

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ВОПРОСЫ РЫБОЛОВСТВА

Том 21 №3 2020
Июль — сентябрь

Основан в 2000 г.
Выходит 4 раза в год
ISSN 0234-2774

Главный редактор:
О.А. Булатов

Редакционный совет:
К. В. Колончин (председатель),
А. А. Байталюк, В. А. Беляев, Э. В. Бубунец
А. В. Долгов, А. В. Жигин, А. М. Каев,
А. Н. Котляр (научный редактор),
А. А. Лукин, Д. С. Павлов, Г. И. Рубан, Г. Е. Серветник,
А. А. Смирнов, Е. Н. Шадрин, В. П. Шунтов

Заведующая редакцией *Е. В. Трегубова*
Адрес редакции: 107140, Москва,
ул. Верхняя Красносельская, д. 17,
тел.: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru



FEDERAL AGENCY FOR FISHERIES

PROBLEMS OF FISHERIES

Vol. 21 issue 3 2020

July – september

Founded in 2000

Four issues every year

ISSN 0234-2774

Editor-in-chief:

O.A. Bulatov

Editorial Board:

K.V. Kolonchin (Chairman),

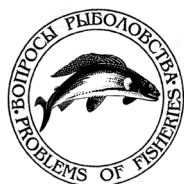
A.A. Baitalyuk, V.A. Belyaev, E.V. Bubunets,

A.V. Dolgov, A.M. Kaev,

A.N. Kotlyar (Scientific Editor), A.A. Lukin,

D.S. Pavlov, G.I. Ruban, G.E. Servetnik, E.N. Shadrin,

V.P. Shuntov, A.A. Smirnov, A.V. Zhigin



Staff Editor *E.V. Tregubova*

Address of the Editorial Office: Nr. 17,

Verkhnyaya Krasnosel'skaya, 107140, Moscow

Phone: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

- Сезонное распределение сельди в оз. Птичье (о. Сахалин)
Э.Р. Ившина 269

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

- Результаты анализа состояния придонно-глубоководной морфо-экологической группы байкальского омуля (*Coregonus migratorius*)
Н.Г. Петухова, А.Е. Бобырев, А.В. Соколов 283

УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

- Анализ эффективности размножения рыб в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища
В.А. Кузнецов, Ю.А. Северов, В.В. Кузнецов 295

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

- Особенности миграции, распределения и промысла скумбрии (*Scomber colias*) в районе ЦВА
А.И. Никитенко, Д.В. Артеменков, В.А. Беляев, А.Н. Строганов, И.В. Соболев 302

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

- О прогнозировании численности молоди Приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* на плантациях морских хозяйств Приморского края
Д.Д. Габеев 313
- Гематологические показатели муксуна (*Coregonus muksun*, *Salmonidae*) при формировании ремонтно-маточного стада в условиях рыбоводного завода
Н.Н. Романова, Н.А. Головина, П.П. Головин, Е.В. Ефремова, В.В. Вараксина 331
- Влияние витамина С на жирнокислотный состав печени и мышц двухлеток сиговых рыб (*Coregonidae*), выращиваемых в условиях аквакультуры
И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков, А.К. Шумилина, Т.А. Филатова 343

CONTENTS

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

- Seasonal distribution of herring in Ptychye Lake (Sakhalin Isl.)
E. R. Ivshina 269

DYNAMICS OF ABUNDANCE

- Results of the state analysis for deep-water morpho-ecological group of the Baikal Omul
(*Coregonus migratorius*)
N. G. Petukhova, A. E. Bobyrev, A. V. Sokolov 283

CONDITIONS FOR REPRODUCTION OF HYDROBIONTS

- The analysis of efficiency of reproduction of fishes in the Meshinsky Gulf of the Kuibyshev Reservoir
V. A. Kuznetsov, Yu. A. Severov, V. V. Kuznetsov 295

AQUATIC ORGANISMS FISHERY

- Migration, distribution and fishing of chub mackerel (*Scomber colias*) at the Central-Eastern Atlantic
A. I. Nikitenko, D. V. Artemenkov, V. A. Belyev, A. N. Stroganov, I. V. Sobolev 302

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

- About abundance forecasting juvenile of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* on plantation
mariculture of Primorsky Territory
D. D. Gabaev 313
- Hematological indices of (*Coregonus muksun, Salmonidae*) at forming rehabilitation
broodstock under conditions of an industrial fish plant
N. N. Romanova, N. A. Golovina, P. P. Golovin, E. V. Efremova, V. V. Varaxina 331
- C vitamin effect on fatty acids composition of liver and muscles of two-year-old whitefishes
(*Coregonidae*) nurtured in aquaculture
I. N. Ostroumova, V. V. Kostyunichev, A. A. Lyutikov, A. K. Shumilina, T. A. Philatova 343

СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЛЬДИ В ОЗ. ПТИЧЬЕ (О. САХАЛИН)

Э. Р. Ившина

Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, 693023
E-mail: e.ivshina@sakhniro.ru

Поступила в редакцию 10.06.2020 г.

По результатам ихтиологических съемок, выполненных в мае-ноябре 2012 г. и в феврале 2013 г. с использованием ставных сетей и закидного невода, впервые описано сезонное распределение сельди в озере (лагуне) Птичьё, юго-восточный Сахалин. На основании полученных результатов показано, что нерест сельди проходит в мае-июне. Основным нерестовым субстратом служат морские травы рода *Zostera*, бурые и красные водоросли. После размножения, рыбы мигрируют в море для нагула и в сентябре-ноябре совершают обратную миграцию в озеро для зимовки. Максимальная численность и частота встречаемости сельди наблюдались в мае и ноябре. В период наблюдений отмечалась сельдь длиной до 31 см массой до 330 г в возрасте до 8 лет. Основу скоплений сельди составляли рыбы длиной 12–22 см, массой 20–80 г в возрасте от 2 до 5 лет. Высказывается предположение о принадлежности сельди оз. Птичьё к озерной форме. *Ключевые слова:* сельдь тихоокеанская, оз. Птичьё, о. Сахалин, сезонное распределение.

ВВЕДЕНИЕ

В водах о. Сахалина выделяют несколько популяций сельди тихоокеанской *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, различающихся по биологическим, морфометрическим, экологическим характеристикам и уровню численности: сахалино-хоккайдская, декастринская, зал. Терпения, заливов северо-восточного побережья Сахалина, Сахалинского залива, оз. Тунайча и оз. Айнское. Сельдь оз. Тунайча и оз. Айнское относят к озерной форме (типу). Озерные сельди является довольно обычной формой для о. Сахалин, п-ова Камчатка, о. Хонсю и о. Хоккайдо. Нерест и зимовка всех известных популяций сельди озерной формы проходит в озерах лагунного типа (лагунах), нагул — в прилегающей морской акватории. Для сельди этой формы не характерны протяженные миграции (Пробатов, Фролов, 1951; Фролов, 1950, 1968; Iizuka, Morita, 1991; Kanno, 1982; Kobayashi, 2001; Pushnikova,

1996; Рыбникова, 1999; Takayanagi, 2000; Науменко, 2001; Трофимов, 2004; Hay et al., 2001).

До недавнего времени имелись малочисленные отрывочные сведения рыбаков-любителей о наличии сельди у юго-восточного побережья о. Сахалин в оз. Птичьё в зимние месяцы и в мае. В 2012 и 2013 г. в озере впервые выполнены ежемесячные комплексные гидробиологические и ихтиологические исследования (Заварзин, Атаманова, 2014; Лабай, Лабай, 2014; Мухаметова, 2014; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016; Мотылькова, 2018). В результате этих работ были получены данные по ихтиофауне озера в разные сезоны года, в том числе по сельди. Каких-либо опубликованных или архивных материалов по распределению, биологии или экологии сельди этого района обнаружить не удалось, за исключением неопубликованной краткой информации по ее размерному составу в июле 1991 г. В связи с этим целью

представленной работы является характеристика сезонного распределения сельди в оз. Птичье.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Ихтиологические съемки выполняли сотрудники «СахНИРО» в середине каждого месяца с мая по ноябрь 2012 г. и в феврале 2013 г. (рис. 1).

Для учета рыб ежемесячно выполнялось по единой схеме 10–13 станций активными и пассивными орудиями лова: закидным неводом (длина 50 м, высота стенки 5 м, ячея в крыльях 20 мм и в кутце 10 мм) и ставными сетями. Каждая станция в мае-ноябре включала в себя облов двумя порядками сетей с мелкой (15, 20 и 30 мм) и крупной ячеей (40, 50 и 60 мм), один порядок состоял из трех сетей длиной 90 м и высотой до 1,5 м. В феврале выставлялись сети с размером ячеи 12, 18, 20, 22 и 30 мм и использовались учебные снасти. Всего за период наблюдений выполнено 112 станций ставными сетями и 79 станций — закидным неводом, биологическим анализам и массовым промерам подвергнуто 5 537 экз. сельди (табл. 1).

В ходе обработки и анализа данных использовали общепринятые в ихтиологи-

ческих работах методики (Правдин, 1966). Статистическую обработку выполняли с применением стандартных методов (Лакин, 1990). Для расчета группового линейного роста использовали уравнение Берта-ланфи, при этом рыбы старше 5 лет и более 25 см в расчете не учитывались по причине малочисленной выборки (Рикер, 1979).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологический режим

Озеро Птичье относится к малым лагунам, расположено на восточном побережье Тонино-Анивского п-ова о. Сахалин, имеет длину 3,2 км, ширину 2,1 км, площадь — около 3,4 км². Средняя глубина озера составляет 6,6 м, максимальная — 13 м, глубины 8–10 м занимают 14%, глубины 10–12 м — 33% площади озерной котловины. Озеро соединяется с Охотским морем протокой, которая, по сути, является сезонным проливом (Бровко, 1975). Протока во время штормов обычно замыкается и прорывается после весеннего паводка, либо после сильных дождей, в отдельных случаях — после раскапывания протоки рыбаками-любителями. Так, в 2012 г. интенсивный водообмен с морем наблюдался в мае и в ноябре. Перио-

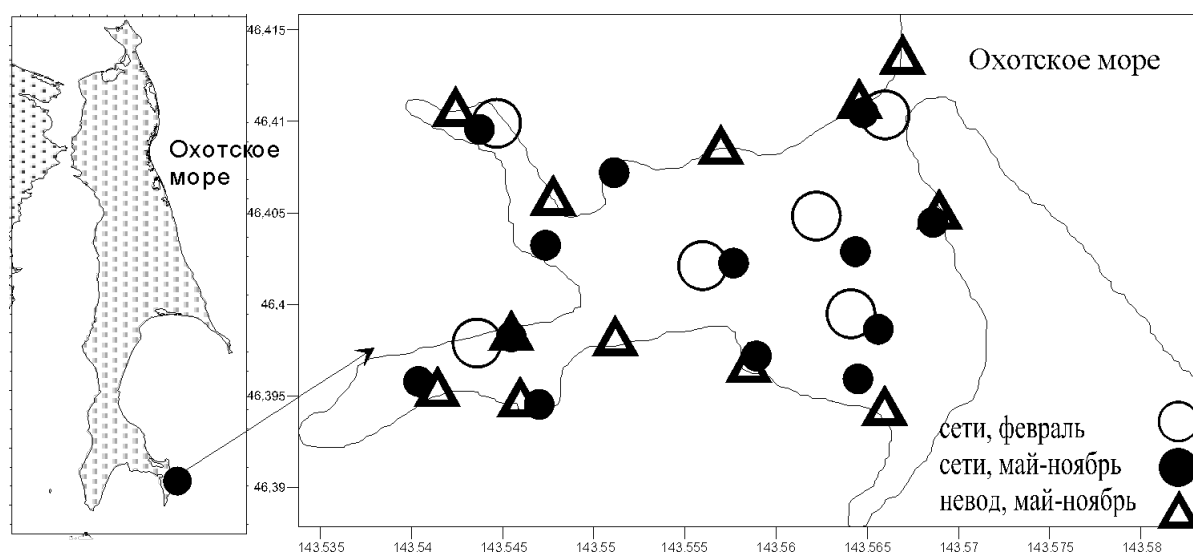


Рис. 1. Схема станций ихтиологических исследований в оз. Птичье, май-ноябрь 2012 г. (ставные сети, закидной невод), февраль 2013 г. (ставные сети).

Таблица 1. Число выполненных станций и проанализированных экземпляров сельди в оз. Птичье в 2012–2013 гг.

Орудия лова/ промеры, биоанализы	Месяцы								Общее
	12–17 мая	14–19 июня	12–17 июля	9–14 августа	18–23 сентября	10–14 октября	16–21 ноября	14–20 февраля	
ставные сети, шт.	11	11	11	13	12	12	12	30	112
закидной невод, шт.	10	11	12	12	12	11	11	-	79
проанализиро- ванных рыб, экз.	1551	1142	534	294	330	704	837	145	5537

дически протока функционировала в июле, августе и в сентябре, поскольку ее прокапывали рыбаки во время нерестового хода тихоокеанских лососей. В открытом состоянии протока находилась недолго и вновь замывалась штормами. Озеро покрыто льдом обычно с середины ноября-середины декабря до второй половины апреля-середина мая. Максимальная толщина льда достигает 1 м (Природа Корсаковского района..., 1995; Бровко, 1991; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016; Мухаметова, 2014).

Для озера характерна типичная одновершинная кривая температуры поверхностного слоя воды с максимальным прогревом в августе (средняя температура 19,72°C). Минимальная температура воды в озере наблюдается в мае (2,4°C), ноябре (5°C) и феврале (0,9°C). В придонном слое в июле – ноябре температура воды сохраняется на уровне 8,5–9,9°C (Лабай, Курилова, Шпилько, 2016).

В распределении солености воды отмечена двухслойная стратификация: верхний слой распреснен, нижний характеризуется соленостью, близкой к морской. Пикноклин в зависимости от сезона года и наличия/отсутствия закрытой протоки располагается на глубине от 2 до 5 м. Соленость озера в мае-ноябре в зависимости от удаленности от

протоки или устьев рек, впадающих в озеро, варьируется в довольно широком диапазоне, но в среднем для поверхностного слоя характерна на уровне 10–20 psu, для придонного – 28–32 psu. В зимний период (февраль) стратификация сохраняется, пикноклин располагался на глубине менее 1 м (Мухаметова, 2014; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016).

Воды озера относительно богаты кислородом, но с глубиной его содержание уменьшается. В распресненном поверхностном слое концентрация растворенного кислорода варьируется в пределах 70–90%, ниже слоя скачка в слое морской воды увеличивается до 100–140%, у дна наблюдается обедненный кислородом слой (10–50%).

Гидрохимический режим и уровень воды в лагуне определяет наличие или отсутствие перемычки, закрывающей протоку. В целом же изменения большинства параметров среды в озере связаны с явлениями сезонного характера и погодными условиями (Лабай, Лабай, 2014; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016; Мухаметова, 2014).

Размерный состав

В оз. Птичье в мае-ноябре 2012 и феврале 2013 г. в уловах сетями, закидным неводом и удочками отмечалась сельдь длиной до 31 см массой до 330 г в возрасте до

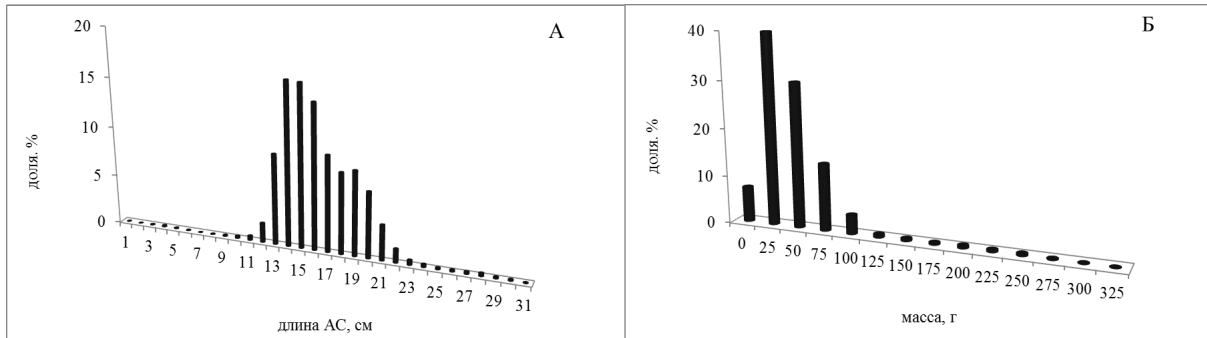


Рис. 2. Размерный (А) и массовый (Б) состав сельди в оз. Птичье в мае-ноябре 2012 г. и феврале 2013 г. (суммированные данные).

8 лет. Основу скоплений сельди составляли рыбы длиной 12–22 см, массой 20–80 г в возрасте от 2 до 5 лет. Доля рыб длиной более 25 см за весь период наблюдений не превысила 1,2%, менее 10 см — 0,7% от общего числа измеренных особей (рис. 2).

Половозрелые рыбы длиной 12–22 см доминировали в уловах во все месяцы наблюдений. Годовики длиной 8–12 см так же отмечались ежемесячно, кроме сентября, но в незначительном количестве: в разные месяцы их доля в уловах варьировалась от 0,1% (октябрь) до 1,7% (август), при максимальной встречаемости летом (средний показатель для июня-августа — 1,4%). В июле начали появляться мальки длиной 1,5–3,3 см, подростки к августу до 3,7–6,1 см (рис. 3).

Минимальный возраст половозрелых рыб зафиксирован для двухгодовиков при длине 12,0–12,2 см. Массовое половое созревание рыб приходится, вероятно, на возраст три года, при средней длине около 15 см. Сельдь оз. Птичье отличается низким темпом роста, и сравнима по этому показателю с сельдью оз. Тунайча (Пробатов, Фролов, 1951; Лабай и др., 2016). Зависимость длины (по Смитту, см) — масса (г) описывается уравнением $W=0,0067 \cdot L^{3,0984}$ (W — масса, L — длина). Зависимость длина (по Смитту, см) — возраст (лет), описываемая уравнением Берталанфи, имеет вид $L_t = 23,7 (1 - e^{(-0,451(t+0,05))})$. Низкий темп роста характерен для рыб длиной до 23–25 см. Темп роста немногочисленных рыб длиной 25–31 см был

заметно выше и близок по этому показателю к сельди зал. Терпения (Pushnikova, 1996).

Распределение

Распределение сельди в озере по данным уловов закидного невода и сетей в мае-ноябре и феврале представлено на рисунке 4.

Максимальные уловы и частота встречаемости сельди зафиксированы в мае и октябре-ноябре, минимальные — в июле-августе, как по данным уловов невода, так и ставных сетей (рис. 5, 6). В мае сельдь встречалась повсеместно, ее уловы неводом достигали в среднем 195 шт./замет (18,8 кг), сетями — 24,7 шт./порядок сетей (1,8 кг/порядок сетей). В июле-сентябре отмечались как минимальная частота встречаемости, так и минимальные уловы сельди. В ноябре уловы вновь выросли и составляли в среднем 35 экз./замет невода (1,7 кг) и 53,3 шт./порядок сетей (3,2 кг) соответственно. В феврале сельдь распределялась в пределах обследованной акватории практически на всех станциях (5 из 6), при среднем улове сетей 7,23 шт. (0,40 кг). Полученные данные показывают, что в мае рыба в своем большинстве сосредоточена на мелководье вблизи или в пределах водорослевого пояса и легко облавливается как закидным неводом, так и сетями, в осенние месяцы сельдь рассредоточивается по озеру и в меньшей степени доступна для облова закидным неводом.

