sopredel'nykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morei* [Fishes of the Sea of Japan and Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and Yellow Sea]. Leningrad: Nauka, 1975, part 4, 464 p.
- Lindberg G.U., Krasnyukova Z.V. *Ryby Yaponskogo morya i sopredel'nykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morei* [Fishes of the Sea of Japan and Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and Yellow Sea]. Leningrad: Nauka, 1987, part 5, 526 p.
- Lindberg G.U., Fedorov V.V. *Opredeliteli po faune SSSR. Ryby Yaponskogo morya i sopredel'nykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morei* [Keys to the Fauna of the USSR. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Parts of the Sea of Okhotsk and Yellow Sea]. St. Petersburg: Nauka, 1993, part 6, 272 p.
- Novikov N.P. *Promyslovyye ryby materikovogo sklona severnoy chasti Tikhogo okeana* [Commercial fishes of the Northern Pacific Ocean continental slope]. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost, 1974, 308 p.
- Orlov A.M. Spatial distribution and size composition of the most mass Scorpaenoid fishes (Scorpaenidae, Pisces) in mesobenthic of North Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 119, pp. 149–177. (In Russian)
- Orlov A.M. Demersal ichthyofauna of Pacific waters around the Kuril islands and Southeastern Kamchatka. *Russian Journal of Marine Biology*, 1998, vol. 24 (3), pp. 146–160. (In Russian)
- Orlov A.M. *Kolichestvennoe raspredelenie demersalnogo nektona tikhoookeanskikh vod severnykh Kuril'skikh ostrovov i Yugo-Vostochnoi Kamchatki* [Quantitative Distribution of Demersal Nekton of Pacific Waters of Kuril Islands and Southeastern Kamchatka]. Moscow: VNIRO, 2010, 335 p.
- Orlov A.M., Mukhametov I.N. Arrow-toothed halibuts *Atheresthes* spp. (Pleuronectidae, Pleuronectiformes)



- off the Northern Kurils and the South-Eastern Kamchatka. Report 2. Distributional patterns. *Problems of Fisheries*, 2001, vol. 2 (3), 448–464. (In Russian)
- Orlov A.M., Tokranov A.M., Tarasyuk S.N. Composition and Dynamics of Upper-Bathyal Ichthyocenoses in Pacific Waters off the Northern Kuril Islands and Southeast Kamchatka. *Problems of Fisheries*, 2000, vol. 1 (4), pp. 21–45. (In Russian)
- Orlov A.M., Tokranov A.M., Fatykhov R.N. Habitat conditions, relative number, and some specific biological features of mass species of skates in near Kurile and Kamchatka waters of Pacific Ocean. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2006, vol. 8, pp. 38–53. (In Russian with English abstract)
- Buslov A.V. (ed.) Fisheries of bioresources in the waters of the Kuril ridge: modern structure, dynamics and basic elements. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2013, 264 p.
- Savin A.B., Ilynskiy E.N., Aseeva N.L. Dynamics of demersal fish community structure on the shelf of West Kamchatka in 1982–2010. *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 166, pp. 149–165. (In Russian)
- Solomatov S.F., Kalchugin P.V. The current state of fish resources in the hall. Peter the Great (Sea of Japan). *Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography* 2013, vol. 14, pp. 36–45. (In Russian)
- Taranets A.Y. Brief Classifier of Fishes of Soviet Far East and Adjacent Waters. *Izvestiya TINRO*, 1937, vol. 11, 200 p.
- Tarasyuk S.N., Biryukov I.A., Puzankov K.L. Assessment methods of the resources of bottom fishes of the shelf and slope of the Northern Kurile Islands. *Promyslovo-biologicheskie issledovaniya ryb v tikho-okeanskikh vodakh Kuril'skikh ostrovov i prilegayushchikh raionakh Okhotskogo i Beringova morei v 1992–1998 gg.* [Fishery and Biological Studies of Fishes in Pacific Waters of Kurile Islands and Adjacent Waters of the Okhotsk and Bering Seas]. Moscow: VNIRO, 2000, pp. 46–54.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. Some biological features of roughscale sole *Clidoderma asperrium* (Temminck et Schelegel, 1846) in the Pacific waters off the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 6, pp. 92–99. (In Russian with English abstract)
- Tokranov A.M., Orlov A.M., Biryukov I.A. Distribution and size-weight composition of some rare fish species in Pacific waters off the Northern Kurile Islands and Southeast Kamchatka. *Journal of Ichthyology*, 2004, vol. 2, pp. 660–669. (In Russian)
- Tuponogov V.N., Orlov A.M., Mukhametov I.N. Comparative analysis of the results of bottom trawl surveys from various vessels on the island slope of the North Kurils (intercalibration techniques). *Trudy VNIRO*, 2006, vol. 146, pp. 181–190. (In Russian)
- Fedorov V.V., Chereshev I.A., Nazarkin M.V., Shestakov A.V., Volobuyev V.V. *Katalog morskikh i presnovodnykh ryb severnoy chasti Okhotskogo morya* [Catalog of marine and freshwater fishes of the northern part of the Sea of Okhotsk]. Vladivostok: Dalnauka, 2003, 204 p.
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. *Katalog pozvonochnykh Kamchatki i sopredelnykh morskikh akvatoriy* [Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor, 2000, pp. 7–69.
- Amaoka K., Nakaya K., Yabe M. The fishes of Northern Japan. Sapporo: North Japan Pacific Ocean Center, 1995. 390 p.
- Brodeur R.D., Ware D.M. Long-term variability in zooplankton biomass in the subarctic Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.*, 1992, vol. 1, pp. 32–38.
- Chiba S., Tadokoro K., Sugisaki H., Saino T. Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North Pacific. *Global Change Biology*, 2006, vol. 12, pp. 907–920. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01136.x
- Cushing D.H. Climate and fisheries. London: Academic Press, 1982, 373 p.
- Hare S.R., Mantua N.J. 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.*, 2000, vol. 47, pp. 103–146.
- Laewastu T. Marine climate, weather and fisheries. Oxford: Fishing News Books, 1993, 204 p.
- Mantua N., Hare S. The Pacific Decadal Oscillation. *J. Oceanogr. Soc. Jap.*, 2002, vol. 58, pp. 35–44.
- McGowan J.A., Cayan D.R., Dorman L.M. Climate-ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific Science, 199, vol. 281, pp. 210–217.

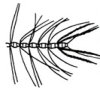
Статья поступила в редакцию: 09.07.2019

Статья принята после рецензии: 29.11.2019

УДК 581.1:582.26

DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.188-191

# РАФИДОФИТОВАЯ ВОДОРОСЛЬ *HETEROSIGMA AKASHIWO* В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕДЬЮ: ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ, СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И СТЕПЕНЬ ИЗМЕНЕНИЯ ДНК

Ж.В. Маркина<sup>1,2</sup>, Н.А. Айздайчер<sup>1</sup>, В.В. Слободскова<sup>3,4</sup>

Н. с., доцент, к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с., доцент, к. б. н.