В середине мая практически повсеместно встречались рыбы готовые к нересту (стадии зрелости гонад IV, IV–V), нере-

стящиеся (стадии зрелости гонад V, V–VI), либо недавно отнерестившиеся (стадии зрелости гонад VI, VI–II). В середине июня такие рыбы присутствовали на отдельных станциях, а в середине июля посленерестовые рыбы отмечены только в протоке на выходе в море (рис. 7). В других точках озера (рис. 2) в июне и июле рыбы были на II и III стадиях зрелости гонад.

Соотношение рыб по стадиям зрелости гонад в мае-июне представлено на рисунке 8. В сетных и неводных уловах во второй декаде мая 2012 г. подавляющее большинство рыб (73%) находилось в преднерестовом состоянии, нерестились менее 1% рыб и примерно 26% рыб были в посленерестовом состоянии. В середине июня уже более 90% были посленерестовыми, а в середине июля все рыбы отнерестились. Однако, исходя из наличия рыб в уловах во второй декаде июля на стадии зрелости гонад VI и VI–II, нерест сельди в первой декаде июля еще продолжался. В другие месяцы наблюдений стадии зрелости гонад изменялись от II и III в летние месяцы до III и IV – в феврале.

В озере сельдь питалась слабо в течение всего периода наблюдений. Максимальное число рыб с пищей в желудках (63%) и максимальный средний балл наполнения желудков (0,78) отмечен в мае. По стадиям зрелости гонад накормленность рыб распределялась следующим образом: стадия зрелости гонад II и III – средний балл наполнения желудков 1,49, IV, IV–V – 0,65, V – 0 и VI, VI–II – 1,25 соответственно. Рыбы длиной 10–12 см имели средний балл наполнения желудков 1,0, длиной 12–25 см – 0,85 и наиболее крупные рыбы длиной более 25 см – не питались. В летние месяцы в среднем наполнение желудков варьировалось от 0,06 в июне до 0,69 баллов в августе. Минимальные показатели накормленности сельди наблюдались в феврале. В этом месяце средний балл наполнения желудков рыб в озере оставил 0,02 балла, доля рыб с пищей в желудках – 1,6%, тогда как, например, в ноябре эти показатели были выше и составляли 0,27 балла и 25,8% соответственно.

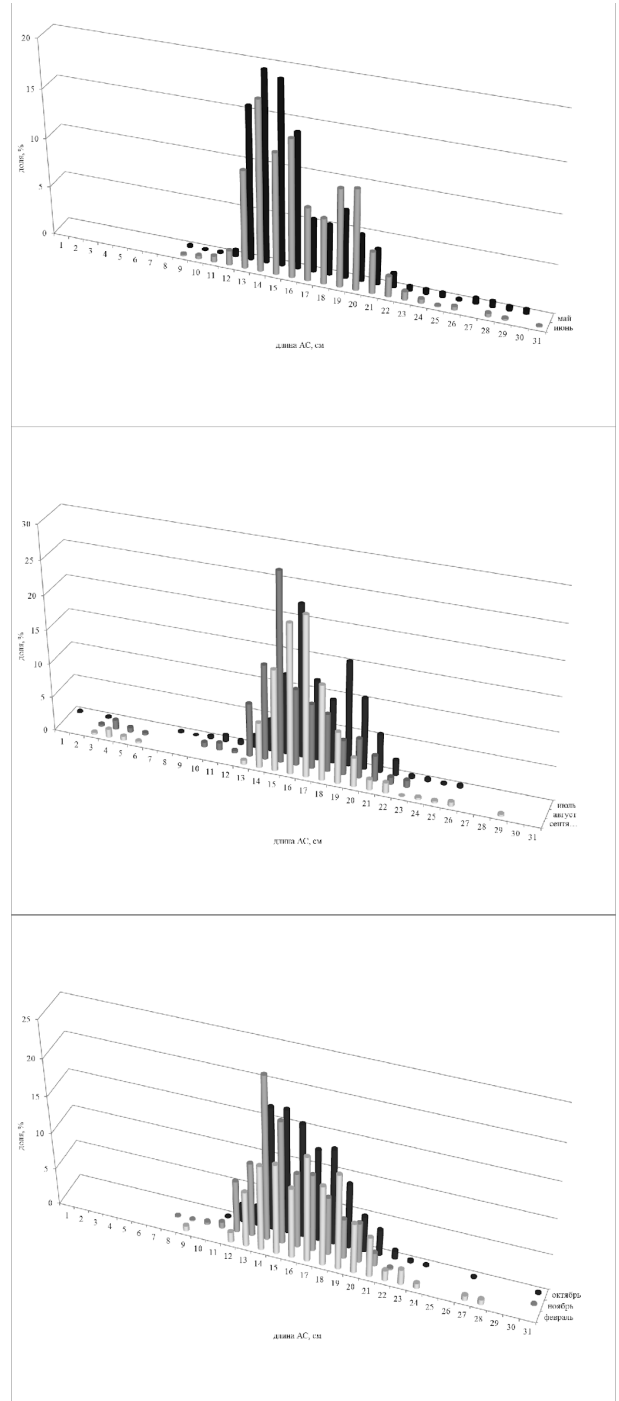


Рис. 3. Размерный состав сельди в оз. Птичье в разные месяцы в 2012–2013 гг.

ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам наблюдений 2012–2013 гг. можно констатировать, что сельдь в оз. Птичье отмечается в течение всего года. Показанное распределение сельди в лагуне в разные месяцы является следствием сезон-

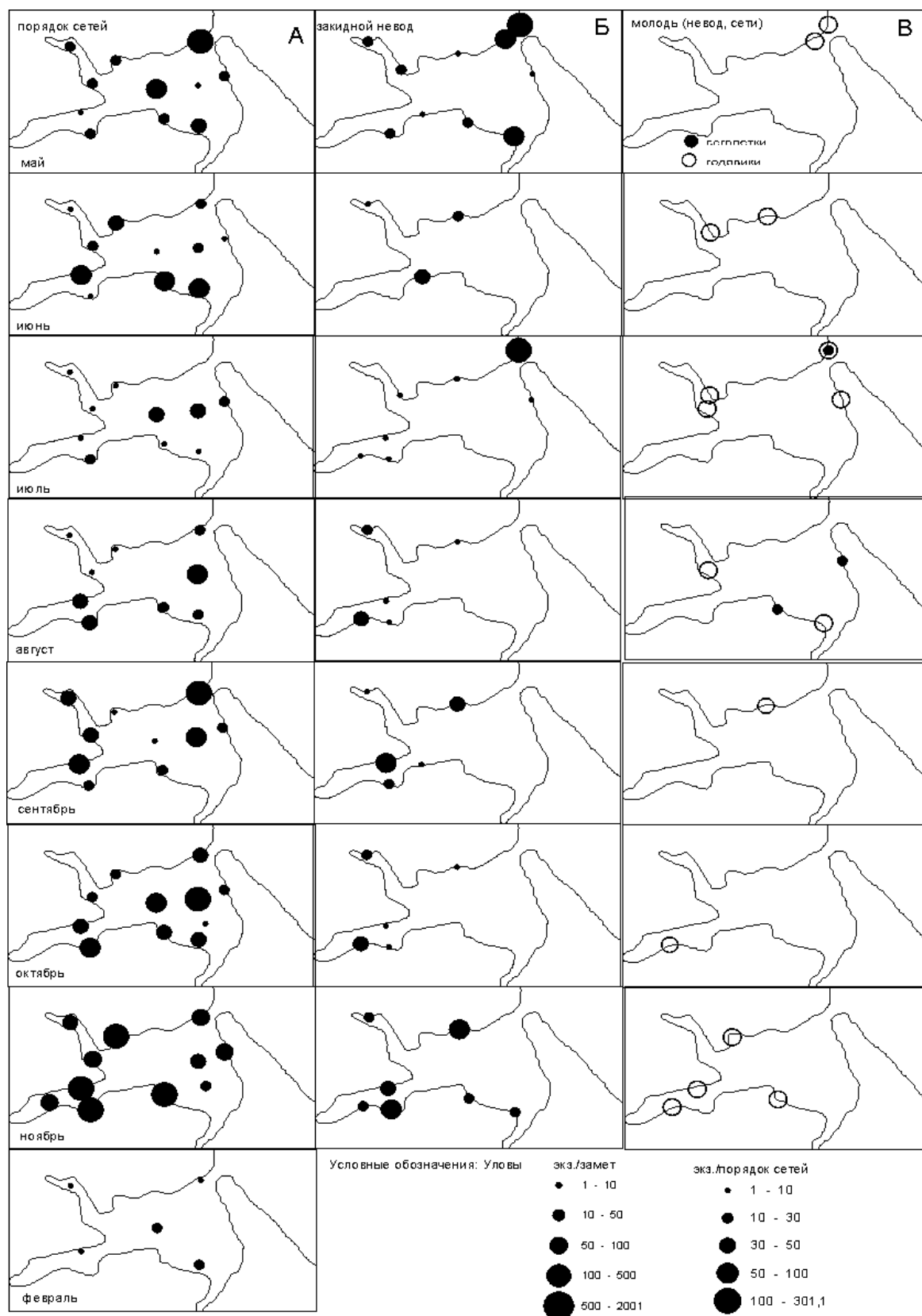


Рис. 4. Распределение сельди в оз. Птичье в мае-ноябре 2012 г. и феврале 2013 г. по данным уловов ставных сетей (А), закидного невода (Б) и молоди по данным уловов закидного невода и ставных сетей (В).

СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЛЬДИ В ОЗ. ПТИЧЬЕ

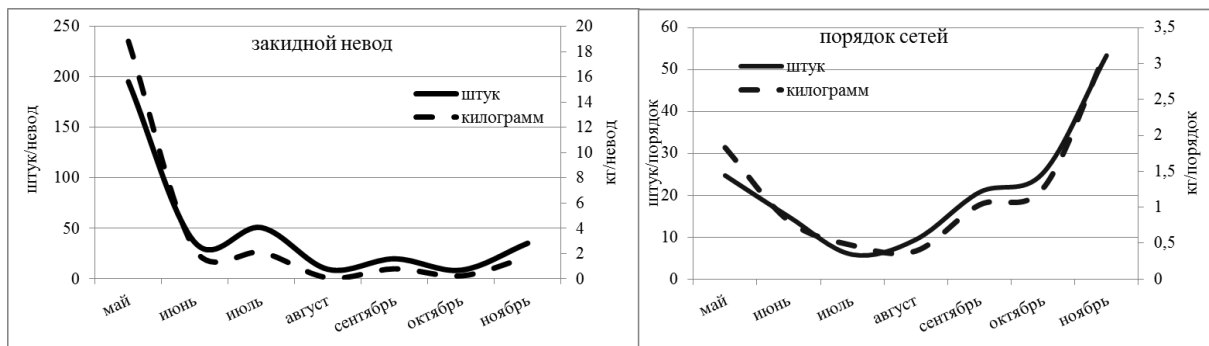


Рис. 5. Уловы сельди в оз. Птичьё в 2012 г. (средненные показатели с учетом станций без улова).

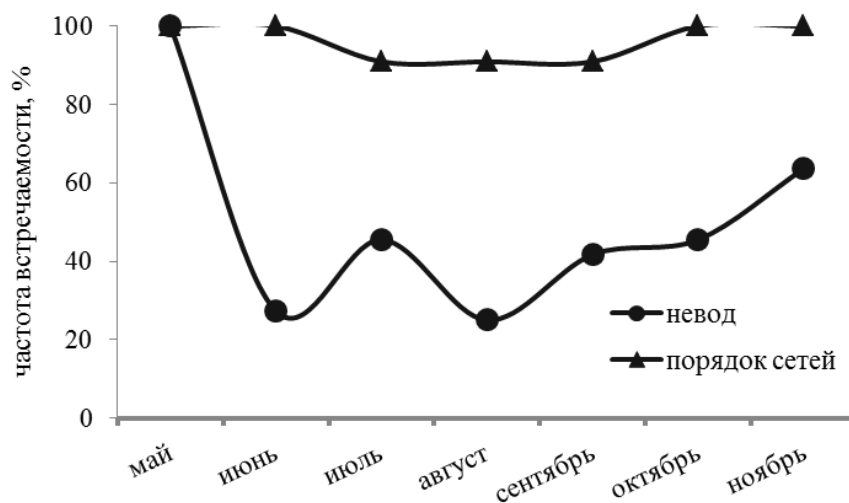


Рис. 6. Частота встречаемости сельди в оз. Птичьё в 2012 гг.

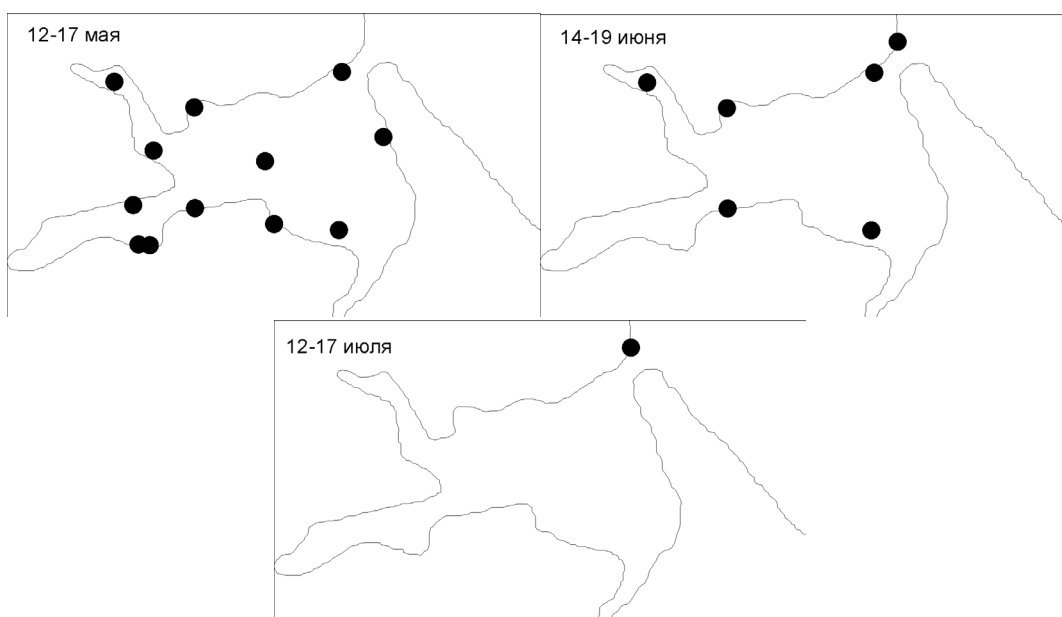


Рис. 7. Распределение сельди на стадиях зрелости гонад IV–V, V, V–VI, VI и VI–II в оз. Птичьё в мае-июле 2012 г. (ставные сети, закидной невод).

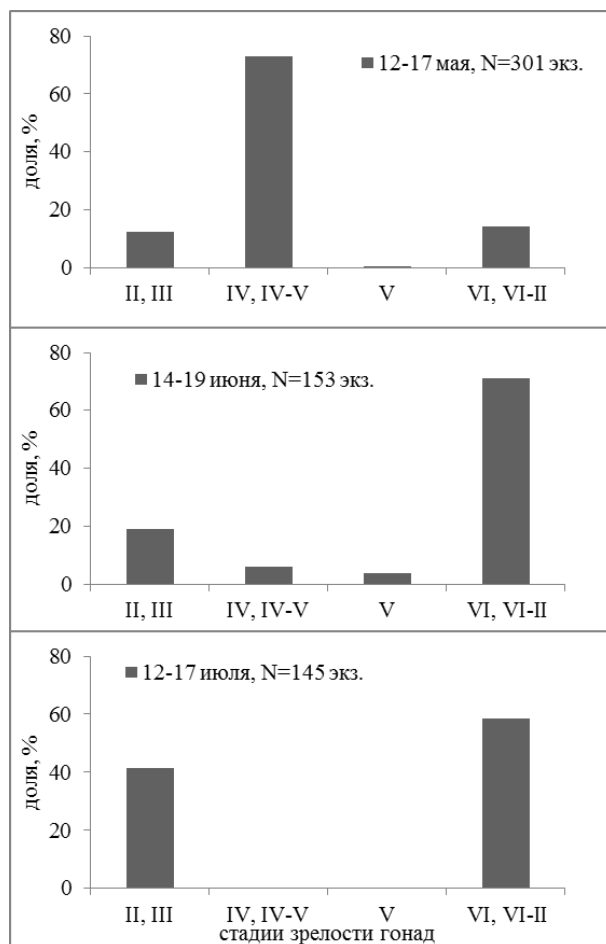


Рис. 8. Соотношение сельди по стадиям зрелости гонад в оз. Питичье в мае-июле 2012 г.

ных миграций сельди из озера в море на нагул и обратно для зимовки и последующего нереста, что характерно для всех сельдей озерной формы (типа) (Фролов, 1968; Науменко, 2001; Трофимов, 2004; Iizuka, Morita, 1991).

Из имеющихся данных следует, что нерест сельди проходит непосредственно в лагуне во второй декаде мая — первой декаде июля, с пиком в третьей декаде мая — первой декаде июня. У побережья о. Сахалин размножение тихоокеанской сельди, в том числе озерных форм (оз. Тунайча, оз. Айнское), проходит, как правило, в мае-июне и длится до 1–1,5 месяцев. Одним из основных факторов, определяющим сроки нереста рыб, считается температурный режим. Нерест сельди начинается при температуре воды около 1–3°C, заканчивается при температуре воды порядка 10–13°C (Душкина,

1988; Науменко, 2001, Трофимов, 2006). Например, на п-ове Камчатка сельдь озер Нерпичье, Калыгирь и Вилюй нерестится в мае-июле на мелководьях и в устьях рек при температуре воды 1,7–13,5°C (Трофимов, 2004), в зал. Аккешы и оз. Аккешы (о. Хоккайдо) в марте-мае при температуре воды от 0°–0,5° — до 2°–5°C (Iizuka, Morita, 1991; Shirafuji et al..., 2018). На о. Сахалин сельдь в оз. Тунайча (восточный Сахалин) и оз. Айнское (западный Сахалин) начинает нереститься с освобождением озера ото льда в апреле-мае при температуре воды близкой к 1–2°C. Соленосный режим, складывающийся в озерах лагунного типа, не является ограничивающим фактором для нереста сельди, поскольку этот вид рыбы является эвригалинным. Для сельди, в том числе ее озерной формы, характерен нерест в водах

с относительно низкой соленостью и возможен при показателях от 2–6‰ (Фролов, 1950, 1968; Душкина, 1988; Трофимов, 2003, 2004; Лабай и др., 2016).

В оз. Птичье температура и соленость воды (Природа Корсаковского района, 1995; Лабай, Лабай 2014; Заварзин, Атаманова, 2014) в целом, в мае-июне являются вполне подходящими для нереста сельди. Так, в период нереста сельди в 2012 г. средняя температура воды увеличилась от 2,6 в мае до 9,3 °С в июне, соленость варьировалась в среднем от 5–6 до 24–26 psu.

Озеро Птичье является пригодным для нереста и по критерию наличия нерестового субстрата. Как известно, тихоокеанская сельдь в качестве нерестового субстрата выбирает различные виды макрофитов, предпочитаемыми из которых являются морские травы, что, в целом, характерно и для сахалинских вод (Фридлянд, 1951; Фролов, 1968; Гриценко, Шилин, 1979; Науменко, 2001; Ившина, 2007). Сельдь озерной формы нерестится на различном растительном субстрате: в оз. Тунайча — это рдесты р. *Potamogeton*, кладофора р. *Cladophora* (Лабай и др., 2016), в оз. Айнское — японская zostера *Zostera japonica*, различные виды рдестов и зеленые водоросли *Cladophora fracta* и *Blidingia subsalsa* (Никитин и др., 2013), в озерах Камчатки — морские травы родов *Zostera* и *Phyllospadix*, зеленые водоросли (р. *Urispora*) (Трофимов, 2004).

В оз. Птичье нерестовым субстратом для икры сельди могут служить большинство из отмеченных в озере макрофитов, заселяющих мелководья полосой шириной от 10 до 100 м. Основу сообщества макрофитов на глубинах до 3–4 м составляют, согласно неопубликованным данным Л.С. Ширманкиной (2004 г.), *Fucus evanescens* (удельная биомасса 0,087 кг/м²), *Zostera marina* (0,504 кг/м²), *Zostera japonica* (0,042 кг/м²). Кроме того, растительное сообщество представлено бурыми *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Sargassum miyabei* и красными *Neohyrophyllum middendorffii*, *Neoptilota asplenioides*, *Neorhodomella* sp. водоросля-

ми. Аналогичные данные приводит в своей работе Лабай В.С. с соавторами (2016): от нижнего горизонта литорали до глубины порядка 3 м основу биомассы макрофитов в лагуне формируют цветковые растения *Zostera marina* и *Zostera noltei* и водоросли *Neosiphonia japonica*, *Sargassum miyabei*, *Fucus evanescens*. Все исследования показали отсутствие (или крайне низкую) биомассу макрофитов в центральной, относительно глубоководной, части озера.

В середине июня 2012 г. в составе ихтиопланктона отмечены в единичном количестве личинки сельди (Мухаметова, 2014). Несмотря на их малочисленность (3 экз., длина 7,86–8,50 мм) в уловах О.Н. Мухаметова в неопубликованной работе (2013) указывает, что личинки сельди распределялись по обширной акватории озера в пределах водорослевого пояса, занимающего всю прибрежную зону. Личинки, как известно, обитают в районе нерестилиц до периода полного рассасывания желточного мешка и перехода на активное питание и не разносятся течением далеко от мест выклева (Фридлянд, 1951; Дарда, 1960; Iizuka, Morita, 1991). Следует отметить, что слабая улавливаемость личинок сельди отмечена и в оз. Тунайча и водах о. Хоккайдо (Iizuka, Morita, 1991; Moukhametova, 2002; Лабай и др., 2016).

Периодический водообмен озера с морем, судя по распределению рыб в разные месяцы, не является существенным препятствием для сезонных миграций сельди. Так, например, годовики отмечаются в озере практически во все месяцы наблюдений (рис. 2). Несмотря на их малочисленность, можно полагать, что рыбы этой возрастной категории встречаются в озере как минимум с мая по ноябрь, совершая периодические миграции. Аналогичное поведение известно для молоди сельди северо-восточного побережья о. Сахалин, появление которой эпизодически отмечается в заливах в летние и осенние месяцы и связывается с гидрологическими условиями (Фролов, 1968; Земнухов, 2008). Наличие некоторой части молоди в течение

года в акватории лагуны, в том числе в летний период, вероятно, является обычным явлением для сельди озерной формы и отмечено, например, для озер Вилюй, Нерпичье, Ноторо, Аккеша (Кондрашенков, Трофимов, 2000; Трофимов, 2004; Iizuka, Morita, 1991; Kanno, Fukuda, 1993).

Половозрелая сельдь в озере отмечена во все месяцы наблюдений с максимальными уловами и частотой встречаемости в мае-июне и октябре-ноябре (рис. 5). Минимальные уловы и частота встречаемости приходится на июль-сентябрь, то есть гидрологическое лето (Пищальник, Бобков, 2000; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016) — сезон активного нагула сельди в море (Дружинин, 1970). При этом размерный состав рыб в течение всего периода наблюдений практически не изменялся, основу уловов во все сезоны года составляли рыбы длиной 12–22 см (рис. 4). В нагульный период рыбы старших возрастов длиной более 25 см в озеро почти не заходили и встречались единично только во время зимовки и нереста. Такое распределение может являться следствием миграционной активности рыб старшего возраста в нагульный период и удаленностью их от побережья (Дружинин, 1962; Науменко, 2001; Трофимов, 2004).

Одним из факторов, объясняющих миграцию сельди из озера в море для нагула, является и низкая обеспеченность пищей в летний период в озере (Трофимов, 1999). Несмотря на то, что, общая биомасса зоопланктона в летние месяцы в оз. Птичье достигает максимальных величин в течение года (до 500–800 мг/м. куб) он в основном представлен особями, слишком мелкими для питания взрослых рыб-планктофагов (Заварзин, Атаманова, 2014). Питание сельди в нерестовый период, хотя и не встречается повсеместно, не является чем-то необычным (Трофимов, Науменко, 2000) и зафиксировано также и для оз. Птичьего в 2012 г. Максимальная накормленность рыб в мае-июне была отмечена для рыб в посленерестовом состоянии длиной до 25 см, что, в общем, является обычным для сельди по-

сле нереста (Дружинин, 1962). В отличие от половозрелых рыб, для личинок сельди обеспеченность пищей в лагуне может быть достаточной — максимальное развитие яиц и науплий копепод и эвфаузиевых, предпочитаемой пищи личинок сельди (Покровская, 1957; Iizuka, Morita, 1991; Kanno, Fukuda, 1993) наблюдалось в мае и июне, как в озере, так и в сопредельной морской акватории (Заварзин, Атаманова, 2014), и совпало с периодом выклева.

Обратная миграция сельди в озеро, судя по распределению, уловам и частоте встречаемости рыб (рис. 4–6) начинается в сентябре и, в основной массе, заканчивается в ноябре. Сходные сроки зимовальной миграции сельди известны для оз. Тунайча, относительно близко расположенного к оз. Птичьему (Фролов, 1968; Лабай и др., 2016) и других озерных сельдей (Трофимов, Науменко, 2000).

В ноябре, после захода в озеро, сельдь распространяется повсеместно по акватории, на что указывают точки ее поимки (рис. 5). Величина уловов и частота встречаемости, размерный состав сельди в ноябре и феврале, соответствующий в целом таковому в другие сезоны года, позволяет предполагать ее зимовку в озере. Основные скопления рыб сосредоточены, по-видимому, в восточной и центральной наиболее глубокой части озера. Подтверждается такое мнение и сведениями рыбаков-любителей по уловам в зимние месяцы в озере. В зимний период (февраль) температурный и соленостный режим для зимовки сельди довольно благоприятный. Так, согласно заключению В. С. Лабая с соавторами (2016), в озере в ноябре и феврале пикноклин располагается на глубине 1–3 м, ниже пикноклина соленость превышает 25‰, а температура воды в озере довольно стабильная и составляет около 2–4°C.

В зимние месяцы пищевая активность сельди, как известно, существенно снижается (Дружинин, 1962, 1970; Науменко, 2001; Трофимов, 2004), что выявлено и для сельди оз. Птичье. На фоне этого, низкие биомассы зоопланктона (25 мг/куб. м) в озере в этот

период, вероятно, не являются ограничивающим фактором для ее зимовки в озере. Кроме того, имеются факты питания озерной сельди зимой не только излюбленной пищей, но представителями бентоса и нектобентоса (Трофимов, 1999, 2003; Kanno, 1991), которые наряду с основными группами зоопланктона, составляющими до 85%, сообщества, также представлены и в оз. Птичье (Заварзин, Атаманова, 2014; Лабай, Курилова, Шпилько, 2016;).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сезонные исследования ихтиофауны в озере (лагуне) Птичье, впервые выполненные в 2012–2013 г., позволяют предполагать наличие здесь популяции сельди озерной формы. Нерест сельди в озере проходит в мае-июле, массовый нерест приходится на третью декаду мая – первую декаду июня. Основным нерестовым субстратом служат морские травы р. *Zostera* и бурые и красные водоросли, произрастающие до глубины 3–4 м. После нереста рыбы мигрируют в море для нагула и в сентябре-ноябре совершают обратную миграцию в озеро для зимовки. В летние месяцы численность рыб в озере минимальная, и обусловлена, вероятно, случайными заходами рыб с моря. Зимовка основной массы сельди проходит в наиболее глубокой восточной и центральной части озера.

Благодарности

Автор выражает благодарность доктору биологических наук заведующему лабораторией гидробиологии Сахалинского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («СахНИРО») В.С. Лабая за предоставленные материалы по гидробиологии оз. Птичье и ценные замечания, которые были учтены при подготовке представленной работы, всем специалистам, принимавшим участие в сборе, обработке первичных материалов и выполнении ихтиологических съемок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бровко П.Ф. Типы лагунных проливов острова Сахалин // Вопросы географии Тихого океана и притихоокеанских районов. 1975. С.46–53.

Бровко П.Ф. О классификации лагун // Береговая зона дальневосточных морей. Л.: Изд-во ГО СССР, 1991. С. 40–55.

Гриценко О.Ф., Шилин Н.И. Экология размножения сельдей Ныйского залива (Сахалин) // Биол. моря. 1979. № 1. С. 58–65.

Дарда М.А. О распределении личинок и сеголетков сельди у юго-западного побережья Сахалина // Сб. работ по биологии, технике рыболовства и технологии. Южно-Сахалинск: СахТИНРО, 1960. Вып. 1. С. 15–26.

Дружинин А.Д. Биологическая характеристика нагульной сельди в водах Сахалина: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград: 1962. 32 с.

Дружинин А.Д. Изменения упитанности сельди у берегов Сахалина // Тр. ВНИРО. 1970. Т. 71. Вып. 2. С. 220–225.

Душкина Л.А. Биология морских сельдей в раннем онтогенезе. М: Наука, 1988. 192 с.

Заварзин Д.С., Атаманова И.А. Сезонная динамика зоопланктона озера Птичье и прилегающего морского побережья южного Сахалина // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток. 2014. Вып. 6. С. 239–249.

Земнухов В.В. Ихтиофауна залива Пильтун: (Северо-Восточный Сахалин): состав, экология, происхождение: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ, 2008. 24 с.

Ившина Э.Р. Характеристика нерестилищ тихоокеанской сельди у юго-восточного побережья о. Сахалин в 2000–2006 гг. // Труды СахНИРО. 2007. Т. 9. С. 37–45.

Кондрашенков Е.Л., Трофимов И.К. Использование экспериментального бим-трапа для изучения распределения сеголетков сель-

ди в Камчатском заливе // Тез. докл. Второй областной науч. практич. конф.: Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 62.

Лабай В.С., Лабай С.В. Суточные вертикальные миграции высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в лагунном озере Птичьё (южный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток. 2014. Вып. 6. С. 369–379.

Лабай В.С., Курилова Н.В., Шпилько Т.С. Сезонная изменчивость макрозообентоса в лагуне с периодической связью с морем (озеро Птичьё, Южный Сахалин) // Зоол. журнал. 2016. Т. 95, № 5. С. 524–539.

Лабай В.С., Заварзин Д.С., Коновалова Н.В. и др. Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2016. 239 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. Структура и сезонная динамика фитопланктона лагунного озера Птичьёго (Южный Сахалин) // Сб. науч. трудов КамчатНИРО: Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2018. Вып. 50. С. 63–76.

Мухаметова О.Н. Особенности формирования лагунных ихтиопланктонных комплексов на примере озера Птичьёго (юго-восточный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток. 2014. Вып. 6. С. 453–463.

Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. 334 с.

Никитин В.Д., Метленков А.В., Прохоров А.П. и др. Видовая структура и численность круглоротых и рыб озера Айнское (остров Сахалин) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. 2013. Т. 14. С. 96–128.

Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2000. Часть I. 174 с.

Покровская И.С. Питание личинок сахалинской сельди // Изв. ТИНРО. 1957. Т. 44. С. 39–56.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966, 376 с.

Природа Корсаковского района. Владивосток: ДВГУ, 1995. 96 с.

Пробатов А.Н., Фролов А.И. Сельдь озера Тоннай // Изв. ТИНРО. 1951. Т. 35. С. 97–104.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 408 с.

Рыбникова И.Г. Популяционная структура тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Valenciennes) Японского и Охотского морей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ, 1999. 23 с.

Трофимов И.К. О питании тихоокеанской сельди *Clupea pallasii pallasii* камчатских озер Нерпичье и Вилюй в морской и пресноводный период жизни // Вопр. ихтиологии. 1999. Т. 39. С. 375–383.

Трофимов И.К. О расположении мест зимних скоплений и нерестилищ сельди *Clupea pallasii* в камчатских лагунах (озерах) Нерпичье, Калыгирь и Вилюй // Тез. докл. 4-й науч. конф.: Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Петропавловск-Камчатский, 2003. С. 222–223.

Трофимов И.К., Науменко Н.И. Некоторые аспекты биологии тихоокеанской сельди *Clupea pallasii pallasii* озер Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2000. Вып. 5. С. 12–18.

Трофимов И.К. Озерные сельди Камчатки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. 23 с.

Трофимов И.К. О влиянии температуры и солености воды, качества нерестового субстрата на размножение тихоокеанской

- сельди // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 111–121.
- Фридлянд И.Г. Размножение сельди у юго-западного берега Сахалина // Изв. ТИНРО. 1951. Т. 35. С. 105–145.
- Фролов А.И. О локальных формах сахалинской сельди // Изв. ТИНРО. 1950. Т. 32. С. 65–71.
- Фролов А.И. Распределение и условия обитания озерных сельдей в водах Сахалина // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 65. С. 20–34.
- Hay D. E., Toreson R., Stephenson R. et al. Taking stock: an inventory and review of world herring stocks in 2000 // Proc. Symposium Herring 2000: Expectations for a New Millennium, 23–26 February, 2000, Anchorage, Alaska, USA. 2001. P. 381–454.
- Iizuka A., Morita S. Review of herring fishery and its biological research Japan // Mar. Behav. Physiol. 1991. V. 18. P. 227–302.
- Kanno Y. On subpopulation of herring *Clupea pallasii* in the Okhotsk Sea adjacent to Hokkaido // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1982. V. 48, No. 6. P. 755–762.
- Kanno Y. On the Life History of Herring *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes in the Brackish Lake Notoro Hokkaido. Reproductive characteristics and feeding habits // Bull. of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. 1991. V. 32 (4). P. 316–328.
- Kanno Y., Fukuda K. Monthly occurrence of planktonic organisms and the feeding habits of inherent herring in Notoro lake, Hokkaido // Bull. of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. 1993 V. 44 (4). P. 158–170.
- Kobayashi T. Biological Characteristics and Stock Enhancement of Lake Furen // Herring Distributed in Northern Japan // Symposium Herring 2000: Expectations for a New Millennium, 23–26 February, 2000, Anchorage, Alaska, USA. 2001. P. 573–575.
- Moukhametova O. N. Some data about spawn of Pacific herring *Clupea pallasii* in the Lake of Tunaicha (Southeastern Sakhalin) // Abstracts of First International Symposium on Fish Biodiversity of Amur River fresh waters and adjacent rivers, 29 October – 1 November 2002. Khabarovsk, Russia, 2002. P. 26–27.
- Pushnikova G. M. Features of the Southwest Okhotsk Sea Herring // PICES Scientific Report. 1996. N. 6. P. 378–383.
- Shirafuji N., Nakagawa T., Murakami N. et al. Successive use of different habitats during the early life stages of Pacific herring *Clupea pallasii* in Akkeshi waters on the east coast of Hokkaido // Norio Shirafuji, Toru Nakagawa, Naoto Murakami, Sayaka Ito, Toshihiro Onit-suka, Taizo Morioka, Yoshiro Watanabe // Fisheries Science. 2018. V. 84. P. 227–236.
- Takayanagi T. Ecological peculiarities of the local herring distributing in the Sea of Japan off the shores of Hokkaido // Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Resources and Aquaculture Series. 2000. V. 48: P. 11–18 (in Japanese).

SEASONAL DISTRIBUTION OF HERRING IN PTYCHYE LAKE
(SAKHALIN ISL.)

E. R. Ivshina

Sakhalin branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography (SakhNIRO),
Yuzhno-Sakhalinsk, 693023
E-mail: e.ivshina@sakhniro.ru

Based on the results of ichthyological surveys carried out in May-November 2012 and in February 2013 using fixed net and beach seine the seasonal distribution of herring in Ptichye Lake (lagoon) on south-eastern Sakhalin was first described. Herring spawning was show to occur in May-June. The main spawning substrate is sea grasses of the genus *Zostera*, brown and red algae. After spawning, fish migrate to the sea for feeding and in September-November

they migrate back to the lake for wintering. Maximum herring numbers and frequency are observed in May and November. During the observation period, herring up to 31 cm long and weighing up to 330 g at the age of 8 years was noted. The basis of herring aggregations was fish 12–22 cm long, weighing 20–80 g at the age of 2 to 5 years. It is suggested that the herring of Lake Ptichye belongs to the type lake herring.

Key word: Pacific herring, lake Ptichye, Sakhalin island, seasonal distribution.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

УДК 639.2.058; 639.2.053:597–152.6; 639.211.4 (282.256.341) DOI: 10.36038/0234-2774-2020-21-283-294

**РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРИДОННО-ГЛУБОКОВОДНОЙ
МОРФО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ
(*COREGONUS MIGRATORIUS*)**

© 2020 г. Н.Г. Петухова¹, А.Е. Бобырев^{1,2}, А.В. Соколов^{3,4}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, 107140

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва, 119071

³ Байкальский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (БайкалНИРО), г. Улан-Удэ, 670034

⁴ Калининградский государственный технический университет (КГТУ), г. Калининград, 236022

E-mail: ng _ petukhova@mail.ru

Поступила в редакцию 7.07.2020

В работе представлены результаты количественного анализа состояния придонно-глубоководной морфо-экологической группы байкальского омуля, рассматриваемой как отдельная единица запаса. Имеющееся информационное обеспечение позволило применить когортную модель, реализованную в программных комплексах TISVPA и Синтез. Последний был применен впервые для оценки придонно-глубоководной морфо-экологической группы байкальского омуля. Оценки биомассы запаса, полученные в двух программных комплексах, подтвердили вывод о непрерывном уменьшении численности запаса, полученный ранее другими исследователями. В мировой рыбохозяйственной практике восстановление запаса подразумевает увеличение численности запаса до определенного биологического ориентира. В настоящем исследовании в качестве целевого ориентира предлагается использовать величину биомассы, при которой запас продуцирует максимальную прибавочную продукцию. По результатам расчетов в программном комплексе Combi оценка такой биомассы составила 1–281 т. Выполненный анализ показал, что в силу сокращения нерестовой биомассы запаса в годы перед введением моратория на вылов, пополнение не сможет обеспечить восстановление промыслового запаса до целевого ориентира по биомассе в ближайшие 5 лет.