<sup>1</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук; 690041, Владивосток, ул. Пальчевского, 17. Тел./факс: 8 (423) 231-09-05<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет; 690091, Владивосток, ул. Суханова, 8. Тел.: 8 (800) 555-08-88<sup>3</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук; 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43. Тел./факс: 8 (423) 231-14-00<sup>4</sup>Дальрыбвтуз; 690087, Владивосток, Луговая, 52Б. Тел./факс: 8 (4232) 44-12-65

E-mail: slobodskova@list.ru

МЕДЬ, ДНК, ХЛОРОФИЛЛ, КАРАТИНОИДЫ, *HETEROSIGMA AKASHIWO*, ЧИСЛЕННОСТЬ КЛЕТОК

Изучено действие меди в концентрациях 10, 25 и 50 мкг/л на рост популяции, содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и каротиноидов) и степень повреждения ДНК микроводоросли *Heterosigma akashiwo*. Показано, что численность клеток не отклонялась от таковой в контроле при всех концентрациях вещества, содержание фотосинтетических пигментов снижалось, а процент повреждения ДНК возрастал с увеличением концентрации металла.

## THE RAPHIDOPHYTE MICROALGAE *HETEROSIGMA AKASHIWO* IN TERMS OF COPPER POLLUTION: THE DYNAMICS OF THE NUMBER OF CELLS, THE CONTENT OF THE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND THE LEVEL OF THE DNA DAMAGE

Zhanna V. Markina<sup>1,2</sup>, Nina A. Aizdaicher<sup>1</sup>, Valentina V. Slobodskova<sup>3,4</sup>

Researcher, Associate Professor, Ph. D. (Biology); Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist, Associate Professor, Ph. D. (Biology)

<sup>1</sup>A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences; 690041, Vladivostok, st. Palchevskogo, 17. Tel./fax: +7 (423) 231-09-05<sup>2</sup>Far Eastern Federal University; 690091, Vladivostok, ul. Sukhanova, 8. Tel.: +7 (800) 555-08-88<sup>3</sup>V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences;

690041, Vladivostok, Baltiyskaya, 43. Tel./fax: +7 (423) 231-14-00

<sup>4</sup>Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Vladivostok, Lugovaya, 52B. Tel.: +7 (4232) 44-12-65COPPER, DNA, CHLOROPHYLL, CAROTENOIDS, *HETEROSIGMA AKASHIWO*, NUMBER OF CELLS

Effects of copper in concentrations 10, 25 and 50 mkg/L on the population growth, content of photosynthetic pigments (chlorophyll-*a* and carotenoids) and level of the DNA damage of the microalgae *Heterosigma akashiwo* were analyzed. The number of cells was similar to control in all concentrations of copper, the content of the photosynthetic pigments decreased and the percent of the DNA damages increased along increasing concentration of the pollutant.

Медь — один из наиболее часто обнаруживаемых металлов в сточных водах предприятий, сельскохозяйственных полей и коммунальных хозяйств. Она играет важную роль в физиологических процессах микроводорослей (Nagajoti et al., 2010). В то же время при высоких концентрациях меди отмечено их нарушение, прежде всего — фотосинтеза (Miazek et al., 2015).

Рафидофитовая водоросль *Heterosigma akashiwo* вызывает вредоносное «цветение», приводящее к гибели рыб, ракообразных, устриц, что наносит ущерб природным экосистемам и хозяйствам ма-рикультуры. Данная проблема усугубляется ши-

роким ареалом исследуемого вида: его регулярно регистрируют в морских водах субарктических и умеренных широт (Kempton et al., 2008; Powers et al., 2012). В связи с этим проводятся исследования действия экологических факторов на микроводоросль, однако влиянию тяжелых металлов не уделяется должного внимания (Li et al., 2002; Martínez et al., 2010).

Цель настоящей работы заключалась в оценке динамики численности, содержания хлорофилла *a*, каротиноидов и степени повреждения ДНК микроводоросли *Heterosigma akashiwo* при воздействии меди.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования служила культура микроводоросли *H. akashiwo* из коллекции микроводорослей ресурсного центра ННЦМБ «Морской био-банк» ДВО РАН. Культуру выращивали в 2018 г. на среде *f*, приготовленной на основе стерилизованной морской воды в 250-миллилитровых колбах Эрленмейера с объемом культуральной среды 100 мл, при стандартных условиях (Guillard, Rytner, 1962). Медь добавляли в виде раствора  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ , концентрации (10, 25 и 50 мкг/л) пересчитаны на ионы меди. ПДК меди для морских вод России — 5 мкг/л (Качество., 2015).

Подсчет клеток вели в счетной камере типа Нахотта объемом 0,044 мл, предварительно зафиксировав материал раствором Утермея.

Содержание хлорофилла *a* и суммарного содержания каротиноидов определяли стандартным методом экстракции ацетоном, с последующим определением оптической плотности на спектро-

фотометре UV-2600 (Shimatzu, Japan). Расчет концентраций пигментов проводили по стандартным формулам (Jeffrey, Humphrey, 1975).

Для оценки влияния меди на структуру ДНК использовали щелочной вариант кометного анализа (Singh et al., 1988), адаптированного к морским микроводорослям (Aoyama et al., 2003).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что численность клеток при концентрациях 10, 25 и 50 мкг/л меди не отличалась от таковой в контроле на всем протяжении опыта (рисунок 1А).

Содержание хлорофилла *a* и каротиноидов при 10 мкг/л меди не отличалось от контрольного на протяжении первых четырех суток опыта, через семь суток отставало от него (рисунок 1Б, В). При внесении 25 и 50 мкг/л меди происходило значительное уменьшение содержания фотосинтетических пигментов по отношению к контрольной

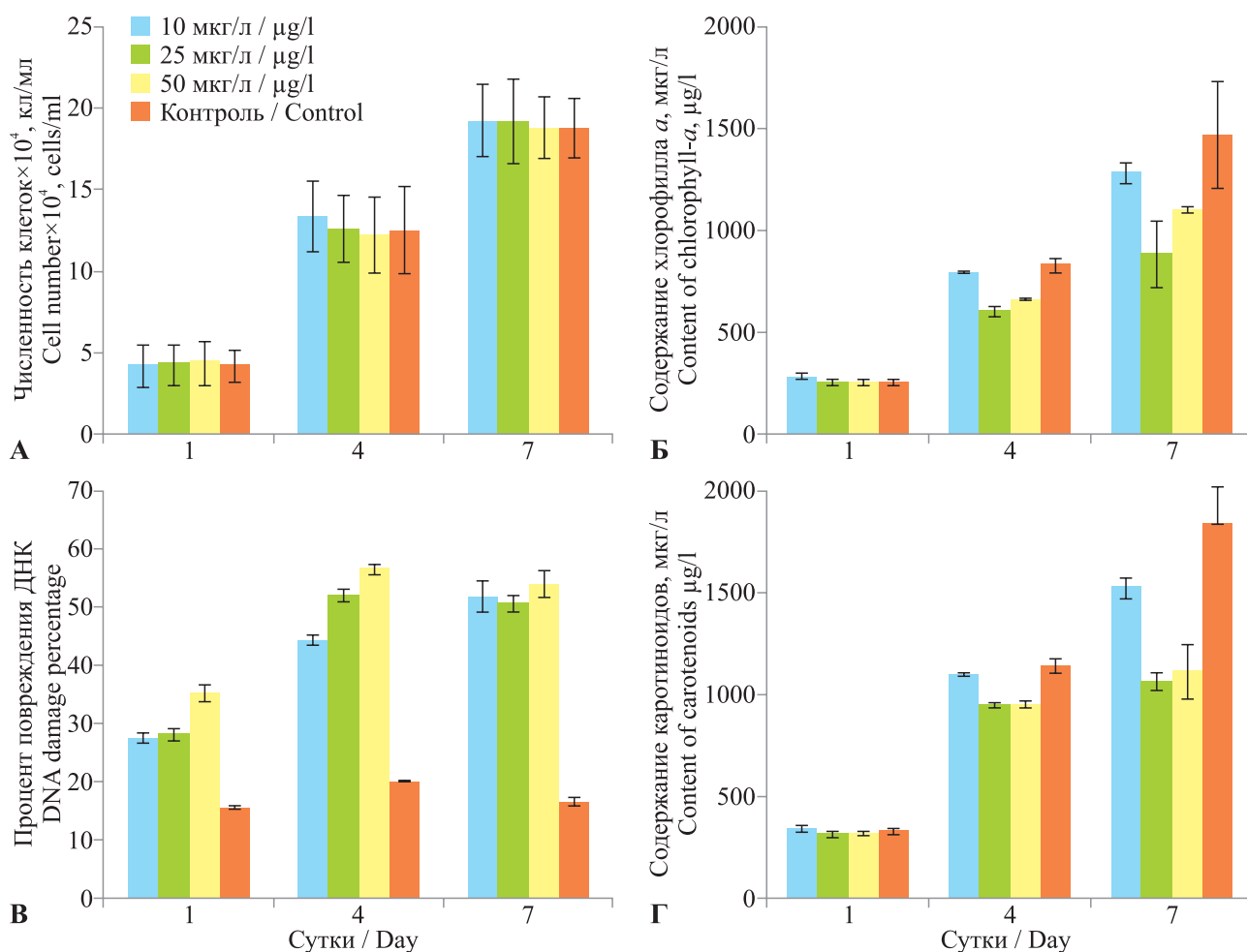


Рис. 1. Действие меди на микроводоросль *Heterosigma akashiwo*: (А) — динамика численности клеток, (Б) — содержание хлорофилла *a*, (В) — содержание каротиноидов, (Г) — процент повреждения ДНК  
Fig. 1. Effects of copper on the microalgae *Heterosigma akashiwo*: (A) — dynamics of cell number, (Б) — content of chlorophyll-*a*, (В) — content of carotenoids, (Г) — DNA damage percentage

группе микроводорослей через 4 и 7 суток экспозиции.

Процент повреждения ДНК по сравнению с контролем возрастал при всех концентрациях меди, эффект носил дозозависимый характер (рисунки 1Г) в течение четырех суток экспозиции. На седьмые сутки процент повреждения ДНК был одинаков при всех концентрациях токсиканта. Похожие результаты были получены Дезаи с коллегами (Desai et al., 2006) при исследовании генотоксичности кадмия на морскую микроводоросль *Chaetoceros tenuissimus*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, уровень содержания меди 10–50 мкг/л не оказывал влияния на численность клеток *H. akashiwo*, однако вызывал снижение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов, приводил к появлению повреждений молекулы ДНК. На основе сравнительного анализа данных показателей токсичности (численность клеток, фотосинтетические пигменты, % повреждения молекулы ДНК) можно видеть, что % повреждения ДНК является наиболее чувствительным биомаркером при исследовании воздействия тяжелых металлов на микроводоросль *H. akashiwo*. Следует отметить, что достоверные отличия в уровне повреждения ДНК *H. akashiwo* по отношению к контрольной группе отмечались после однодневной экспозиции даже в самой минимальной концентрации меди (10 мкг/л), при этом другие исследованные нами параметры практически не отличались от контрольных значений. Следовательно, в изученных концентрациях медь не способствует «цветению» водоросли, однако в природных условиях, включающих конкурентную борьбу, данный вид может элиминироваться и замещаться более устойчивыми представителями микроводорослей.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке госбюджетных тем № 0268-2018-0004, ААА-А17-117030110038-5.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. 2016. Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука. 190 с.

- Aoyama K., Iwahori K., Miyata N. 2003. Application of *Euglena gracilis* cells to comet assay: evaluation of DNA damage and repair // Mutation research. Vol. 538. P. 155–162. doi:10.1016/S1383-5718(03)00113-X
- Desai S.R., Verlecar X.N., Goswami U. 2006. Genotoxicity of cadmium in marine diatom *Chaetoceros tenuissimus* using the alkaline Comet assay // Ecotoxicology. Vol. 538. P. 155–162. doi:10.1007/s10646-006-0076-2
- Guillard R.R.L., Ryther J.H. 1962. Studies of marine planktonic diatoms. 1. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Canadian Journal Microbiology. Vol. 8. P. 229–239.
- Jeffrey S.W., Humphrey G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c*<sub>1</sub> and *c*<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochemistry Physiology Plant. Vol. 167. P. 191–194.
- Kempton J., Keppler C. J., Lewitus A., Shuler A., Wilde S. 2008. A novel *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) bloom extending from a South Carolina bay to offshore waters // Harmful Algae, 2008, vol. 7, pp. 235–240.
- Li D., Cong W., Cai Z., Shi D., Ouyang F. 2002. Response of growth and photosynthesis of marine red tide alga *Heterosigma akashiwo* to iron and iron stress condition // Biochemistry letters. Vol. 24. P. 743–747.
- Martínez R., Orive E., Laza-Martínez A., Seoane S. 2010. Growth response of six strains of *Heterosigma akashiwo* to varying temperature, salinity and irradiance conditions // Journal of Plankton Research. Vol. 32. P. 529–538. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbp135>
- Miazek K., Iwanek W., Remacle C., Richel A., Dorothée G. 2015. Effect of metals, metalloids and metallic nanoparticles on microalgae growth and industrial products biosynthesis: a review // International Journal of Molecular Sciences. Vol. 16. P. 23929–23969. doi:10.3390/ijms161023929.
- Nagajoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review // Environmental Chemistry Letters. Vol. 8. P. 199–216. doi: 10.1007/s10311-010-0297-8
- Powers L., Creed Irena F., Trick C.G. 2012. Sinking of *Heterosigma akashiwo* results in increased toxicity of this harmful algal bloom species // Harmful Algae. Vol. 13. P. 95–104.
- Singh N.P., McCoy M.T., Tice R.R., Scheider E.L. 1988. A simple technique for quantification of low levels of DNA damage in individual cells // Experimental Cell Research. Vol. 237. P. 123–130.