Ключевые слова: байкальский омуль *Coregonus migratorius*, оценка запасов, математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В результате адаптации байкальского омуля (*Coregonus migratorius* (Georgi, 1775)) к условиям различных биотопов оз. Байкал у вида образовались различные морфо-экологические группы (МЭГ): придонно-глубоководная, пелагическая и прибрежная (Смирнов, Шумилов, 1974; Калягин, Майстренко, 1997; Смирнов и др., 2009). Придонно-глубоководная

МЭГ освоила придонные слои склоновой зоны всемирно известного водоема, за что и получила свое название. Несмотря на то, что особи встречаются на глубине от 20 до 350 м, большая часть сконцентрирована на относительно большой глубине от 100 до 350 м (Смирнов, 1997).

Придонно-глубоководная МЭГ в основном состоит из посольской, чивыркуйской и кикинской популяций, особи которых ми-

грируют на нерест в реки Большая, Култушная, Толбозиха, Абрамиха, Большой и Малый Чивыркуй, Безымянка, Халури, Кика и др. Наиболее многочисленной из трех популяций является посольская (Майстренко, Майстренко, 2007). Состояние этой популяции вызывает особый интерес, поскольку поддержание ее численности осуществляется только за счет искусственного воспроизводства, осуществляемого на Большереченском рыбобродном заводе (Воронова и др., 2015, Черняев, 2017).

Высокая промысловая ценность байкальского омуля является причиной его массового вылова. Промысел омуля ведется сетями, а также закидными и ставными неводами. Неуклонное сокращение биомассы его запасов (Петерфельд, Соколов, 2016; Соколов и др., 2018), в том числе придонно-глубоководной МЭГ, послужило поводом для введения в октябре 2017 г. моратория на его промышленный и любительский вылов с некоторыми исключениями (Соколов, Петерфельд, 2018), действие которого продолжается и в настоящее время. В период запрета на вылов мониторинг состояния запасов особенно важен, поскольку от полученных результатов зависят дальнейшие меры по восстановлению запасов эндемика. Основной целью настоящей работы является оценивание состояния придонно-глубоководной МЭГ, принятой за единицу запаса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Ретроспективный анализ состояния запаса основан на данных Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» о биологии и промысле придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля за период с 1995 по 2017 гг. Данные включали в себя следующую информацию:

- статистику годовых уловов (включая экспертную оценку величины неучтенного вылова),
- возрастной состав уловов в процентном выражении,

- среднюю массу особей по возрастным группам и годам промысла,
- оценки мгновенного коэффициента естественной смертности по возрастным группам,
- среднегодовые оценки темпа созревания рыб по возрастным группам,
- оценки уловов на единицу промыслового усилия (среднегодовой вылов на сетевой порядок длиной 2,0 км);
- усилия, выраженные в условных единицах.

Первичная информация об уловах на усилие была общей для всех трех морфо-экологических групп байкальского омуля и выражена в т. Индексы численности придонно-глубоководной МЭГ рассчитаны как доля общего улова на усилие, соответствующая доле уловов придонно-глубоководной МЭГ в общих годовых уловах всех морфо-экологических групп. Для выражения полученной величины в тыс. экз. уловы на усилие придонно-глубоководной МЭГ (в т) делились на средневзвешенную массу особей основных возрастных групп, встречающихся в промысловых уловах. Численность каждого поколения в уловах рассчитана в соответствии с его долей в возрастном составе.

При выполнении исследований приняты допущения о постоянстве темпа созревания особей придонно-глубоководной МЭГ (рис. 1), а также мгновенных коэффициентов естественной смертности (таблица) на протяжении всего рассматриваемого периода.

Информационное обеспечение исследуемой единицы запаса позволяет применить для оценки ее состояния когортные модели динамики численности, особенностью которых является представление популяции в виде совокупности отдельных поколений, численность каждого из которых убывает под воздействием промысла и природных факторов. В настоящей работе использовался программный комплекс (ПК) TISVPA (Васильев, 2006). В качестве проверочной модели был применен ПК Синтез (Ильин, 2009). Данные программные комплексы

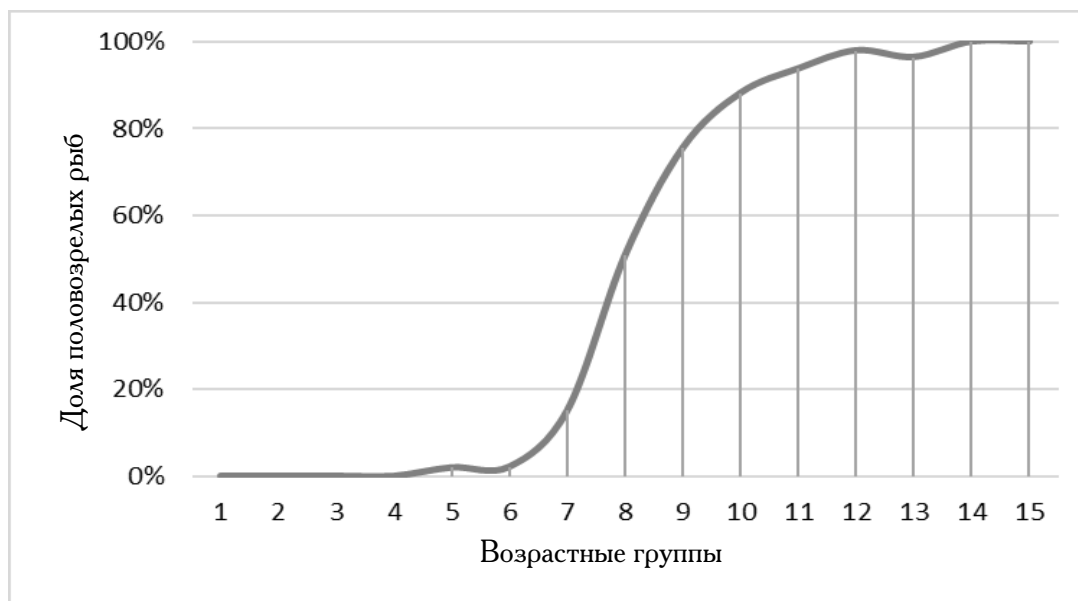


Рис. 1. Огиба созревания придонно-глубоководного байкальского омуля (общая для самцов и самок).

Таблица. Мгновенные коэффициенты естественной смертности (М) придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля

Возрастная группа	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+
М	0,25	0,24	0,23	0,23	0,23	0,24	0,26	0,3	0,36	0,47	0,74

входят в рекомендуемый перечень современного программно-методического инструментария для оценки запасов водных биоресурсов (Бабаян и др., 2018).

В расчетах ПК TISVPA использовалась версия модели с двухпараметрической аппроксимацией коэффициентов эксплуатации. В качестве метода оценки параметров выбрано обеспечение несмещенности оценок логарифмов численности уловов. Видом компонент целевой функции модели для возрастного состава уловов послужила минимизированная медиана распределения квадратов логарифмических остатков; для данных по уловам на единицу усилия — сумма квадратов логарифмических остатков. Целевая функция формировалась в виде взвешенной суммы описанных выше двух компонент. В расчетах выбран вариант модели, при котором допускалось наличие ошибок в дан-

ных, как по возрастному составу уловов, так и в описании устойчивости селективных свойств промысла.

В ПК Синтез применялась процедура расчета с минимизацией целевой функции по алгоритму Левенберга-Марквардта (частный случай). Для настройки модели использовались данные об уловах придонно-глубоководной МЭГ на единицу промыслового усилия. Видом компоненты целевой функции для уловов по возрастным группам выбрана сумма квадратов логарифмов остатков. Аппроксимация Поупа не использовалась. Поскольку в течение периода исследования тип промысловых орудий лова не менялся, в ПК была задана единственная группа селективности. Коэффициент селективности аппроксимировался гладкой функцией. В качестве описания зависимости «запас—пополнение» выбра-

на функция Бивертон—Холта (Beverton, Holt, 1957).

Диагностика полученных результатов основной модели осуществлена в ПК TISVPA. Тест Колмогорова—Смирнова для проверки типа распределения остатков данных по пополнению и по индексам численности запаса, полученных в ПК Синтез, выполнен в ПК Statistica 8.0.

Прогноз динамики запаса на 5 лет (2018—2022 гг.) выполнен с помощью уравнения динамики численности Ф.И. Баранова (1918). При прогнозировании оценки мгновенного коэффициента естественной смертности, темпа полового созревания и массы особей приняты такими же, как и для ретроспективного анализа состояния запаса. Величина пополнения в возрасте 5+ рассчитана с помощью зависимости «запас-пополнение» Бивертон-Холта (Beverton, Holt, 1957) в программе Statistica 8.0.

Поскольку рыбоохранные мероприятия на оз. Байкал с введением моратория усилились, но в то же время полное прекращение вылова омуля невозможно из-за социально-экономических факторов, в работе сделано предположение, что незаконный, несообщаемый и нерегулируемый (ННН) промысел будет продолжен, но в меньшем объеме. При прогнозировании состояния запаса величина ННН вылова принята равной его минимальному объему за последние 10 лет промысла, т.е. 17% от официального вылова рыб придонно-глубоководной МЭГ.

Таким образом, мгновенный коэффициент промысловой смертности для прогноза состояния запаса задан как:

$$F_{\text{ННН}} = \overline{F_{\text{бар}}} \times 0,17,$$

где $F_{\text{ННН}}$ — мгновенный коэффициент промысловой смертности, соответствующий ННН вылову; $\overline{F_{\text{бар}}}$ — усредненный мгновенный коэффициент промысловой смертности основных возрастных групп (6—12), встречающихся в уловах за последние 10 лет промысла.

Значение $\overline{F_{\text{бар}}}$ составило 0,4, а $F_{\text{ННН}}$ — 0,07.

Целевой ориентир для восстановления исследуемого запаса рассчитан в ПК Combi 4.1 на основе промысловых данных. При использовании полного ряда первичной информации за период с 1995 по 2017 г. зависимость уловов на усилие от усилий демонстрировала положительный тренд, что противоречит условиям использования ПК Combi (Бабаян и др., 2018). В этой связи дальнейшие расчеты проведены по данным за период с 1996 по 2016 г., при которых в зависимости был отмечен отрицательный тренд.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ретроспективный анализ состояния запаса

Результаты анализа возрастного состава уловов позволили сделать вывод о его омоложении в последнее десятилетие промысла. Согласно рисунку 1 половина исследуемой единицы запаса созревает в возрасте 8+. Однако, как видно из рисунка 2, начиная с 2006 г. в уловах зарегистрирована существенная доля неполовозрелых рыб в возрасте 5+. Также следует отметить преобладание численности особей возрастных групп 6+ — 8+, в то время как до 2006 г. большую часть уловов составляли особи, достигшие половой зрелости (9+ — 11+).

Результаты анализа компонент целевой функции модели для придонно-глубоководной МЭГ омуля указывают на наличие сходных сигналов о величине нерестового запаса в 2017 г. как от данных по возрастному составу уловов, так и от индекса численности (CPUE) (рис. 3). Тем не менее, следует отметить наличие небольших локальных минимумов в данных по уловам на усилие, что свидетельствует о наличии небольших искажений в исходных данных.

Динамика биомассы общего и нерестового запасов придонно-глубоководной МЭГ омуля, восстановленная с помощью двух программных комплексов, имеет выраженную тенденцию к снижению (рис. 4). Вероятнее всего, это связано с выловом осо-

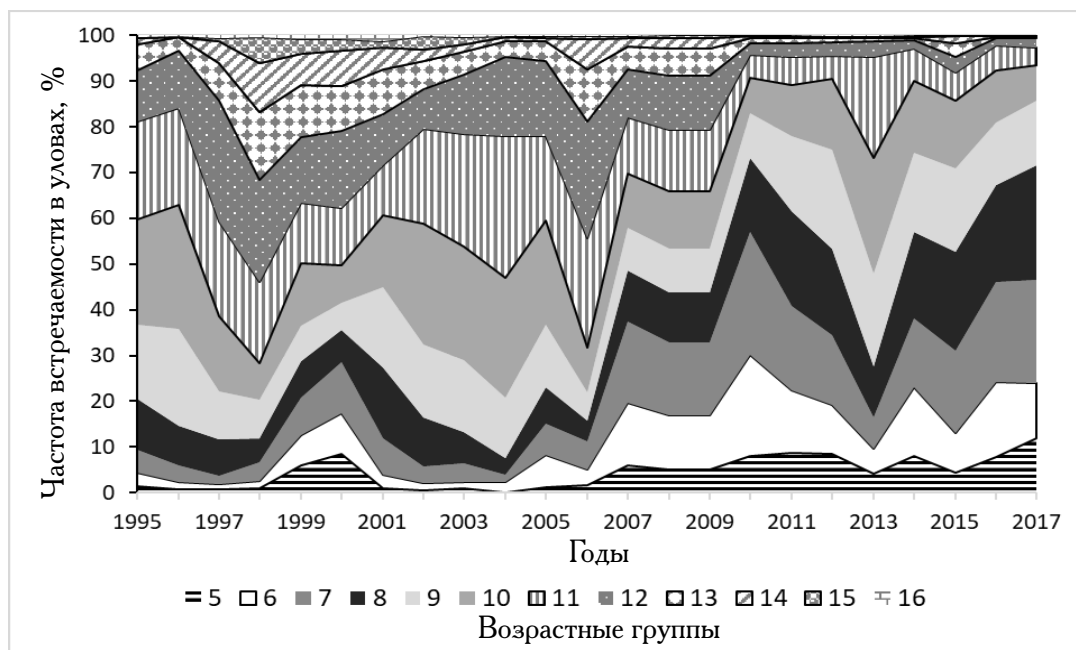


Рис. 2. Динамика возрастного состава уловов придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля.

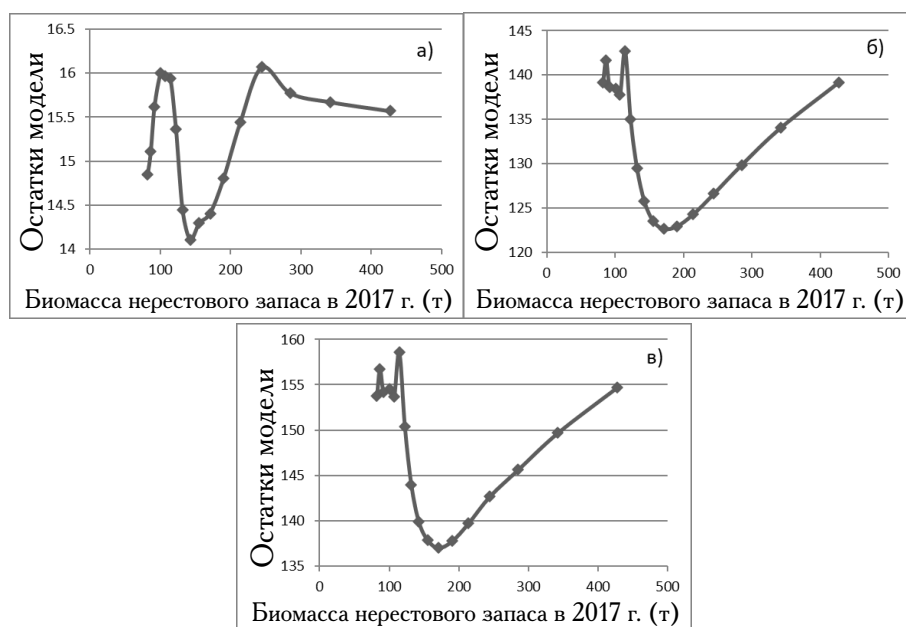


Рис. 3. Профили компонент целевой функции модели TISVPA для придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля: а) данных по возрастному составу уловов, б) данных по CPUE, в) общей целевой функции.

бей, не успевших отнереститься, а, следовательно, и с уменьшением пополнения запаса. Значительным фактором, влияющим на динамику численности омуля, является незаконный, несообщаемый и нерегулируемый

промысел. Большой вред популяциям такой промысел наносит во время их нерестовых миграций в реках. Объемы ННН промысла в отдельные годы были почти соизмеримы официальному вылову (Петерфельд, Соко-

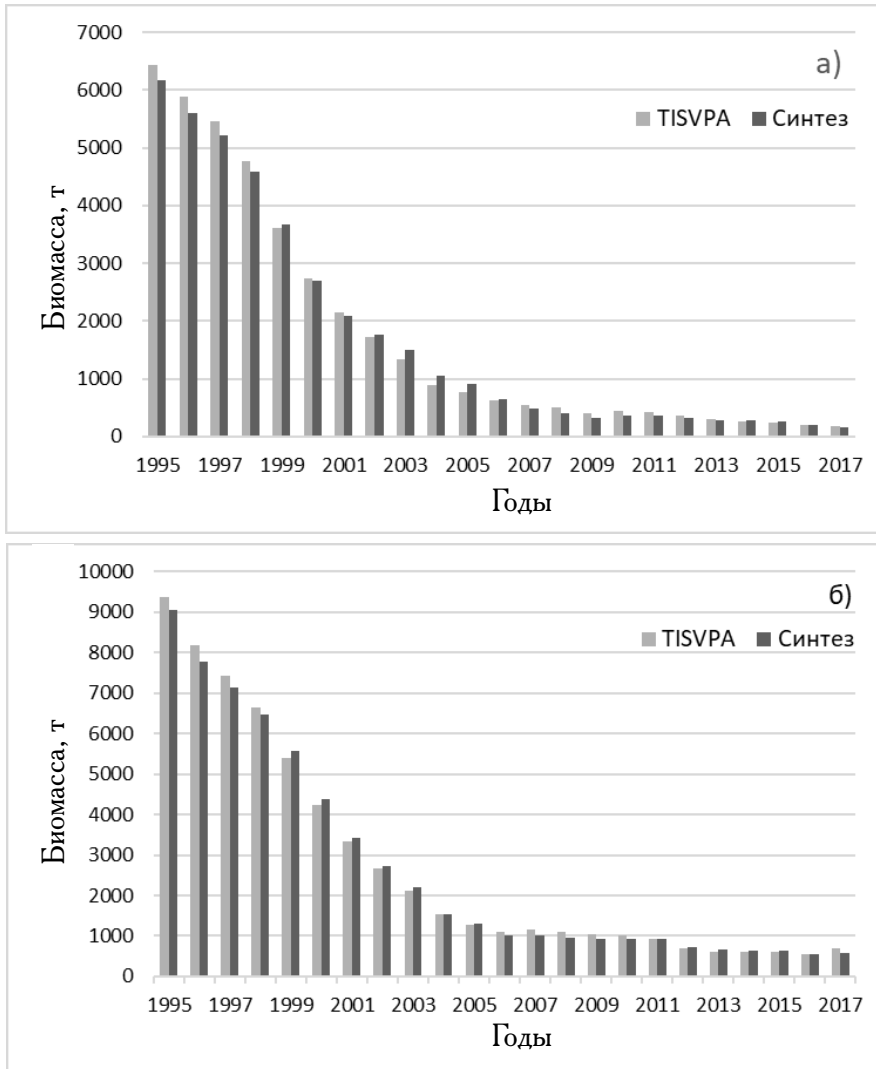


Рис. 4. Динамика биомассы: а) нерестового запаса и б) общего запаса придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля, восстановленная с помощью ПК TISVPA и Синтез.