## REFERENCES

- Korshenko A.N. (Ed.) *Kachestvo morskikh vod po gidrohimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik* [Marine Water Pollution. Annual Report]. Moskva: Nauka, 2016, 190 p.
- Aoyama K., Iwahori K., Miyata N. Application of *Euglena gracilis* cells to comet assay: evaluation of DNA damage and repair. *Mutation research*, 2003, vol. 538, pp. 155–162. doi:10.1016/S1383-5718(03)00113-X
- Desai S.R., Verlecar X.N., Goswami U. Genotoxicity of cadmium in marine diatom *Chaetoceros tenuissimus* using the alkaline Comet assay. *Ecotoxicology*, 2006, vol. 538, pp. 155–162. doi:10.1007/s10646-006-0076-2
- Guillard R.R.L., Ryther J.H. Studies of marine planktonic diatoms. 1. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Canadian Journal Microbiology*, 1962, vol. 8, pp. 229–239.
- Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c*<sub>1</sub> and *c*<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemistry Physiology Plantz.*, 1975, vol. 167, pp. 191–194.
- Kempton J., Keppler C. J., Lewitus A., Shuler A., Wilde S. A novel *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) bloom extending from a South Carolina bay to offshore waters. *Harmful Algae*, 2008, vol. 7, pp. 235–240.
- Li D., Cong W., Cai L. Zh., Shi D., Ouyang F. Response of growth and photosynthesis of marine red tide alga-*Heterosigma akashiwo* to iron and iron stress condition. *Biothechnology letters*, 2002, vol. 24, pp. 743–747.
- Martínez R., Orive E., Laza-Martínez A., Seoane S. Growth response of six strains of *Heterosigma akashiwo* to varying temperature, salinity and irradiance conditions. *Journal of Plankton Research*, 2010, vol. 32, pp. 529–538. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbp135>
- Miazeck K., Iwanek W., Remacle C., Richel A., Dorothée G. Effect of metals, metalloids and metallic nanoparticles on microalgae growth and industrial products biosynthesis: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, vol. 16, pp. 23929–23969. doi:10.3990/ijms161023929.
- Nagajoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2010, vol. 8, pp. 199–216. doi: 10.1007/s10311-010-0297-8
- Powers L., Creed Irena F., Trick C.G. Sinking of *Heterosigma akashiwo* results in increased toxicity of this harmful algal bloom species. *Harmful Algae*, 2012, vol. 13, pp. 95–104.
- Singh N.P., McCoy M.T., Tice R.R., Scheider E.L. A simple technique for quantification of low levels of DNA damage in individual cells. *Experimental Cell Research*, 1988., vol. 237, pp. 123–130.

Статья поступила в редакцию: 10.07.2019

Статья принята после рецензии: 01.10.2019

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Публикация статей для аспирантов бесплатна.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности предоставленного материала. Статьи, отклоненные редколлегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Редколлегия журнала оставляет за собой право изменять название статей по согласованию с авторами, а также вносить сокращения и иные редакционные правки в рукопись.

### Положение об ответственности авторов

Авторы гарантируют, что направленный для публикации материал не был ранее опубликован на русском языке, а также не находится на рассмотрении в другом журнале.

Авторы гарантируют, что в предоставляемом материале соблюдены все авторские права: среди авторов указаны только те, кто сделал значительный вклад в исследование, все заимствованные фрагменты (текстовые цитаты, таблицы, рисунки и формулы) процитированы корректно, с указанием источников, позволяющих идентифицировать их авторов.

Авторы осознают, что факты научной недобросовестности, выявленные как в процессе рецензирования, так и после публикации статьи (плагиат, повторная публикация, раскрытие защищенных данных), могут повлечь не только снятие статьи с публикации, но и уголовное преследование со стороны тех, чьи права будут нарушены в результате обнародования текста.

Статьи авторов, которые не могут или не считают нужным нести ответственность за предоставляемые материалы, редакцией не рассматриваются.

### Предоставление статей

В редакцию журнала направляются статьи обязательно и в электронном, и в печатном виде. На каждом листе печатного варианта — личная подпись автора и дата.

Электронные материалы должны содержать в отдельном виде следующие файлы:

- текстовый файл;
- файлы, содержащие иллюстрации (один рисунок — один файл. Графики — в формате PDF, таблицы — в формате Word, рисунки — TIF, JPEG, AI, EPS);
- файл с подписуемыми подписями.

Авторы обязаны сопровождать статью, направляемую в редакцию, двумя экземплярами подписанного соглашения о передаче авторского права (форма соглашения доступна для скачивания по ссылкам: [http://www.kamniro.ru/soglasiye\\_avtor/](http://www.kamniro.ru/soglasiye_avtor/) (статья с одним автором), [http://www.kamniro.ru/soglasiye\\_soavtor/](http://www.kamniro.ru/soglasiye_soavtor/) (соавторство)).

Исправленные после замечаний рецензентов материалы принимаются по электронной почте ([pressa@kamniro.ru](mailto:pressa@kamniro.ru)).

### Общие требования к оформлению рукописей

#### Текст

При наборе текста статьи использовать редактор MS Word, шрифт Times New Roman.

В начале текстового файла должны быть указаны следующие данные:

- рубрикация статьи по УДК;
- заголовок статьи (латинское обозначение объекта приводится полностью);
- фамилия, имя и отчество автора/авторов;

— должность, научная степень автора, название научного учреждения, полный почтовый адрес, рабочий телефон/факс, электронный адрес. Если авторов несколько, и они работают в разных учреждениях, то названия, адреса и контактные данные учреждений приводятся в том порядке, в каком расположены фамилии авторов;

- ключевые слова;
- краткая аннотация (не более 1/2 страницы).

Далее в таком же порядке указываются сведения на английском языке.

**Структура статьи** должна быть выдержана в обязательном порядке и содержать разделы: введение, материал и методика, результаты и обсуждение, заключение, благодарности (при необходимости), список литературы.

В тексте и таблицах в числах десятичные знаки отделяются запятой.

Таксоны: род и вид набираются *курсивом*.

Знаки: градус, минута (3 °C; 46°74' с. ш.), плюс-минус (±), процент (%), промилле (‰), процедимилле (‰‰) и умножение (×) набираются символами.

### Иллюстративный материал

Все рисунки должны быть пронумерованы в последовательности, соответствующей упоминанию в статье, и номерами привязаны к подписуемым подписям. Нумерация рисунков сквозная.

Для обозначения осей графиков, легенды, начертания формул на графиках применять размер шрифта 11, начиная с большой буквы (Длина, Вес, и т. д.), с указанием через запятую размерности (кг, м). Оси должны быть четко видны (не пунктиром). На рисунок наносятся только цифровые и буквенные обозначения, все остальные пояснения — в подписуемой подписи.

В таблицах допускаются только горизонтальные линии. Вертикальные линии можно использовать в заголовках граф.

Графический материал в электронной версии принимается как сканированный, так и рисованный на компьютере в черно-белом или цветном исполнении (оригиналы сканируются в режиме «градации серого» для черно-белых и в цветовой модели RGB для цветных с разрешением не менее 300 dpi, но не более 450 dpi на дюйм, сохраняются в файл JPG, качество «наилучшее», базовое(!). При невозможности самостоятельного качественного сканирования оговорить с редакцией вариант предоставления оригинала.

Для растровых рисунков использовать формат TIF, JPEG (базовый) с разрешением 300 dpi, в режиме gray scale или RGB; векторные рисунки предоставляются в формате программы CorelDraw или в форматах EPS, AI.