лов, 2016; Государственный доклад о состоянии оз. Байкал, 2018), а после введения моратория на вылов байкальского омуля все же зарегистрированы случаи продолжения нелегального вылова (Суходолов и др., 2019; Суходолов и др., 2020), негативно влияющие на восстановление численности эндемика.

На рисунке 5 представлена восстановленная динамика пополнения придонно-глубоководной МЭГ в возрасте 5+. Программные комплексы TISVPA и Синтез демонстрируют схожую тенденцию к снижению численности пополнения. Тем не менее, в терминальный год полученные оценки различаются: согласно расчетам по модели

TISVPA в 2017 г. отмечается увеличение пополнения, согласно расчетам по модели Синтез пополнение сохраняется на уровне чуть выше предыдущего года. Вероятно, разница связана с различиями в процедурах настройки моделей, применяемой в программных комплексах. Как бы то ни было, применительно к любой когортной модели оценки, получаемые для последнего (терминального) года, отличаются наименьшей точностью.

Увеличение промысловой нагрузки на запас также подтверждается рассчитанными оценками мгновенного коэффициента промысловой смертности. На рисунке 6 представлена динамика F_{bar} — усредненного

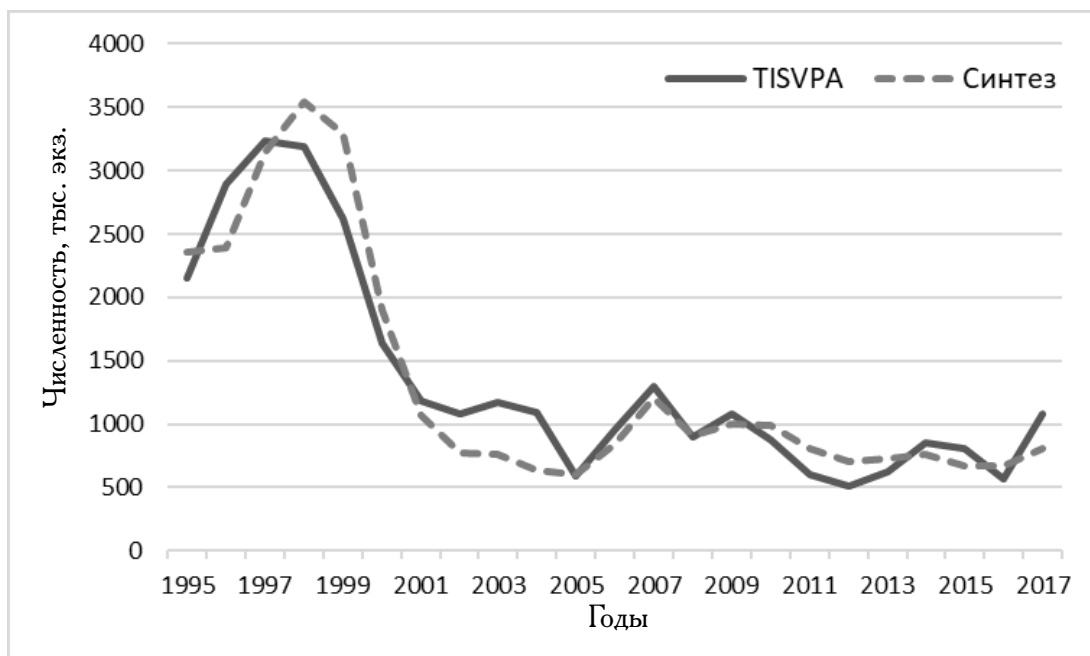


Рис. 5. Динамика пополнения (5+) придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля, восстановленная в ПК TISVPA и Синтез.

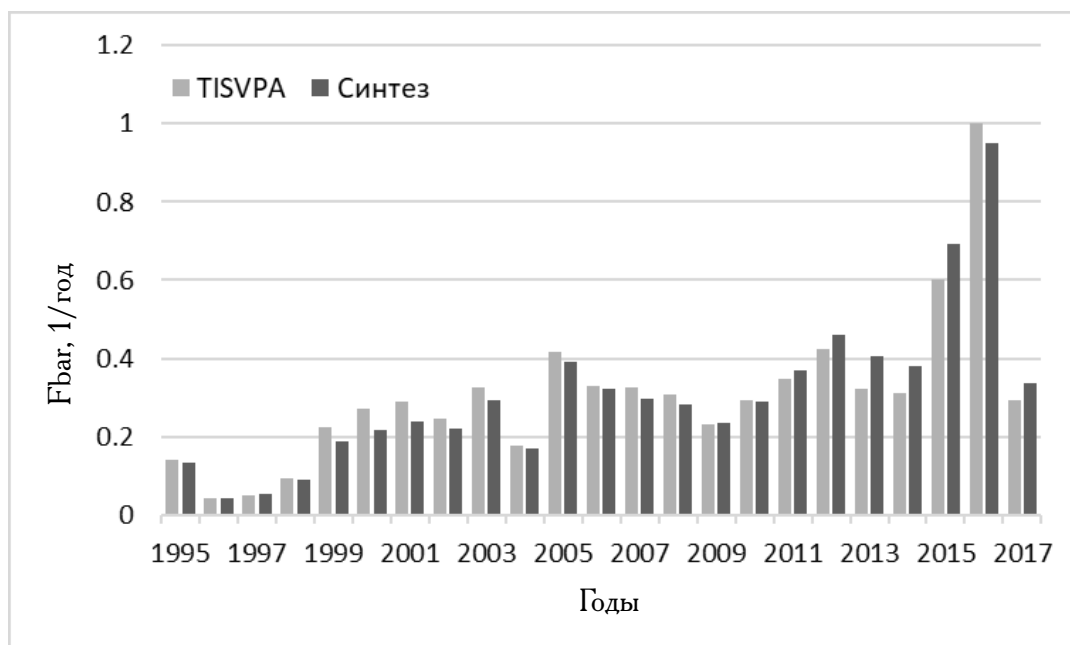


Рис. 6. Оценки мгновенного коэффициента промысловой смертности.

значения мгновенного коэффициента промысловой смертности основных облавливаемых возрастных групп исследуемой единицы запаса за каждый год (с 1995 по 2006 гг. — групп 8–13; с 2007 по 2017 гг. — 6–12).

В рамках диагностики полученных результатов в ПК TISVPA проводились расчеты биомассы запаса с последовательным исключением последнего года из исходных данных. Уменьшение полученных зна-

чений в начале исследуемого периода может указывать на завышение итоговых оценок до 1999 г. В то же время существенное смещение оценок вверх в 2016 г. может говорить о занижении финальных значений общего и нерестового запасов (рис. 7).

Таким образом, разброс оценок, полученный в ходе диагностики результатов, свидетельствует о присутствии зашумленно-

сти в первичных данных. Тем не менее, это не меняет вывода о сокращении биомассы как общей, так и нерестовой части придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля.

Также в рамках диагностики полученных результатов в ПК Синтез проанализировано распределение остатков данных по пополнению и индексам численности запаса, то есть разницы между логарифмами

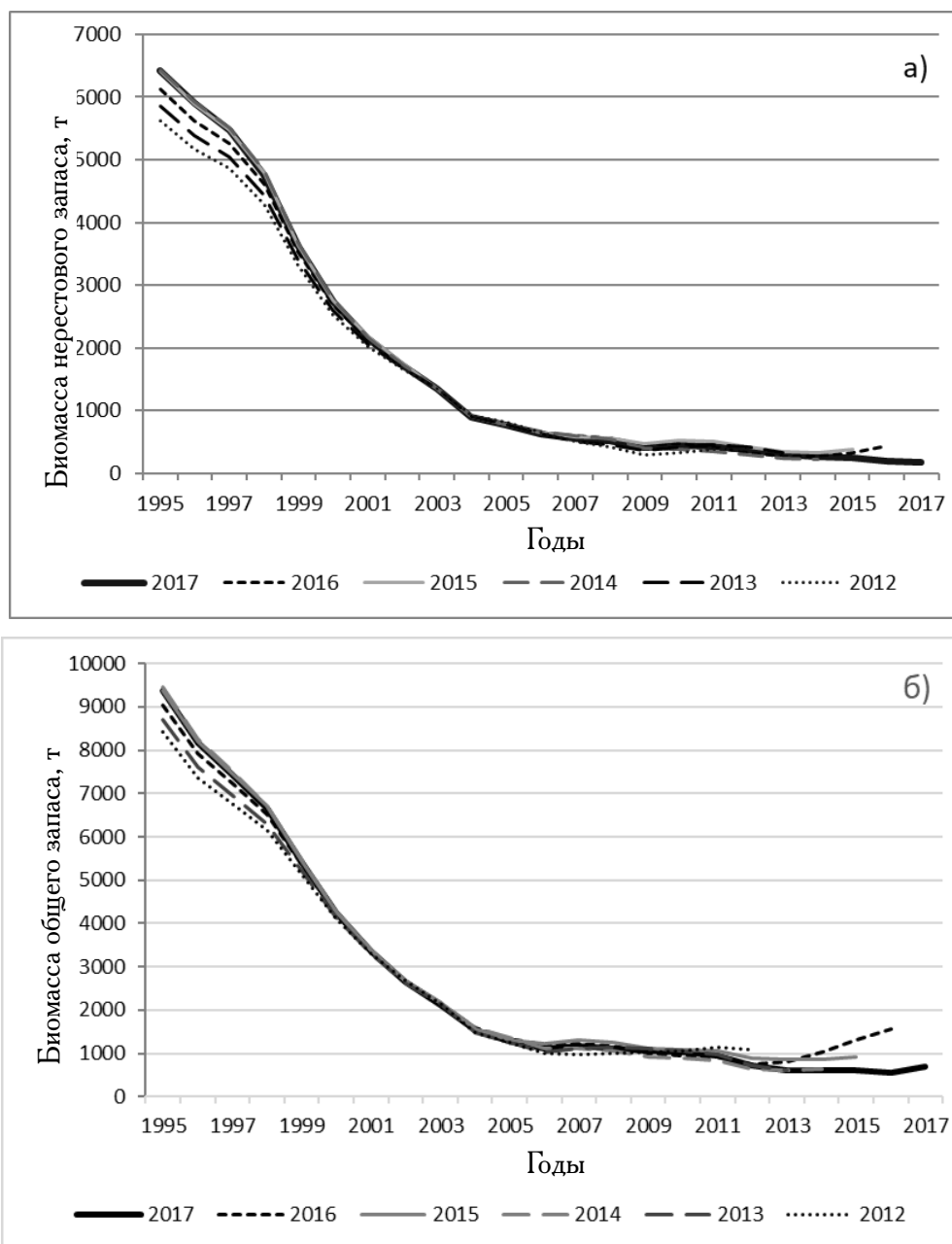


Рис. 7. Результаты ретроспективной диагностики оценок: а) биомассы нерестового запаса, б) биомассы общего запаса.

наблюденных величин от логарифмов теоретических. Остатки распределены нормально ($\rho > 0,2$), что подтверждается тестом Колмогорова-Смирнова ($\rho > 0,05$) и доказывает достоверность полученных результатов.

Оценка целевого биологического ориентира для восстановления запаса

Важнейшей составляющей предосторожного подхода к управлению биоресурсами является восстановление эксплуатируемых запасов до высоких уровней продуктивности и поддержание их состояния на этом уровне на протяжении всего периода эксплуатации (Бабаян, 2000). Согласно Конвенции ООН по морскому праву (Конвенция ..., 1982) таким уровнем является V_{MSY} — биомасса запаса, соответствующая максимальному устойчивому улову.

Таким образом, истощенные запасы байкальского омуля, включая придонно-глубоководную МЭГ, необходимо восстановить до уровня V_{MSY} , при котором запас будет продуцировать максимальную прибавочную продукцию и сохранять свою устойчивость.

В настоящей работе оценка V_{MSY} выполнена с помощью продукционной модели

Шефера, реализованной в ПК Combi 4.1. Значения целевой функции для всех девяти вариантов продукционной модели не сильно различались. Поэтому выбор модели осуществлен по усеченному набору данных (количество отсекаемых лет — 5). Минимальное значение суммарного стандартного отклонения (0,2) рассчитано по модели Шефера, что свидетельствует о правильности выбора модели.

По результатам расчетов оценка V_{MSY} составила 1281 т, MSY — 246 т, F_{MSY} — 0,2. Необходимо отметить, что в настоящей работе в качестве V_{MSY} используется промысловая биомасса запаса.

Таким образом, при восстановлении промысловой части придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля следует ориентироваться на величину примерно 1280 т.

Прогноз состояния запаса

Результаты прогнозирования состояния промыслового запаса в период с 2018 по 2022 гг. свидетельствуют о постепенном восстановлении придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля. Наибольшее увеличение численности запаса по сравнению с терми-

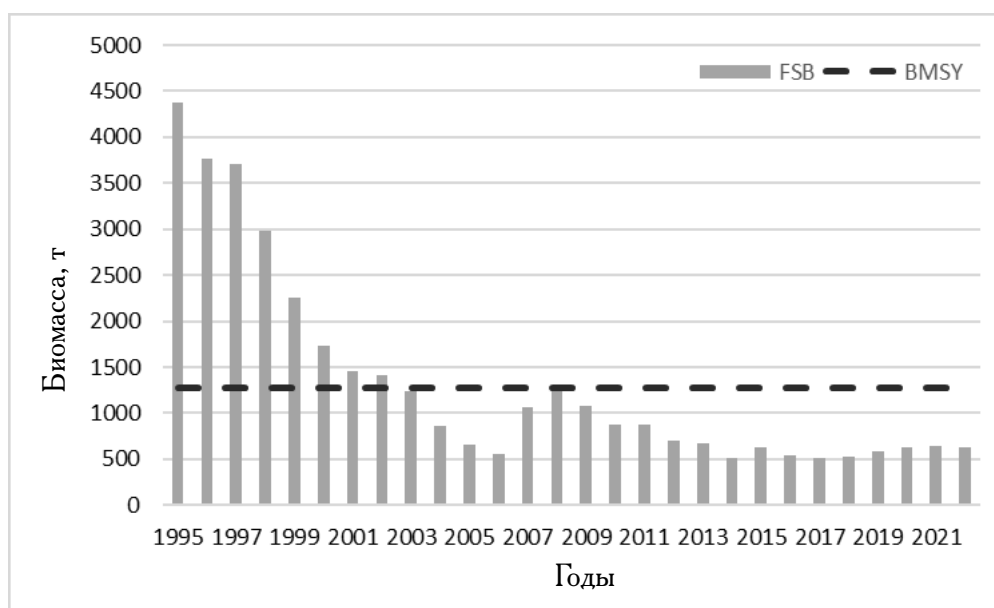


Рис. 8. Динамика промысловой части придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля и целевой ориентир по биомассе (V_{MSY}).

нальным 2017 г. ожидается в 2021 г. — примерно на 25%. Тем не менее, полученные прогнозные оценки ниже рассчитанной величины V_{MSY} почти в 2 раза. Соотношение оценок величины промыслового запаса с целевым ориентиром графически представлено на рисунке 8. К промысловому запасу отнесены особи возрастных групп 9–15 в период с 1995 по 2006 гг. и 6–15 в период с 2007 по 2017 гг. Судя по результатам ретроспективной диагностики оценок общего запаса, оценки, относящиеся к периоду до 1999 г. могут быть несколько завышены.

Как видно из рисунка 8, в первые годы моратория на вылов (ориентировочно 5 лет) восстановление запаса до уровня максимальной продуктивности не наблюдается. Несмотря на запрет вылова, биомасса нерестового запаса в последние годы была минимальной, на что указывают не только результаты моделирования, но и литературные данные, свидетельствующие о заходе малого количества половозрелых особей в нерестовые реки (Воронова и др., 2019). Отмеченная тенденция к уменьшению количества ежегодно выпускаемых личинок байкальского омуля (Литвиненко и др., 2015; Государственный доклад ..., 2018) также является причиной снижения численности придонно-глубоководного запаса, основная часть которого напрямую зависит от эффективности искусственного воспроизводства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ состояния придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля на основе промысловых данных подтвердил сокращение ее численности. Программные комплексы TISVPA и Синтез, задействованные в настоящем исследовании, продемонстрировали схожие оценки биомассы как нерестового, так и общего запасов, промысловой смертности и пополнения запаса, что подтверждает реалистичность полученных результатов.

Причин ухудшения состояния придонно-глубоководной МЭГ может быть

несколько. Во-первых, в последние годы промыслом облавливались неполовозрелые особи, что привело к уменьшению потенциального фонда производителей омуля. Во-вторых, увеличивающийся объем ННН вылова привел к дополнительной промысловой нагрузке на запас. Третья причина, вероятно, является следствием первой и второй, а именно — уменьшение количества особей, заходящих на нерест в реки. Четвертая причина — сократившийся в силу разных причин объем искусственного воспроизводства на Большереченском рыбоводном заводе (Литвиненко и др., 2015). Кроме того, нельзя исключать факторы природного происхождения, влияющие на динамику численности байкальского омуля. К таким факторам можно отнести изменение уровня оз. Байкал, влияющее на выживаемость молоди омуля, увеличение количества бакланов, питающихся омулем, состояние кормовой базы и др.

Результаты прогнозирования показали, что в силу сокращения нерестовой биомассы промысловый запас не восстановится до уровня V_{MSY} за ближайшие 5 лет после введения моратория на вылов. Поэтому, с одной стороны, существенные изменения в состоянии промысловой части придонно-глубоководной МЭГ могут быть зарегистрированы только после того, как поколения, родившиеся в последние годы промысла, дадут потомство. Но, с другой стороны, экстремально маловодный период с 2014 по 2017 г. (Гармаев, Цыдыпов, 2019) привел к сокращению площади продуктивного мелководья и, скорее всего, к снижению выживаемости молоди байкальского омуля в эти годы.

Таким образом, значительного увеличения промыслового запаса придонно-глубоководной МЭГ байкальского омуля в ближайшей перспективе ожидать не следует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В. К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова. М.: ВНИРО, 2000. 192 с.