### Список литературы

В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), используемые в тексте статьи. Если необходимо сослаться на статью в общественно-политической газете, текст на сайте или в блоге, следует поместить ссылку с информацией об источнике.

Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи, должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить от редакции, куда сдана статья, письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они будут опубликованы.

Информация из неопубликованных источников должна быть помечена ссылкой «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение от источника данных на использование таких материалов.

Список литературы составляется в алфавитном порядке; сначала источники на русском языке, затем — на иностранном. Указываются **только опубликованные** работы, отмеченные ссылками в тексте.

В списке литературы указываются фамилии всех авторов источника. В тексте, при ссылке на источник, в круглых скобках приводятся фамилия автора или двух авторов и год издания (Иванов, 1980; Иванов, Петров, 1980); если же авторов три и более, то приводится фамилия первого с пометкой «и др.» — для русских, «et al.» — для иностранных публикаций (Иванов и др., 1990; Ivanov et al., 1990).

Выходные данные источников литературы приводят в следующем порядке.

Для книг: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название книги, место издания, издательство, количество страниц. Например:

*Богатов В.В.* 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

Другие издательства: (М.-Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 466 с.), (Новосибирск: Наука. 221 с.), (Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.), (М.: Мир. 740 с.), и т. д.

Для тезисов, докладов, материалов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название тезисов, две косые линии, (если конференция тематическая, то тема конференции), где и когда докладывались, место издания, издательство, количество страниц. Например:

*Трифорова И.С.* 1998. Водоросли фитопланктона как индикаторы эвтрофирования // Тез. докл. II съезда Русского ботанического о-ва «Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков» (Санкт-Петербург, 26–29 мая 1998г.). СПб.: Ботанический ин-т РАН. Т. 2. С. 118–119.

... // Материалы IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-

Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 71–76.

Для статей из сборников и журналов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название статьи, две косые линии, название сборника трудов (раскрытое), том, выпуск (номер), страницы, DOI.

*Леванидов В.Я.* 1976. Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова. Тр. Биол.-почв. ин-та. Т. 36 (139). С. 104–122. doi: (№)

*Новиков Н.П.* 1974. Рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть. 308 с.

*Трувеллер К.А.* 1979. Дифференциация популяции сельди *Clupea harengus* в Северном море по антигенам эритроцитов и электрофоретическим спектрам белков. Дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ. 153 с.

*ФИО автора.* Год. Название статьи // Тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 141. С. 229–239.

... // Гидробиол. журн. Т. 28. № 4. С. 31–39.

... // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 3. С. 416–419.

... // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 21 (24). С. 285–294.

... // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. Вып. 308. С. 85–100.

... // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 261–269.

... // Журн. общ. биол. Т. XL. № 5. С. 689–697.

... // Альгология. Т. 12. № 2. С. 259–272.

... // Зоол. журн. Т. 47. Вып. 12. С. 1851–1856.

... // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 128. С. 768–772.

... // Вестник МГУ. Биология, почвоведение. № 3. С. 37–42.

По всем возникающим вопросам обращаться в редакцию журнала:

683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: [pressa@kamniro.ru](mailto:pressa@kamniro.ru).

## ИЗДАТЕЛЬСТВО КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА ФГБНУ «ВНИРО» («КАМЧАТНИРО») ПРЕДЛАГАЕТ:



**КамчатНИРО — 85 (1932–2017). Воспоминания. Стихи. Рассказы** / Составители: В.Ф. Бугаев, М.В. Варкентин, Ю.А. Кудлаева. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 280 с.

Издание посвящено 85-летию юбилею Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО, КО ТИНРО, КоТИРХ — аббревиатуры организации в разные годы). В альбом включены воспоминания и записки бывших и настоящих сотрудников института, их друзей и близких, рассказывающие об истории КамчатНИРО и направлениях исследований, знакомящие с коллективом и повседневной работой, отражающие романтику и трудности работы ихтиологов, гидробиологов, генетиков, паразитологов, вирусологов, зоологов, экологов и представителей других редких профессий.

Все научные сотрудники — талантливые люди, поэтому в издание включены также их стихи и рассказы. В одних случаях эти произведения связаны непосредственно с работой и окружающей природой, в других — посвящены романтике жизни на Севере, а известный генетик с мировым именем д. б. н. Н.В. Варнаевская даже писала и публиковала научно-фантастические романы (его отрывок также представлен читателям).

Издание иллюстрировано исключительно черно-белыми архивными фотографиями, что усиливает эффект проникновения Прошлого в наши дни и повышает его достоверность. Использованы фотографии из лабораторных архивов, а также из частных собраний сотрудников КамчатНИРО: В.Ф. Бугаева, Т.Л. Введенской, М.А. Жилина, С.И. Корнева, И.И. Лагунова, А.В. Маслова, В.Ф. Севостьянова, О.В. Тимофеевой, С.А. Травина и других.

Открывает юбилейный альбом уникальная рукопись доктора биологических наук Фаины Владимировны Крогиус «Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы» (1932–1985), найденная в 2016 г. в архиве Камчатского края и опубликованная впервые.

## СОДЕРЖАНИЕ

От редактора . . . . . 4

## ВОСПОМИНАНИЯ

Крогиус Ф.В. Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы (1932–1985) . . . . .	8
Полутов И.А. Избранные главы из книги воспоминаний «Давным-давно» (1995) . . . . .	33
Акулин В.Н. Моя Камчатка. Шестидесятые годы . . . . .	47
Яцковский А.И. О камчатских ихтиологах: из книги «По горам и долинам Камчатки» (1959) . . . . .	56
Корягина (Бирман) Н.И. Воспоминания детства и юности о папе и сотрудниках КО ТИНРО . . . . .	59
Нестеров Г.А. Воспоминания о лаборатории... (2001) . . . . .	64
Горчаков М.И. О камчатских ихтиологах: из книги «Цена каждого шага» (1974) . . . . .	78
Введенская Т.Л. Воспоминания о десятилетнем счастье на оз. Кроноцком (1970–1979) . . . . .	84
Жилин М.Я. Озёрные отшельники . . . . .	100
Науменко Е.А. Полевые сезоны . . . . .	108
Бугаев В.Ф. Один взгляд и три вылазки на оз. Этамынк . . . . .	115
Дубынин В.А. На волне памяти... . . . .	127
Карпенко В.И. Первый рейс в КамчатНИРО по теме . . . . .	145
Шагинян Э.Р. Лаборатории промысловых беспозвоночных — от создания до наших дней . . . . .	158
Кляшторин Л.Б. Озерновский наблюдательный пункт: 1985–1986 . . . . .	165
Вилинская-Маркевич Н.И. Из книги «Воспоминания о камчатской жизни» (2007) . . . . .	169