Бабаян В. К., Бобырев А. Е., Булгакова Т. И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: ВНИРО, 2018. 312 с.

Баранов Ф. И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Известия отдела рыбоводства и научно-промысловых исследований. 1918. Т. 1. Вып. 1. С. 84–128.

Васильев Д. А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ «Triple-separable virtual population analysis (TISVPA)» № 2006611764. 2006.

Воронова Э. Б., Дзюменко Н. Ф., Афанасьев С. Г., Журавлев О. И., Петерфельд В. А. История развития и состояние искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов в Байкальском рыбохозяйственном бассейне // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 85–94.

Воронова Э. Б., Воронов М. Г., Большунова Е. А., Балданова А. Н. Состояние и перспективы развития аквакультуры и рыбоводства в Бурятии // Сб. науч. раб. VII нац. межвузовской науч.—метод. конф. «Переход на федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования. Лучшие практики рыбохозяйственного образования» Казань, 3–5 октября 2018 г. Калининград: КГТУ, 2019. С. 56–60.

Гармаев Е. Ж., Цыдыпов Б. Э. Уровненный режим оз. Байкал: состояние и перспективы в новых условиях регламентации // Вестник Бурятского ГУ. Биология, география. 2019. № 1. С. 37–44. DOI: 10.18101/2587–7143–2019–1–37–44.

Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2017 году». Иркутск: АНО «КЦ Эксперт». 2018. 340 с. Доступно через: http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_ozera_baykal_i_merakh_po_ego_okhrane/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_ozera_baykal_i_merakh_po_ego_okhrane_v_2017_godu/ Дата обращения: 29.01.2020 г.

Ильин О. И. Об одном методе оценки запасов и прогноза оду морских

промысловых рыб на основе непрерывной модели динамики возрастной структуры популяции // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2009. № 13. С. 27–34.

Калягин Л. Ф., Майстренко С. Г. Динамика распределения морфо-экологических групп байкальского омуля по акватории Байкала // Экологически эквивалентные виды гидробионтов в великих озерах мира. Мат. между. симп. Улан-Удэ, 1997. С. 33–35.

Конвенция ООН по морскому праву. 1982. Доступно через: http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/convention_overview_convention.htm Дата обращения: 26.02.2020 г.

Литвиненко А. И., Семенченко С. М., Капустина Я. И. Искусственное воспроизводство ценных видов рыб Урала и Сибири: состояние, проблемы и перспективы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 74–84.

Майстренко С. Г., Майстренко М. А. Биология и структурные особенности искусственно воспроизводимого стада посольского омуля // Рыбное хозяйство. 2007. № 5. С. 94–99.

Петерфельд В. А., Соколов А. В. Современное состояние запасов омуля (*Coregonus migratorius*, Georgi) в озере Байкал // Рыбн. хоз-во. № 3. 2016. С. 72–75.

Смирнов В. В. Экология байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi). Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН. 1997. 42 с.

Смирнов В. В., Смирнова-Залули Н. С., Суханова Л. В. Микроэволюция байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi). Новосибирск: СО РАН, 2009. 246 с.

Смирнов В. В., Шумилов И. П. Омупли Байкала. Новосибирск: Наука, 1974. 160 с.

Соколов А. В., Петерфельд В. А. О причинах введения запрета на промысловый лов омуля (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) озера Байкал в современный период // Материалы VI Между-

народного Балтийского морского форума. Калининград: КГТУ, 2018. С. 158–164.

Соколов А.В., Петерфельд В.А., Васильев Д.А. Оценка современного состояния запасов байкальского омуля с использованием аналитических методов // Вестник рыбохозяйственной науки. 2018. Т. 5. № 1 (17). С. 35–45.

Суходолов А.П., Федотов А.П., Макаров М.М., Аношко П.Н., Губий Е.В., Зоркальцев В.И., Сорокина П.Г., Мокрый И.В., Лебедева А.В. Математическое моделирование оценки численности байкальского омуля в системе социально-экономических и правовых аспектов экологической правонарушаемости // Всероссийский криминологический журнал. 2019. Т. 13. № 5. С. 757–771.

Суходолов А.П., Федотов А.П., Аношко П.Н., Колесникова А.В., Сорокина П.Г., Мамонова Н.В. Математическое моделирование в исследовании комплекса детерминантов незаконного вылова водных биоресурсов (омуля) в озере Байкал // Всероссийский криминологический журнал. 2020. Т. 14. № 1. С. 76–86. DOI 10.17150/2500–4255.2020.14 (1).76–86.

Черняев Ж.А. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 329 с.

Beverton R.J., Holt S.J. On the dynamics of exploited fish populations // U.K. Min. Agr. Fish. Food Fish. Invest. Ser. 2. 1957. V. 19. 533 p.

RESULTS OF THE STATE ANALYSIS FOR DEEP-WATER MORPHO-ECOLOGICAL GROUP OF THE BAIKAL O MUL (COREGONUS MIGRATORIUS)

© 2020 y. N.G. Petukhova¹, A.E. Bobyrev^{1,2}, A.V. Sokolov^{3,4}

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, 107140

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS (SIEE RAS), Moscow, 119071

³Baikal Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (BaikalNIRO), Ulan-Ude, 670034

⁴Kaliningrad State Technical University (KSTU), Kaliningrad, 236022

The study presents the results of quantitative analysis of the deep-water morpho-ecological group state of Baikal omul, considered as a separate stock. The available information support allowed to apply the cohort model implemented in TISVPA and Synthesis software complexes. The Synthesis software was applied for assessment of the near-deep morpho-ecological group of the Baikal omul first time. Stock biomass estimates obtained in two software complexes confirmed the conclusion about a continuous stock abundance decrease obtained by other researchers earlier. In international fisheries practice the stock recovery implies a stock size increase to a certain biological reference point. In this research it is proposed to use as a target reference point a biomass at which the stock produces the maximum surplus production. Based on the results of Combi software calculations, the estimate of such biomass was 1281 tons. The analysis showed recruitment will not be able to ensure the fishery stock recovery to the target reference point in the next 5 years due to the spawning stock biomass decrease in the years before the moratorium on the fishery.

Keywords: Baikal omul *Coregonus migratorius*, stock assessment, mathematical modeling.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ РЫБ В МЕШИНСКОМ ЗАЛИВЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2020 г. В. А. Кузнецов, Ю. А. Северов*, В. В. Кузнецов

Казанский (Приволжский) федеральный университет (К(П)ФУ), Казань, 420008

*Татарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, (ТатарстанНИРО), Казань, 420111

E-mail: objekt_ssveta@mail.ru

Поступила в редакцию 12.03.2018 г.

Рассмотрены колебания численности личинок рыб в прибрежье и пелагиали Мешинского залива Куйбышевского водохранилища в 2012–2017 гг. с разными гидрологическими условиями, а также изменения показателей их видового разнообразия в обоих биотопах. Установлено, что средние величины общей численности личинок рыб на 1 м³ воды составляли в эти годы в прибрежье от 812,7 до 5659,0 экз., в пелагиали — от 0,36 до 2,21 экз. Колебания уровня и температуры воды весной в эти годы существенно не влияли на эффективность размножения рыб. Число видов личинок рыб в литорали и пелагиали в 2012–2017 гг. равнялось 13–17. В прибрежье доминировали личинки плотвы, а в пелагиали личинки окуневых рыб (берш и окунь). Индекс видового разнообразия Шеннона у личинок рыб в пелагиали был выше, чем в прибрежье. Значение же показателя обилия в пелагиали было ниже, и наблюдались меньшие различия в численности отдельных видов.

Ключевые слова: личинки рыб, численность, показатели видового разнообразия, факторы среды, залив, водохранилище.

ВВЕДЕНИЕ

В нижней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в районе слияния вод рек Кама и Волга расположен Мешинский залив, являющийся наиболее благоприятным участком для размножения рыб. Изучение размножения рыб и численности их молоди ранее в этом районе проводилось лишь в 1985–1987 гг. на участке акватории Волжско-Камского заповедника (Кузнецов, 2005). В Мешинском заливе исследование видового состава и численности личинок рыб стало проводиться с 2012 г. (Кузнецов и др., 2014, 2017), когда экосистема Куйбышевского водохранилища уже находилась в фазе дестабилизации (Кузнецов, 1997).

Цель сообщения — анализ численности личинок рыб и показателей их видо-

вого разнообразия для оценки эффективности размножения рыб в Мешинском заливе в зависимости от уровня и температуры воды в 2012–2017 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Учет численности личинок рыб в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища проводили весной и в начале лета 2012–2017 гг. Материал собирали в прибрежье залива на 12 постоянных станциях, а в пелагиали — на пяти. Станции в прибрежье расположены в литорали островов, а в пелагиали траление проводили вдоль бывшего русла р. Меша.

При сборе материала руководствовались ранее разработанной методикой (Кузнецов, 1985). В прибрежье отлов личинок

рыб осуществляли сачком диаметром 30 см до глубин 1,0–1,2 м. В пелагиали их ловили с помощью моторной лодки горизонтальным способом коническими сетями ИКС-80 или ИКС-50 в течение 3–5 мин, в зависимости от степени развития фито- или зоопланктона, влияющего на фильтрационные возможности сетей. Численность личинок рыб в прибрежье пересчитывали на один сачок (экз. на усилие) или на 1 м³ объема воды, а в пелагиали — на 5 мин лова конической сетью (экз. на усилие) или на 1 м³ воды. На каждой станции повторные ловы личинок проводили через 4–5 сут. с последней декады мая до конца июня, когда личинки большинства видов переходили на этап развития D₂. Этапы развития личинок рыб приводятся по Васнецову (1953).

Сведения по уровенному и температурному режиму воды в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища приводятся по данным Казанского гисметеобюро. В Куйбышевском водохранилище нормальный подпорный горизонт (НПГ) составляет 53 м абсолютной отметки.

В качестве показателей видового разнообразия приведено число обилия (процент доминирующего вида в общем улове личинок) и разнообразия Шеннона (Жилюкас, Познанскене, 1985).

Статическую обработку материала проводили по руководству Лакина (1990). В работе приводятся следующие статистические показатели: $M \pm m$ — средняя арифметическая величина и ее ошибка, $CV, \%$ — ко-

эффициент вариации; $r \pm m_r$ — коэффициент корреляции и его ошибка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность личинок

Средние значения показателей численности личинок рыб в прибрежье и пелагиали Мешинского залива в 2012–2017 гг., а также величин уровня и температуры воды в эти годы приведены в таблице 1.

Численность личинок рыб в прибрежье залива в пересчете на одно усилие и на 1 м³ воды была выше, чем в пелагиали. В среднем на одно усилие сачком в литорали или за 5 мин лова конической сетью в пелагиали численность личинок в прибрежье была выше в 7,6 раза, а в пересчете на объем воды в 1 м³ это различие между биотопами возрастает в сотни раз. Однако следует иметь в виду, что объем воды в пелагиали значительно превосходит таковой в прибрежье. Кроме этого, важно учесть, как это будет показано ниже, что видовой состав личинок в этих биотопах существенно отличается. Вариация колебаний численности личинок в эти годы в прибрежье и пелагиали носила сходный характер ($CV = 60–80\%$). В 2012–2017 гг. средние значения абсолютных отметок уровня воды отличались на 1,8 м и большинство из них были близки к НПГ (53 м). Значения средних температур воды в эти годы были похожи, за исключением 2017 г., когда были отмечены наиболее низкие значения прогрева воды (в среднем 10,0°С).

Таблица 1. Средние значения численности личинок рыб в прибрежье и пелагиали (экз./усилие (1), экз./1 м³ (2)), уровня и температуры воды в Мешинском заливе в 2012–2017 гг.

Показатель	Численность личинок				Уровень воды, м	Температура воды, С
	Прибрежье		Пелагиаль			
	1	2	1	2		
Min – max	53,7–401,8	812,7–5659,0	9,0–53,2	0,36–2,21	51,8–53,6	10,0–14,6
$r \pm m_r$	174,8±54,1	2471,8±720,0	23,0±7,6	1,07±0,27	52,7±0,3	13,5±0,7
$CV, \%$	72,6	71,4	80,4	61,7	1,6	13,0

Если сравнить средние величины численности личинок рыб в прибрежье и пелагиали с внешними абиотическими факторами среды, то можно отметить, что уровень воды, судя по значениям коэффициента корреляции, слабо влияет на количество личинок, а в пелагиали это влияние вообще не прослеживается: $r \pm m_r$ в прибрежье составили $0,34 \pm 0,47$, в пелагиали — $0,06 \pm 0,5$. То же самое можно отметить и в отношении температуры воды: $r \pm m_r$ в прибрежье — $0,10 \pm 0,49$, в пелагиали — $0,21 \pm 0,49$.

Таким образом, в низовьях Волжского плеса в районе Мешинского зал. Куйбышевского водохранилища колебания уровня и температуры воды в весенний период 2012–2017 гг. существенно не влияли на эффективность размножения многих видов рыб. Вместе с тем в верхней части Волжского плеса в Свяжском заливе в 1991–2003 гг. (период дестабилизации экосистемы водохранилища) коэффициент корреляции между численностью личинок рыб в прибрежье и уровнем воды составлял $0,56 \pm 0,21$ и был достоверен для уровня значимости 0,05, хотя это значение было ниже, чем за 1970–1990 гг., когда наблюдали еще период относительной стабилизации экосистемы водохранилища (Кузнецов, 2004).

Значительную часть в общей численности личинок рыб играют массовые промысловые рыбы. Среди крупного частика — это лещ *Abramis brama* — основной промысловый объект водохранилища, а среди мелко-

го частика — плотва *Rutilus rutilus* и густера *Blicca bjoerkna*. В прибрежье по численности в 2012–2017 гг. преобладали личинки плотвы, леща и густеры (табл. 2), а в пелагиали среди карповых рыб больше всего ловилось личинок леща.

В открытой части водоема в пелагиали преобладали личинки окуневых, а среди карповых, кроме леща, в отдельные годы встречались личинки язя *Leuciscus idus*, жереха *Aspius aspius*, плотвы, уклейки *Alburnus alburnus* и серебряного карася *Carassius auratus*. Следует отметить, что между количеством личинок в прибрежье и в пелагиали в эти годы наблюдалась высокая корреляционная связь ($r = 0,72 \pm 0,35$, $\rho = 0,05$), что свидетельствует об успешном икротетании в эти годы как в прибрежье, так и в открытой части водоема.

Численность личинок рассмотренных рыб и уровень воды в весенний период в эти годы носили положительный характер, но наибольшего значения коэффициент корреляции между этими показателями достигал у личинок густеры. Этот вид нерестится с середины мая по начало июня, когда в водохранилище наблюдается повторный подъем уровня воды. Зависимость количества личинок густеры от температуры воды в эти годы в Мешинском заливе фактически отсутствовала. В Свяжском же заливе в 1986–2014 гг. численность личинок густеры не зависела ни от температуры, ни от уровня воды (Кузнецов, Кузнецов, 2015).

Таблица 2. Численность (экз. на усилие) личинок плотвы, леща и густеры в прибрежье и пелагиали Мешинского залива в 2012–2017 гг., а также коэффициенты корреляции численности личинок с уровнем (1) и температурой (2) воды

Показатель	Прибрежье			Пелагиаль
	Плотва	Лещ	Густера	Лещ
Min – max	28,7–324,0	19,0–70,7	0,2–25,2	0,2–1,9
$M \pm m$	$107,6 \pm 44,9$	$45,1 \pm 7,1$	$8,2 \pm 3,8$	$1,3 \pm 0,3$
CV, %	102,0	38,5	113,4	49,2
$r \pm m_r$ (1)	$0,31 \pm 0,47$	$0,19 \pm 0,49$	$0,50 \pm 0,43$	$0,43 \pm 0,45$
$r \pm m_r$ (2)	$0,11 \pm 0,19$	$0,010 \pm 0,50$	0,001	$0,29 \pm 0,48$

Средние величины численности личинок рыб в прибрежье и пелагиали значительно колебались (см. рисунок). Максимальное количество личинок на одно усилие в прибрежье и пелагиали было отмечено в 2013 г. при средней абсолютной отметке уровня воды 53,2 м и температуре воды 13,8°C. Минимальное значение численности личинок отмечено для весны 2012 г. при сходных средних значениях уровня и температурного режимов воды. Однако в мае 2012 г. наблюдалось падение уровня воды с отметки 54 м до 53 м, а весной 2013 г., наоборот, наблюдалась ее прибыль с отметки 52,5 м до 53,5 м к концу мая. В этот год условия для размножения рыб были более благоприятные, чем в 2012 г. В целом же внешние факторы в 2012–2017 гг. оказывали несущественное влияние на эффективность размножения, на что указывают низкие значения коэффициентов корреляции (см. выше).

Показатели видового разнообразия

Число видов личинок рыб в прибрежье за годы исследований составило от 7 (весной 2013 г.) до 12 (весной 2012 и 2015 гг.),

а в пелагиали соответственно от 4 (в 2012 г.) до 11 (в 2015 г.) (табл. 3). Следует отметить, что в прибрежье это были в основном личинки рыб семейства карповых (Cyprinidae), а в пелагиали — окуневых (Percidae). Общее же число разных видов личинок рыб в обоих биотопах в эти годы колебалось от 12 до 17. В прибрежье во все исследованные годы в уловах доминировали личинки плотвы. Показатель их обилия в 2017 г. составлял 44,2%, а максимальное значение этого показателя было в 2013 г. (80,7%). Среднее значение показателя обилия личинок плотвы в прибрежье — 54,8% (табл. 3); в пелагиали эти величины были ниже (от 28,0 до 44,4%), чем в прибрежье. Основными доминирующими видами в пелагиали были личинки берша *Sander volgensis* и окуня *Perca fluviatilis*. Из карповых рыб здесь чаще всего встречались личинки леща, а из сельдевых — тюлька *Clupeonella cultriventris*.

Индекс видового разнообразия Шеннона в пелагиали оказался выше, чем в прибрежье (табл. 3). На его величину оказывает влияние, как число видов, так и величина показателя обилия. В свою очередь между

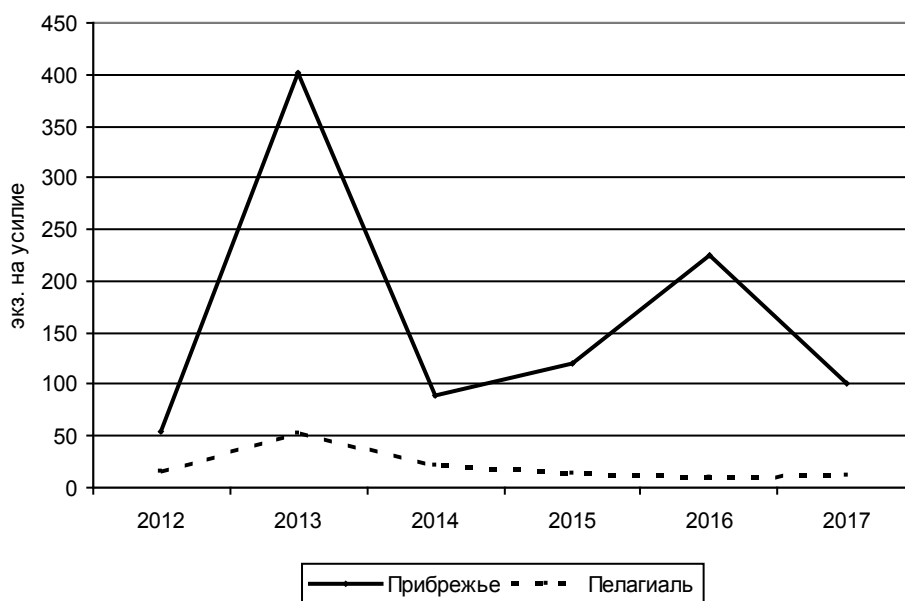


Рис. 1. Численность личинок рыб (экз. на усилие) в прибрежье и пелагиали Мешинского залива в 2012–2017 гг.