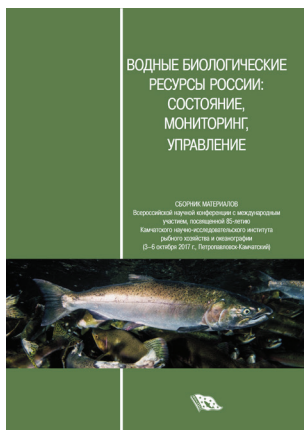
## СТИХИ

Дьяков Ю.П. Избранная поэзия . . . . .	192
Бугаев В.Ф. Избранные стихи из сборника «На окраине России» . . . . .	200

## РАССКАЗЫ

Басов Ю.С. Из книги «Дальневосточные рассказы» (2015) . . . . .	210
Варнаевская Н.В. Отрывок из научно-фантастического романа «Скоморох, бегущий по звёздам» (2011) . . . . .	222
Егорова Т.В. Рыбное богатство Камчатки (1973) . . . . .	228
Николаев А.С. Из сборника рассказов «Чудо каждого дня...» (1995) . . . . .	234
Николаев А.С. Запоздалый репортаж с Большерецкого тракта (2017) . . . . .	243
Остроумов А.Г. Из сборника рассказов «По Камчатке — от мыса Лопатка до реки Хатырки» (1997) . . . . .	246
Севостьянов В.Ф. Из сборника рассказов «Я в вечность торопился» (2006) . . . . .	256
Челноков Ф.Г. «Покорение вулкана Камень» (1958) из книги «К вершинам Камчатки, России, планеты» . . . . .	263
Чугунков Д.И. Рассказ «Камчатка — Канада» из сборника «Норд-ост» (1980) . . . . .	273





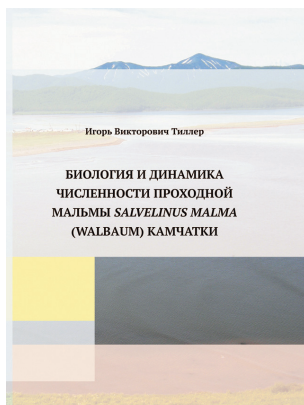
### Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление.

Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 398 с. — Научное электронное издание сетевого распространения: Размер файла 80Мб. Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7,8, Mac OS); разрешение экрана не ниже 1024×768; PDF Reader.

DOI: 10.15853/978-5-902210-51-1. ISBN 978-5-902210-51-1

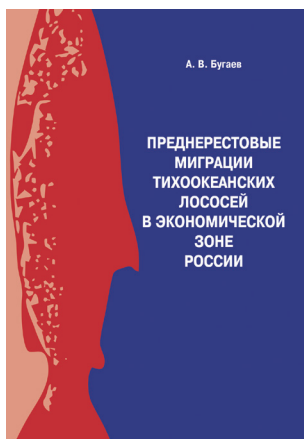
Сборник содержит материалы по следующим основным направлениям: воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов; методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом; популяционные и генетические исследования гидробионтов; условия среды обитания и экология гидробионтов; состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия; болезни гидробионтов и их профилактика; искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов. Главный редактор — Ю.П. Дьяков, д. б. н., гл. н. с. КамчатНИРО.

Электронная версия доступна по ссылке: <http://www.kamniro.ru/files/2017.pdf>



Тиллер И.В. Биология и динамика численности проходной *Salvelinus malma* (Walbaum) Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 96 с.

В монографии обобщены сведения, характеризующие биологию и динамику численности проходной мальмы Камчатки. Рассмотрены основные этапы жизненного цикла мальмы (сроки нереста, миграции, морской нагул). По материалам собственных исследований автором рассматриваются структура популяций и динамика ее элементов за многолетний период. Исследовано питание молоди мальмы в речной период жизни и взрослых рыб во время ската на морской нагул. Отмечено значительное потребление мальмой покатной молоди горбуши на северо-востоке Камчатки. Приведены данные о динамике вылова проходной мальмы на Камчатке. Проведена оценка смертности и состояния запасов этого вида на Камчатке.



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

В представленной монографии рассмотрен заключительный этап морского периода жизни азиатских тихоокеанских лососей во время преднерестовых миграций в беринговоморских и тихоокеанских водах исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ РФ). Наблюдениями охвачен ряд 1995–2008 гг. В работе задействован массив многолетних данных, полученных в результате исследований, проводимых на дрейфтерных судах в юго-западной части Берингова моря и северо-западной части Тихого океана. В сборе материала принимали участие сотрудники многих рыбохозяйственных НИИ Дальнего Востока и Москвы. Всего в работе использованы данные показателей контрольных уловов и биологических анализов, полученные в результате 177 рейсов российских и японских дрейфтерных судов (7208 сетепостановок). Объектами исследований были пять видов тихоокеанских лососей — нерка, кета, горбуша, чавыча и кижуч. В процессе работы биоанализу подвергнуто около 140 тыс. рыб. Накопленная информация позволи-

ла рассмотреть важнейшие жизненные критерии созревающих тихоокеанских лососей — пространственно-темпоральное распределение и динамику уловов, основные биологические показатели, питание, внутривидовую структуру преднерестовых скоплений, а также выявить основные факторы, определяющие характер их преднерестовых миграций. Систематизирован массив биологических данных на уровне рассматриваемого 14-летнего периода дрейфтерных наблюдений. Проведен сравнительный анализ полученной информации в связи с заметным ростом численности лососей, который был отмечен во всех регионах Северной Пацифики в начале 2000-х годов. В книгу включено много первичных данных, позволяющих их использовать в дальнейших исследованиях. Она адресована научным сотрудникам, занимающимся вопросами биологии морского периода жизни тихоокеанских лососей, экологам, студентам высших учебных заведений, работникам рыбохозяйственных предприятий и силовых структур, контролирующим воспроизводство и добычу лососей.



**Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов.** Сборник материалов Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова (7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. 235 с.

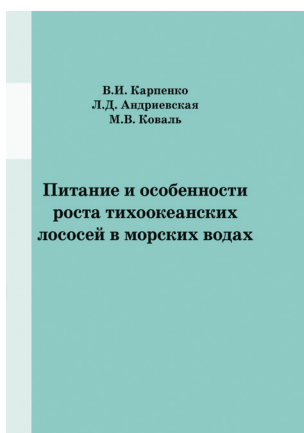
Один из основоположников пресноводной гидробиологии на Дальнем Востоке, Игорь Иванович был признанным ведущим специалистом в области изучения фауны лососевых нерестово-выростных водоемов. Он исследовал множество озер полуострова, и результатом стала уникальная работа — «Зоопланктон озер Камчатки». Изучение влияния вулканического пепла на биологическую продуктивность водных объектов воплотилось в идею фертилизации камчатских водоемов, которая затем была с успехом реализована, он также был «первооткрывателем» использования геотермальных вод при искусственном воспроизводстве лососей.

В честь И.И. Куренкова назван один из видов веслоногих ракообразных (*Eurytemora kurenkovi*), встречающийся в устьях камчатских рек и прибрежных озерах, и малощетинковый червь (*Spirosperma kurenkovi*), обитающий в озерах полуострова Кам-

чатка. В окрестностях оз. Кроноцкого высокогорное бессточное озеро Крокур увековечило имена двух известных ученых — Е.М. Крохина и И.И. Куренкова.

Сборник содержит материалы по следующим основным направлениям: методы изучения внутренних водоемов; результаты применения методов прямого учета численности и математического моделирования в исследованиях пресноводных биоресурсов; условия обитания гидробионтов в экосистемах внутренних водоемов: гидрология, гидрохимия и геоморфология; сезонная и многолетняя динамика функционирования сообществ внутренних водоемов; биоразнообразие и продуктивность экосистем внутренних водоемов; антропогенное воздействие и проблемы сохранения экосистем внутренних водоемов; рыбохозяйственное использование внутренних водоемов для целей промышленного и любительского (спортивного) рыболовства, акклиматизации и аквакультуры.

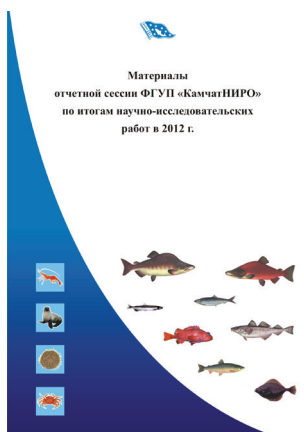
Электронная версия доступна по ссылке: [www.kamniro.ru/publishing/kamniro/sovremennoe\\_sostoyanie\\_i\\_metody\\_izucheniya\\_ekosistem\\_vnutrennih\\_vodoevov](http://www.kamniro.ru/publishing/kamniro/sovremennoe_sostoyanie_i_metody_izucheniya_ekosistem_vnutrennih_vodoevov)



Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. **Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. 304 с.

Монография представляет собой обобщение накопленной в лаборатории морских исследований лососей ФГУП «КамчатНИРО» многолетней архивной информации, а также результатов собственных исследований питания и роста тихоокеанских лососей в морской период жизни. В течение 50-летнего периода изучения использована единая методика сбора, обработки и анализа трофологических материалов.

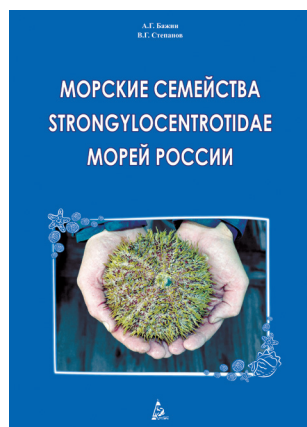
Описаны районы обитания лососей камчатских популяций и исследованы основные факторы среды, влияющие на их питание и рост в море. Для этого изучен состав пищи и оценены пищевые потребности пяти видов (горбуши, кеты, нерки, кижуча и чавычи) на отдельных этапах морского периода жизни. Изучена многолетняя динамика весового роста лососей, возвращающихся на нерест к побережью Камчатки. Исследованы межвидовые пищевые отношения лососей в море.



**Материалы отчетной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2013. 367 стр.

В сборник включены материалы, отражающие результаты исследований ученых разных поколений. Отдельно представлены итоги работы всех лабораторий института в 2012 г.: обобщены данные, полученные в результате исследования морских промысловых рыб, тихоокеанских лососей, промысловых беспозвоночных, а также проведения биохимических, генетических, морфологических и учетных работ.

Сборник предназначен для специалистов рыбохозяйственных НИИ, рыбопромышленников, студентов профильных вузов, органов рыбоохраны.



**Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морские семейства Strongylocentrotidae морей России.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 196 с.

Монография посвящена описанию основных биологических особенностей морских ежей семейства Strongylocentrotidae морей России, их видового состава, распространения, морфологии и изменчивости, процессов размножения и развития, экологии. Кроме того, содержит материалы о практическом использовании, технологиях переработки и особенностях промысла морских ежей и о некоторых аспектах их использования в научных целях.

Книга адресована биологам, специалистам по добыче и обработке морского биологического сырья, а также студентам рыбохозяйственных, биологических и рыбопромысловых факультетов и всем, интересующимся природой моря.



**Снюрреводный лов.** Под общ. ред. к.т.н., доцента М.Н. Коваленко / Коваленко М.Н., Широков Е.П., Малых К.М., Сошин А.В., Адамов А.А. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 168 с.

В монографии рассмотрены вопросы становления и современного состояния технологии снюрреводного лова с судов среднего, малого и малого маломерного классов на Камчатке. Работа представляет собой обобщение накопленной в лаборатории промышленного рыболовства ФГУП «КамчатНИРО» информации о снюрреводном лове, а также результатов собственных исследований. Предназначена для специалистов добычи, судоводителей, конструкторов и научных сотрудников, занятых на промысле и проведении научно-исследовательских работ при лове донных видов рыб снюрреводами с судов среднего, малого и малого маломерного флота, а также студентов, обучающихся по специальностям «Промышленное рыболовство» и «Промысловое судовождение».



**Дьяков Ю.П. Камбалообразные (PLEURONECTIFORMES) дальневосточных морей России** (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 428 с.

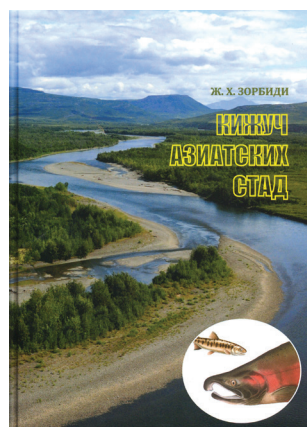
В монографии обобщены сведения о географической изменчивости фауны камбал в водоемах, омывающих дальневосточные берега России, изложены результаты исследования ее пространственной структуры. Рассмотрены особенности сезонного батиметрического и термического распределения представителей камбалообразных рыб в различных районах. Проведена классификация различных типов их распределения по глубинам. Установлено образование камбалами комплексов видов, местообитания которых характеризуются близкими глубинными и температурными условиями. Исследована географическая изменчивость сроков нереста у 56 видов камбалообразных рыб. Высказана гипотеза о наличии у камбал северной части Тихого океана двух адаптивных стратегий нереста. Построена общая концепция популяционной структуры тихоокеанского черного палтуса. Дана характеристика динамики численности популяций пяти массовых видов камбал восточной части Охотского моря. На основе ряда наблюдений построены математические модели популяционного роста численности и биомассы этих рыб, а также формирования численности их поколений в зависимости от некоторых популяционных и внепопуляционных факторов.





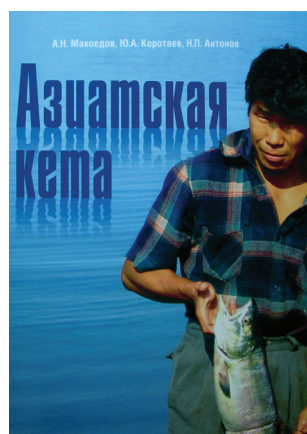
Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. **Шкала стадий зрелости гонад минтая.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 92 с.