Таблица 3. Число видов, показатель обилия и индекс видового разнообразия Шеннона личинок рыб в прибрежье и пелагиали Мешинского залива в 2012–2017 гг.

Год	Число видов			Показатель обилия, %		Индекс Шеннона, бит	
	Прибрежье	Пелагиаль	Всего*	Прибрежье	Пелагиаль	Прибрежье	Пелагиаль
2012	11	4	14	49,7 (плотва)	44,4 (берш)	1,90	1,71
2013	7	6	12	80,7 (плотва)	32,8 (берш)	0,96	2,16
2014	12	7	15	42,7 (плотва)	42,7 (окунь)	1,93	2,31
2015	10	11	15	66,8 (плотва)	33,6 (берш)	1,27	2,59
2016	12	8	17	44,9 (плотва)	35,2 (окунь)	2,09	2,46
2017	10	5	13	44,2 (плотва)	28,0 (берш)	1,97	2,17
M±m	10,3±0,8	6,8±1,0	14,3±0,7	54,8±6,3	36,1±2,5	1,69±0,19	2,23±0,13

Примечание: * – число разных видов в обоих биотопах.

этим показателями имеется достоверная отрицательная корреляционная связь ($r = -0,88 \pm 0,24$, $\rho = 0,05$). Корреляционный анализ числа видов личинок рыб в прибрежье, показателя обилия и индекса видового разнообразия Шеннона выявил отрицательную связь (табл. 4). Между числом видов и индексом Шеннона имеется положительная связь ($r = 0,66$), т.е. при снижении числа видов может возрастать показатель обилия.

В свою очередь увеличение показателя обилия приводит к снижению значений индекса Шеннона.

В отношении личинок рыб, обитающих в пелагиали, корреляционные связи между рассмотренными выше признаками видового разнообразия в прибрежье имеют сходную направленность, но значения коэффициентов корреляции отличаются. Так, между числом видов личинок и показателем

Таблица 4. Коэффициенты корреляции показателей видового разнообразия личинок рыб в прибрежье и пелагиали Мешинского залива в 2012–2017 гг.

Показатель	Число видов	Показатель обилия, %		Индекс Шеннона, бит
		Прибрежье		
Число видов	–	-0,88±0,24		0,66±0,37
Показатель обилия, %	-0,88±0,24	–		-0,65±0,38
Индекс Шеннона, бит	0,66±0,37	-0,65±0,38		–
Показатель	Число видов	Показатель обилия, %		Индекс Шеннона, бит
		Пелагиаль		
Число видов	–	-0,21±0,49		0,90±0,22
Показатель обилия, %	-0,21±0,49	–		-0,44±0,42
Индекс Шеннона, бит	0,90±0,22	-0,44±0,45		–

имеется отрицательная связь, но величина коэффициента корреляции ниже, чем аналогичное значение в прибрежье, и оно недостоверно для уровня значимости 0,05 (табл. 4). Это объясняется тем, что величины показателя обилия в пелагиали колебались с меньшим размахом, чем в прибрежье, и средняя величина этого показателя здесь выше — $54,8 \pm 6,3$ (табл. 3), чем в пелагиали — $36,1 \pm 2,5$. В то же время в связи с относительно низкими величинами показателя обилия личинок в пелагиали возрастает значение коэффициента корреляции между числом видов и индексом Шеннона (табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Мешинском зал. Куйбышевского водохранилища в 2012—2017 гг. размножение рыб большинства видов как в прибрежье, так и в пелагиали у окуневых и некоторых карповых протекало сходным образом. Средние значения численности личинок рыб в эти годы колебались в прибрежье от 53,7 до 401,8 экз. на усилие (в пересчете на 1 м^3 — от 812,7 до 5669,0 экз.). В пелагиали в расчете на 1 м^3 их было меньше — от 0,36 до 2,21 экз. за 5 мин лова конической сетью. Однако следует учесть, что площадь и объем воды в пелагиали в сотни раз больше, чем в прибрежье. В прибрежье по численности преобладают в основном личинки карповых видов рыб, а в пелагиали — окуневых. Среди карповых рыб в пелагиали больше всего было личинок леща, а среди пелагофилов в отдельные годы — тюльки. Средние величины численности личинок в эти годы в литорали и пелагиали находились в тесной корреляционной связи ($r \pm m_r = 0,72 \pm 0,35$).

Уровень воды и температура весной 2012—2017 гг. не оказывали существенного влияния на эффективность размножения рыб в прибрежье и пелагиали Мешинского залива. Однако в целом в водохранилище уровень воды для многих видов рыб продолжает быть ведущим фактором, определяющим их численность (Кузнецов, 1978; Кузнецов и др., 2017).

Число видов личинок рыб в годы исследований в прибрежье колебалось от 7 до 15, а в пелагиали — от 4 до 11 видов. В целом же с учетом обоих биотопов в Мешинском заливе фиксировали от 13 до 17 видов личинок, доминирующим в прибрежье в 2012—2017 гг. была плотва, а в пелагиали — берш (4 года) и окунь (2 года). Индекс видового разнообразия Шеннона для личинок в пелагиали оказался выше, чем в прибрежье. Это было связано как с более низкими величинами показателя обилия, так и с относительно равномерным распределением личинок по численности между видами. Индекс Шеннона связан зависимостью с показателем обилия личинок отрицательной корреляционной.

На современном этапе развития экосистемы Куйбышевского водохранилища в Мешинском заливе, как и во многих других районах водохранилища, произошло снижение влияния колебаний уровня воды весной на эффективность размножения многих видов рыб, что связано как с их приспособительными возможностями, так и с изменением биотопов мест размножения. Отмечено, что, за исключением леща, в уловах стали преобладать личинки рыб мелкого частика (плотвы, густеры и др.). Аналогичная тенденция отмечается и в промысловых уловах, в том числе и в других волжских водохранилищах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васнецов В. В. Этапы развития костистых рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 207—217.

Жилюкас В. Ю., Познанскене Д. А. Таблица для подсчета индекса видового разнообразия по Шеннону-Уиверу // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Ч. 5. Вильнюс: Ин-т зоологии и паразитологии АН ЛитССР, 1985. С. 130—136.

Кузнецов В. А. Особенности воспроизводства рыб в условиях зарегулированного

стока реки. Казань: Изд-во Казан, ун-та, 1978. 160 с.

Кузнецов В. А. Количественный учет молоди рыб в водохранилищах и озерах (методические подходы и возможности) // Типовые методики исследования продуктивности рыб в пределах их ареалов. Ч. 5. Вильнюс: Ин-т зоологии и паразитологии АН ЛитССР, 1985. С. 26–35.

Кузнецов В. А. Изменение экосистемы Куйбышевского водохранилища в процессе его формирования // Вод. ресурсы. 1997. Т. 24. № 2. С. 228–233.

Кузнецов В. А. Видовое разнообразие и связи численности молоди рыб с абиотическими факторами среды в прибрежной зоне Куйбышевского водохранилища в 1995–2003 гг. // Казань, Матер, конф. «Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ: Отечество, 2004. С. 54–56.

Кузнецов В. А. Эффективность размножения рыб в акватории Саралинского участка Волжско-Камского заповедника и прилегающего участка Волги // Тр. Волж. —

Кам. гос. природ. заповедника. 2005. Вып. 6. С. 97–104.

Кузнецов В. А., Кузнецов В. В. Колебание численности личинок густеры в верхней части Волжского плеса в разные периоды существования Куйбышевского водохранилища // Ростов-на-Дону. Матер. Междунар. научн. конф. «Актуальные проблемы аквакультуры в современный период: АзНИРХ, 2015. С. 83–85.

Кузнецов В. А., Северов Ю. А., Кузнецов В. В. Видовое разнообразие и численность личинок рыб в прибрежной зоне Свяжского и Мешинского заливов Куйбышевского водохранилища // Вопр. рыболовства. 2017. Т. 18. № 1. С. 107–113.

Кузнецов В. А., Северов Ю. А., Шакирова Ф. М., Кузнецов В. В. Видовой состав и численность личинок рыб в верхней и нижней частях Волжского плеса Куйбышевского водохранилища весной 2012–2013 гг. // Рыбохозяйственные водоемы России. СПб.: ГосНИОРХ. 2014. С. 475–481.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF REPRODUCTION OF FISHES IN THE MESHINSKY GULF OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR

© 2020 y. V. A. Kuznetsov, Yu. A. Severov*, V. V. Kuznetsov

Kazan (Volga) federal university, Kazan (K(P)FU), 420008
Tatar Branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TatarstanNIRO),
Kazan, 420111

Fluctuation of number of larvae of fishes in coastal zone is considered and pelagial the Meshinsky gulf of the Kuibyshev reservoir in 2012–2017 with different hydrological conditions, and also change of indicators of their specific variety in both biotopes. It is established that average sizes of total number of larvae of fishes fluctuated these years in a in coastal zone in terms of one effort from 53,7 to 401,8 copies (respectively on m³ water 1 volume from 812,7 to 5659,0 copies) and in pelagial – on 1 m³ from 0,36 do 2,21 piece. Fluctuation of level and water temperature in the spring these years significantly did not influence efficiency of reproduction of fishes. The number of species of larvae of fishes to littorals and pelagial in 2012–2017 equaled 13–17. In coastal zone only small fry larvae, and in pelagial of a larva the perches of fishes dominated (Volga zander and a perch). The index of a specific variety of Shannon at larvae of fishes in pelagial was higher, than in coastal zone. It is connected with that in pelagial value of an indicator of abundant is lower and smaller distinctions in the number of separate types were observed.

Keywords: larvae of fishes, number, indicators of a specific variety, environment factors, gulf, reservoir.

**ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИЙ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОМЫСЛА
СКУМБРИИ (*SCOMBER COLIAS*) В РАЙОНЕ ЦВА**

© 2020 г. А. И. Никитенко¹, Д. В. Артеменков², В. А. Беляев²,
А. Н. Строганов³, И. В. Соболев⁴

¹Филиал по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИИПРХ),
Московская область, Рыбное, 141821

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, 107140

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ),
г. Москва, 119234

⁴Государственный университет Дубна (Университет Дубна), г. Дубна, 141983
E-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

Поступила в редакцию 14.08 2020 г.

Изучены особенности сезонного распределения и промысла скумбрии в районе ЦВА на основании анализа данных по биологии объекта, собранных в ходе проведения полевых работ в 2004–2017 гг., и по промыслово-статистической информации, взятой из Центра системы мониторинга рыболовства и связи ФАР за 2004–2019 гг. Для определения сезонного распределения скумбрии выполнены вычисления основных промысловых скоплений, которые найдены как траления с массовой долей скумбрии более 50% от выловленного количества всех видов. Решение данной задачи требовало обработки 96 433 строк данных, которая стала возможной после написания авторами программы на языке SQL с особенностями СУБД Postgres. Сравнение распределения скумбрии по сезонам позволило выявить процесс смещения промыслового флота за перераспределением скоплений крупноразмерной и мелкоразмерной рыбы во время миграций. Расчет расстояний и скорости миграции в период нерестовой активности максимальные для мелкоразмерной скумбрии составляют в среднем 221,4 км/мес. и 4 км/сут. соответственно, для крупноразмерной скумбрии — предположительно в 2 раза больше. Поэтому период нагульной активности крупноразмерной скумбрии с апреля по июль в ИЭЗ Мавритании характеризующийся уменьшением расстояний и скорости миграции и является оптимальным и экономически выгодным для работы промыслового флота.

Ключевые слова: скумбрия, *Scomber colias*, Центрально-Восточная Атлантика, распределение, направление миграций

ВВЕДЕНИЕ

Центрально-Восточная Атлантика (ЦВА) — традиционный район работы советского/российского флота. Исключительно высокая продуктивность этого района определяется пассатным типом циркуляции, способствующей круглогодичному океаническому и прибрежному апвеллингу, а также взаимодействием водных масс

крупномасштабных течений различного происхождения (Букатин, 1993; Лукацкий и др., 2016; Aristegui et al., 2009). Эти процессы обуславливают обогащение биогенными элементами фотического слоя, обильное развитие фито- и зоопланктона, видовое и количественное богатство ихтиофауны (Промысловое..., 2013). Основными промысловыми и наиболее продуктивными районами для работы флота в последние

годы являются исключительные экономические зоны (ИЭЗ) Марокко и Мавритании, а основу уловов в них составляют пелагические рыбы: скумбрия *Scomber colias*¹, европейская (*Trachurus trachurus*) и западно-африканская (*Trachurus trecae*) ставриды, европейская сардина (*Sardina pilchardus*), круглая (*Sardinella aurita*) и плоская (*Sardinella maderensis*) сардинеллы (Лукацкий, Маслянкин 2009).

Промысел скумбрии в марокканско-мавританском районе ведется с начала XX в. (Новоженин, Старосельская, 1964). За весь период промысла российский вылов скумбрии составил 3,8 млн т, или около 39% от международного вылова. Ежегодный мировой вылов скумбрии колебался от 47,6 до 419 тыс. т, российский вылов изменялся в пределах 12,9–174,7 тыс. т в год.

Уловы и промысел скумбрии изменяются в зависимости от сезона года, миграции и распределения рыб. Схема миграций скумбрии, составленная Л.Н. и М.В. Доманевскими (Доманевский, Доманевская, 1988; Доманевский, 1998) показывает, что часть жизненного цикла скумбрия проводит за пределами шельфа в прилегающих открытых частях океана в зоне края шельфа или в циклонических круговоротах. Уточняющие исследования направленности и скорости сезонной и суточной миграции разноразмерной и разновозрастной скумбрии не проводились.

Цель данной работы — анализ сезонной изменчивости отечественного промысла скумбрии на основе изучения биологии, миграций и распределения вида, с помощью выделения географических центров промысловых скоплений и расчета их скорости сезонной и суточной миграции.

¹ С 2016 г. ввиду уточнения морфологии объекта Рабочая группа ФАО по оценке запасов мелких пелагических рыб Северо-Западной Африки SPWG начала использовать латинское название вида *Scomber colias* вместо *Scomber japonicus* (FAO, 2016).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные по биологии скумбрии были собраны в рамках программы мониторинга комплексных исследований мелких пелагических рыб на рыболовных судах в исключительных экономических зонах Марокко и Мавритании в течение: Январь—Февраль 2004 г. (20°54'–26°03' с.ш., 14°55'–17°38' з.д.), Май—Июнь 2005 г. (17°10'–20°52' с.ш., 16°28'–17°52' з.д.), Июль—Сентябрь 2014 г. (21°11'–23°36' с.ш., 16°01'–17°25' з.д.), Июнь—Сентябрь 2015 г. (20°56'–23°19' с.ш., 16°42'–17°45' з.д.), Февраль—Апрель 2016 г. (16°06'–20°37' с.ш., 16°23'–18°38' з.д.), Сентябрь—Ноябрь 2017 г. (20°57'–23°41' с.ш., 16°31'–17°33' з.д.) на акватории между 16°0'–23°58' с.ш., 16°25'–17°50' з.д. в ходе проведения ресурсных исследований в 2004–2017 гг. Сбор и обработку биологического материала проводили по стандартным методикам (Изучение..., 2004). В анализируемый период было проведено 7474 биологических анализа скумбрии, в том числе собрано 502 пробы на возраст (отолиты). Определение возраста рыб производили под стереоскопическим биноклем Olympus SZX2-ZB12 при увеличении 2×8 в падающем свете. За годовую зону принимали совокупность двух смежных зон: опаковой (зимней) и гиалиновой (летней). При подсчете годовых колец учитывали только наиболее четкие, протяженность которых могла быть определена на большей части структуры.

Анализ работы российского флота в ЦВА выполнен на основе промыслово-статистической информации из Центра системы мониторинга рыболовства и связи ФАР, которая формируется из суточных судовых донесений (ССД) (ЦСМС, 2020). Набор данных описывает промысел скумбрии всеми участвующими в нем судами за период 2004–2019 гг. в промысловом районе исключительной экономической зоны Исламской Республики Мавритании, Королевства Марокко, Республике Гвинеи-Бисау и Республике Сенегал, ограниченном координатами 9°40' и 25°58' с.ш. между 15°22'–17°34' з.д.

Работа с данными осуществлялась с помощью программы pgAdmin 3 LTS by BigSQL. ССД загружались на сервер и хранились в формате СУБД PostgreSQL. Для определения основных промысловых скоплений решено было использовать в расчетах уловы скумбрии, которые составляют более 50% от выловленного количества всех видов в траление. Данное условие позволяет вычислить уловы на усилия, где скумбрия была основной целью или выловленным объектом, и выполнить задачи исследования. Для решения задачи определения основных промысловых скоплений скумбрии авторами написана программа на языке SQL с особенностями СУБД Postgres. Выборка и анализ данных осуществляется с помощью специализированного клиент серверного приложения. Всего обработано 96 433 строк из сформированной базы данных.

Вычисленные целевые уловы на усилие позволили определить сезонное распределение и направления миграции скумбрии. Для данной задачи путем пространственно—временного обобщения рассчитаны суммарные выловы целевых уловов на усилия скумбрии в промысловых квадратах (30' широты и 30' долготы) за период январь—декабрь 2004—2019 гг. Для выделения географических центров промысловых скоплений сделаны вычисления по формуле (1):

$$\varphi_{centr} = \frac{\sum \varphi_i c_i}{\sum c_i}, \lambda_{centr} = \frac{\sum \lambda_i c_i}{\sum c_i}, \quad (1)$$

где φ_{centr} и λ_{centr} — соответственно широта и долгота центроида, φ_i и λ_i — широта и долгота точек в i -том квадрате, — суммарный вылов скумбрии в i -том квадрате (Боровков и др., 2014).