*Минтай — наиболее значимый объект современного рыболовства в Дальневосточном регионе. На основании полученных авторами ранее результатов по исследованию особенностей полового созревания, оогенеза и сперматогенеза североохо-томорского минтая приводится шкала стадий зрелости гонад минтая, включающая определение семи стадий, характеризующих развитие половых желез самок, и шести стадий — самцов. Дается описание величины и внешнего вида гонад, степени упругости, зернистости (самки), текучести семенной жидкости, ГСИ, состава и размеров ооцитов текущего фонда. Каждая выделенная стадия иллюстрируется характерным фотоизображением гонады в полости тела, извлеченной гонады, показаны вид ооцитов при просмотре с помощью бинокля и соответствующий стадии гистологический срез яичника и семенника. Также показаны изменения цвета и величины гонад в процессе созревания и нереста, характерные образы гонад разных стадий зрелости часто встречаемых оттенков цветов. Приводится словарь с пояснениями используемых терминов.*



Зорбиди Ж.Х. **Кижуч азиатских стад.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2010. 306 с.

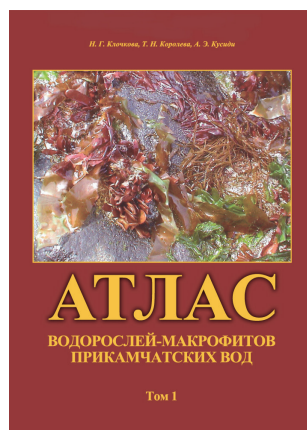
*В монографии обобщены сведения о характере промысла азиатского кижуча *Oncorhynchus kisutch* в многолетнем аспекте и представлен ретроспективный анализ его особенностей за более чем 50-летний период. Приводятся данные официальной статистики берегового и японского морского промысла азиатского кижуча, сведения о вылове американских стад, результаты идентификации стад азиатского кижуча. Анализируются динамика численности, пропуск на нерестилища, состояние запасов в современный период и миграции кижуча в северо-западной части Тихого океана. Уточнены некоторые взгляды на характер его посткатадромных и преднерестовых миграций. По материалам собственных исследований и литературным источникам рассматриваются структура популяций и внутривидовая дифференциация кижуча, сроки нерестового хода, особенности нереста и экология развития в раннем онтогенезе, размерно-возрастной, половой состав нерестовых стад, качественные характеристики производителей и молоди. Выявлены изменения в структуре популяций кижуча, которые носят колебательный характер и, вероятно, вызваны не только изменениями условий среды, но и численностью самого вида. Особое внимание уделено результатам исследования биологии вида в естественных условиях. Представлены данные, характеризующие особенности экологии молоди кижуча в разных типах водоемов.*



Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. **Азиатская кета.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 356 с.

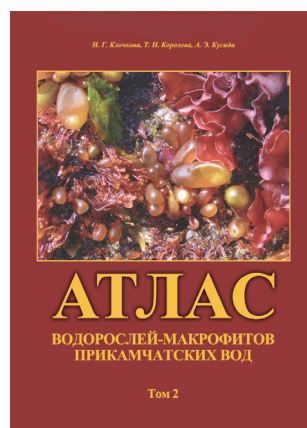
*Монографический обзор одного из наиболее ценных объектов рыболовства, кеты, в азиатской части ареала вида. Основное внимание сосредоточено на российских районах воспроизводства, поскольку более южные природные популяции кеты были почти полностью истреблены еще в начале XX века, отчего современный японский промысел ориентирован на лососей заводского происхождения. Приведены общая характеристика вида и основные этапы его изучения. Опираясь на собственные результаты исследований и литературные данные, подробно описана биология кеты из различных районов размножения. Рассмотрены особенности различных отрезков пресноводного и морского периодов жизни. Дана информация об истории развития и современном состоянии искусственного воспроизводства обсуждаемого вида тихоокеанских лососей. Рассмотрены абиотические, биотические, популяционные и антропогенные факторы, регулирующие численность и биомассу кеты. Приведены расчеты общей оценки выживаемости природных группировок данного вида. Большое внимание уделено вопросам, связанным с хозяйственным освоением азиатской кеты, и факторам, препятствующим рациональному ведению лососевого хозяйства в целом. Предложены рекомендации, направленные на устранение существующих недостатков.*





Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 1.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 218 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 32 зеленых (отдел *Chlorophyta*) и 58 бурых (отдел *Phaeophyta*) водорослей, встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряют описание основных особенностей организации представителей отделов и характеристика местообитаний. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, в том числе и антропогенном влиянии, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко: в пределах всех морей российского Дальнего Востока или Мирового океана. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. Завершают книгу краткие сведения по состоянию промысла ламинарии в прикамчатских водах и очерк о благотворном влиянии на здоровье человека морских водорослей и продуктов их переработки.



Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 2.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 304 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 132 видов красных водорослей (отдел *Rhodophyta*), встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряет описание основных особенностей организации представителей отделов. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. В книгу включены краткие рекомендации, касающиеся сбора водорослей на морском берегу и изготовления из них гербария и препаратов для изучения внутреннего строения растений.



Шагинян Э.Р. **Методические рекомендации по определению видового состава крабов и возможности их возвращения в среду обитания в прикамчатских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 32 с.

Краткое пособие для определения видового состава, степени жизнедеятельности крабов, а также возможности их возвращения в естественную среду обитания при производстве промысловых, исследовательских работ, а также для оперативной оценки работниками природоохранных учреждений возможного ущерба при незаконном промысле. Кратко освещены вопросы размножения, питания, миграций и промысла основных промысловых крабов прикамчатских вод. Основное внимание уделено морфологическим особенностям рассматриваемых видов с целью их видовой идентификации в полевых условиях. Даются рекомендации по определению жизнеспособности крабов и целесообразности их выпуска в среду обитания. Пособие подкреплено хорошо выполненными иллюстрациями.

Для приобретения изданий необходимо выслать (факсом или электронной почтой) заявку, с указанием реквизитов, согласно которой будет выставлен счет на предоплату.

После оплаты счета заказанная литература отправляется почтой по указанному адресу.

Пересылка — за счет заказчика.

**Адрес издательства Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)**

683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

Тел.: (4152) 412-701

E-mail: kamniro@kamniro.ru

Научный рецензируемый журнал

**«Исследования водных биологических ресурсов Камчатки  
и северо-западной части Тихого океана»**

**Выпуск 55. 2019**

ISSN 2072-8212

Журнал с 2010 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК РФ.  
С 29.12.2015 включен в новую редакцию Перечня

Главный редактор: Ю.П. Дьяков  
Выпускающий редактор: Т.В. Борисова  
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин  
Корректор: Т.В. Борисова  
Перевод на английский: А.А. Шурыгина

Свидетельство о регистрации СМИ — ПИ № ФС 77-77203, выдано 08.11.2019  
Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

**Адрес редакции:**

683000 Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18  
Тел./факс: (4152) 41-27-01. E-mail: kamniro@kamniro.ru, pressa@kamniro.ru

**Учредитель:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»  
Адрес учредителя: 107140 Москва, ул. Красносельская Верхн., д. 17.

**Издатель:**

Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»  
(«КамчатНИРО»)

Адрес издателя: 683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, д. 18.

Подписано в печать 23.12.2019. Дата выхода 30.12.2019, №4 (55), 2019. Формат 60×84/8. Печать офсетная.  
Усл. печ. л.: 12,5. Заказ № КПО0-006473. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Типографии ООО «Камчатпресс».  
Адрес: 683024 Петропавловск-Камчатский, ул. Кроноцкая, д. 12а.