Дальнейший расчет скорости сезонной и суточной миграции осуществлен по авторской программе, составленной на языке программирования Java (2,3):

$$d = \cos^{-1} \{ \sin(\Phi a) \times \sin(\Phi b) + \cos(\Phi a) \times \cos(\Phi b) \times \cos(La - Lb) \}, \quad (2)$$

где Φa и Φb — широты, La , Lb — долготы данных пунктов, d — расстояние между

пунктами, измеряемое в радианах длиной дуги большого круга земного шара.

$$L = d \times R, \quad (3)$$

где $R = 6371$ км — средний радиус земного шара.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ЦВА отечественный пелагический промысел ведется с 1962 г., международный с 1964 г. Международный вылов скумбрии в первые пять лет с 1962 г. составлял в среднем ежегодно 53 тыс. т, а в период с 1967 по 1971 гг. вырос в три раза — до 169 тыс. т в среднем за год (рис. 1) (Report..., 2018). При этом в первое десятилетие интенсивной эксплуатации запаса скумбрии доля отечественного вылова составляла 58%, а в некоторые годы достигала 81% (Алексеев, 1969; Вискребенцев, 1970; Новоженин, Старосельская, 1964).

В 1973—1977 гг. ежегодный вылов флота СССР и других стран составлял 148—176 тыс. т скумбрии (Доманевский, Кривоспиченко, 1979; Провоторова, 1979; Krivospichenko, 1975). Интенсивный международный промысел привел к снижению уловов к началу 80-х гг. до 90 тыс. т. В последнее десятилетие ежегодный международный вылов варьирует в пределах 194—333 тыс. т. Наиболее активный промысел ведут страны: Россия, Марокко, Сент-Китс и Невис, Сенегал и страны Прибалтики. Международный вылов скумбрии за 50 лет превысил 9,6 млн т. Общий вылов скумбрии судами СССР/России составил около 3,8 млн т, или 39% от общего мирового вылова за весь период промысла (рис. 2) (Report..., 2018).

После 1992 г. российские суда прекратили кошельковый лов в этом районе, что было связано не с состоянием сырьевой базы, а с причинами политического и организационного характера. Структура российского промыслового флота претерпела существенные изменения, когда на смену устаревшим типа СРТР пришли более совершенные крупнотоннажные суда типа РТМС,

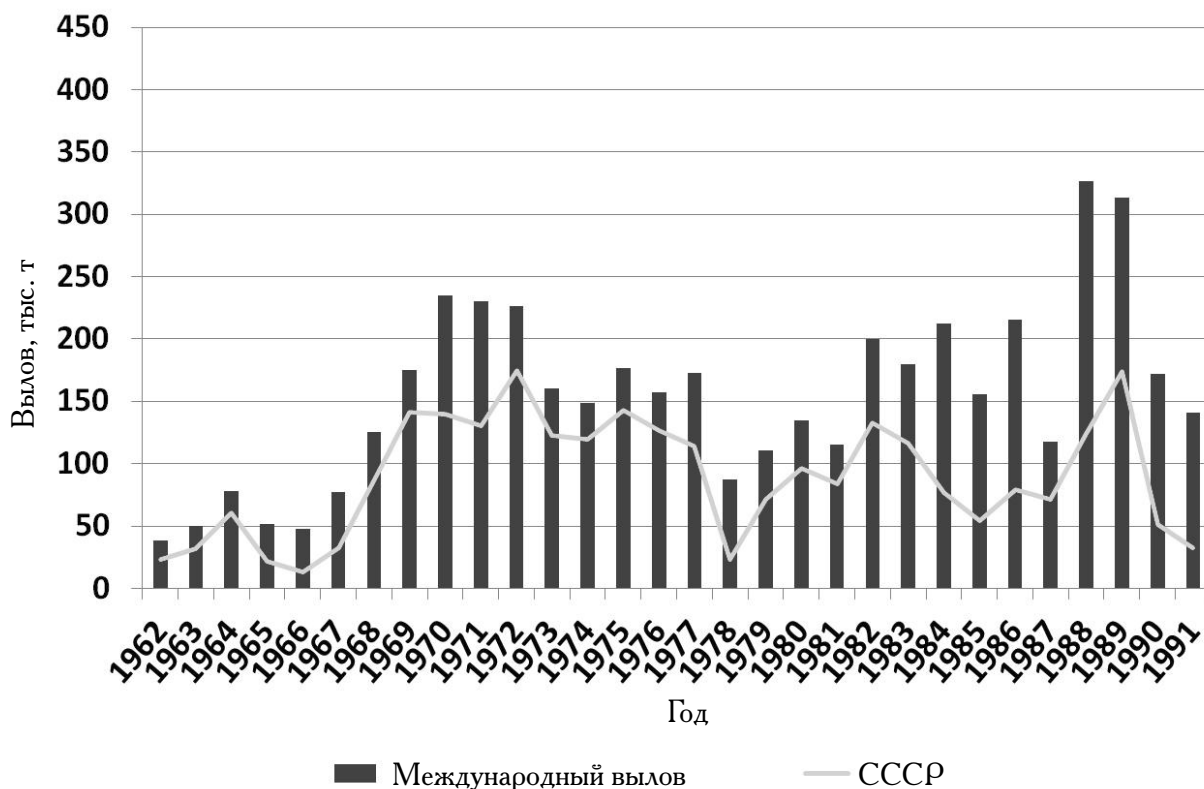


Рис. 1. Общий международный и отечественный вылов скумбрии в ЦВА в 1962–1991 гг.

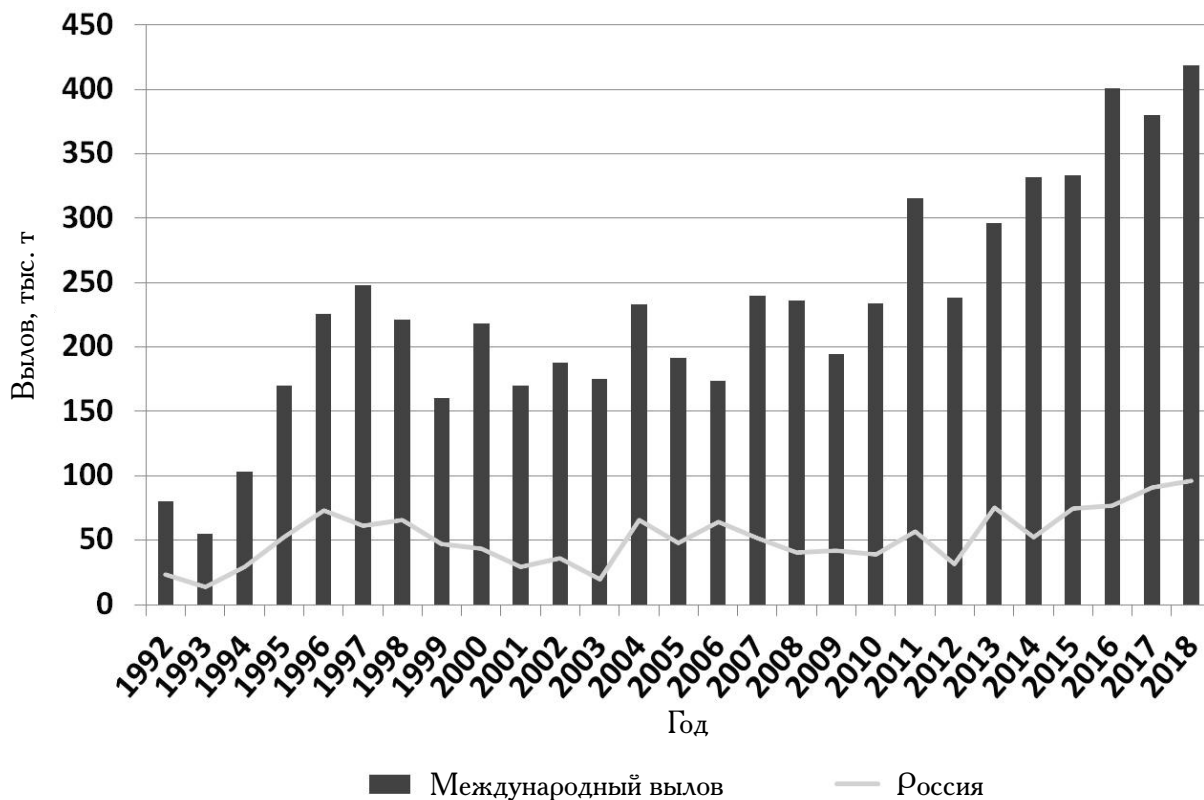


Рис. 2. Международный общий и российский вылов скумбрии в ЦВА в 1992–2018 гг.

РТМКС, БАТМ и БМРТ с крупногабаритными разноглубинными тралами. Значительная часть вылова стала приходиться на глубины 50–300 м. Продолжительность промысла увеличилась с 4-х месяцев до круглогодичного (Промысловое ..., 2013).

В течение последнего десятилетия отмечается постоянный рост вылова скумбрии, который в 2018 г. достиг 419 тыс. т (рис. 2). В зависимости от информационной обеспеченности данными на Рабочей группе ФАО по оценке запасов мелких пелагических рыб Северо-Западной Африки (SPWG) проводят оценку состояния запаса скумбрии, которую выполняют различными аналитическими методами, включая когортные и продукционные математические модели (Тимошенко, 2010).

По результатам расчетов в 2018 г. относительные величины межгодовых соотношений биомасс ($B_{cur}/B_{0.1}$) скумбрии составили 127% и относительные величины текущей промысловой смертности к предосторожной ($F_{cur}/F_{0.1}$) — 105%, что характеризует промысловую эксплуатацию запаса вблизи оптимального уровня (Report ..., 2018). А также SPWG приняла решения определить уровень полной эксплуатации запаса скумбрии и одобрить рекомендацию по вылову на 2019 и 2020 гг. в объеме 340 тыс. т.

Эксплуатация запаса и ведение промысла скумбрии тесно взаимосвязаны с биологией и распределением объекта (Некрасов, 1979). Согласно проведенному анализу по программам, разработанным авторами, наблюдаются характерная сезонная изменчивость распределения скумбрии (рис. 3). В осенне-зимний период с ноября по март поведение скумбрии характеризуется как нерестовое. В ноябре распределение скумбрии наблюдается преимущественно между 20–24° с.ш., 16–18° з.д. К декабрю ввиду усиления Сенегало-Мавританского термического фронта (Провоторова, Беренбейм, 1993) преимущественное распределение расширяется далеко к югу к 17° с.ш. и северу 26° с.ш. В январе, феврале и марте ситуация

распределения сохраняется, но наблюдается резкое смещение акватории с высокими уловами скумбрии (более 1 тыс. т) между 21–23° с.ш., 15–17° з.д. в ноябре–декабре к 22–26° с.ш., 15–17° в.д. в январе–марте.

После завершения нереста миграция скумбрии носит нагульный характер (Voely, Fgeon, 1979; Garcia, 1982), в результате которого с апреля по июль наблюдаются промысловые квадраты с высокой плотностью скоплений до 3 тыс. т на юге ареала распространения (рис. 3). Необходимо отметить, что по результатам исследований на промысловых судах на юге ареала распространения скумбрии размерный состав преимущественно составляет 32–35 см (средняя длина 32,4 см) с возрастом рыб 4–5 лет, в этот же период на севере — 23–27 см (средняя длина 24,4 см) с возрастом рыб 2–3 года. Поэтому транзитный район ИЭЗ Мавритании для миграции скумбрии в данный период является оптимальным и экономически выгодным для ее промысла.

По открытым источникам спутникового наблюдения NASA GES DISC (NASA, 2017), начиная с июня температура поверхности океана (ТПО) акваторий ИЭЗ Сенегала и ИЭЗ Гвинеи-Бисау начинает резко увеличиваться и превышать значение 24°C, что совпадает с миграцией скумбрии в северном направлении (Артеменков, Никитенко, 2017). Превышение значений ТПО 24°C в июле на акватории ИЭЗ Мавритании характеризуется преимущественно полным смещением за 20° с.ш. к августу (рис. 3). При этом на акватории ИЭЗ Марокко по результатам исследований на промысловых судах подтверждается, что средняя длина скумбрии с этого времени начинает увеличиваться до 27,6 см, а размерный состав выражен модальной группой 24–28 см. Данный факт происходит ввиду возврата на акваторию ИЭЗ Марокко крупноразмерной скумбрии (Кривоспиченко, 1979; Baird, 1977; Voely et al., 1978).

Поэтому сезонное распределение с августа по ноябрь характеризуется высокими промыслово-статистическими показате-

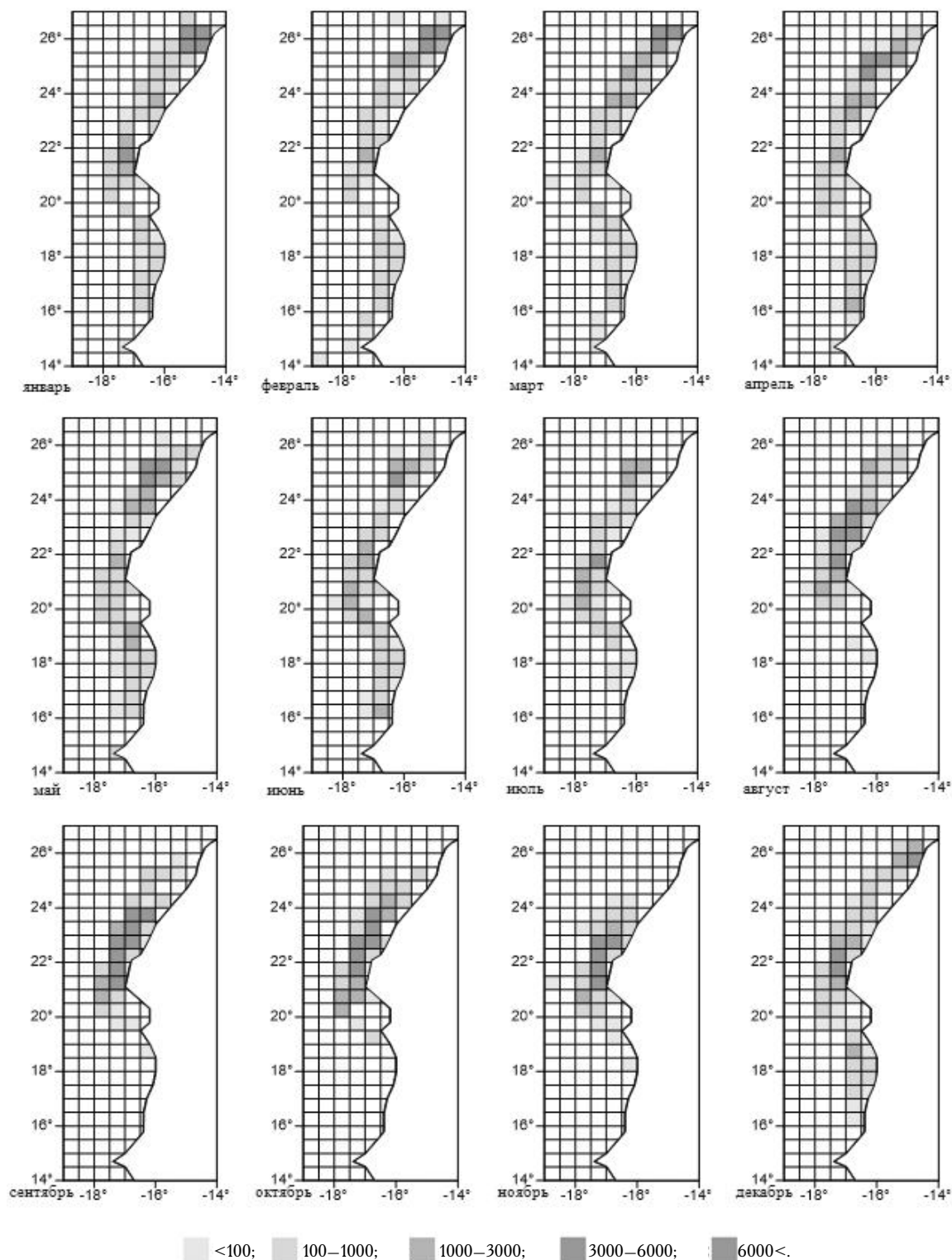


Рис. 3. Сезонное распределение скумбрии в ЦВА в 2004–2019 гг., т

телями уловов скумбрии на акватории ИЭЗ Марокко, а преимущественное распределение скоплений скумбрии с высокой плотностью скоплений

в эти месяцы наблюдается на акватории между 20–24° с.ш., 16–18° з.д. Высокие плотности скоплений практически не сме-

Таблица 1. Расчет расстояния проделанной миграции за период 2004–2019 гг., км

Среднее значение расстояния	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Месяц	87,1	218,3	207,3	135,0	97,2	145,7	130,4	52,3	41,3	75,2	254,7	339,6
Сутки	1,5	4,0	4,3	2,6	1,9	2,8	2,5	0,7	0,7	1,4	5,0	5,2

щаются, что уверенно характеризует биологический период отдыха (Рекомендации ..., 1997) перед предстоящим нерестом.

В период биологического отдыха и накопления энергии с августа по октябрь перед предстоящим нерестом скумбрия характеризуется наименьшими расстояниями проделанной миграции за месяц (Habashi et al., 1987; Weiss, 1981; Wiktor, 1970). Средний бал наполнения желудка (СБНЖ) составляет 1,82 и доля пустых желудков 15%, а в периоды с ноября по март и с апреля по июль, соответственно, СБНЖ 2 и 10% и СБНЖ 1,98 и 21%. Питание скумбрии в интенсивный нерестовой период сходно с периодом отдыха и в 4 раза меньше относительно периода нагула. В период биологического отдыха скумбрия проделывает наименьшие миграции за месяц, среднее значение равняется 56,2 км (табл.). В сентябре преодолеваемое расстояние миграции минимально 41,3 км. Суточная активность скумбрии составила среднюю дистанцию 0,9 км. Центроиды практически не смещаются с августа по октябрь и находятся между 22,8° и 22,4° с.ш. (рис. 4).

Выполненные расчеты и определение географических центров промысловых скоплений позволяют сообщить, что основная часть биомассы скумбрии и ее вылов распределяются не так широко как вычисленные и наблюдаемые сезонные миграции (рис. 4).

Таким образом, в период нерестовой активности с ноября по март центроиды основной части биомассы начинают пе-

ремещаться с 22,1° по 24,3° с.ш., а расчет расстояний проделанной миграции за месяц составляет в среднем 221,4 км. В декабре отмечается максимальное преодолеваемое расстояние миграции 339,6 км. В период нерестовой активности суточные миграции основной части скоплений скумбрии являются наибольшими и достигают в среднем 4 км.

Сравнивая ход миграции скумбрии с апреля по июль в период нагула географические центры промысловых скоплений начинают смещаться к югу с 23,4° по 21,8° с.ш. в сторону мыса Кап-Блан. Расстояния проделанной миграции за месяц снижаются и составляют в среднем 127,1 км. Наименьшее преодолеваемое расстояние миграции 97,2 км наблюдается в мае. Нагульная активность скумбрии составляет в среднем 2,4 км в сутки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенная характеристика перемещения основной части биомассы скумбрии позволяет отметить, что промысел в ИЭЗ Марокко не имеет ярко выраженной сезонной динамики. В период с августа по октябрь на акватории южной части Марокко происходит смешивание разноразмерной скумбрии, что создает наиболее благоприятные условия для ее промысла.

Район Мавритании является транзитным для мигрирующей крупной скумбрии. Характер промысла в районе более сложный

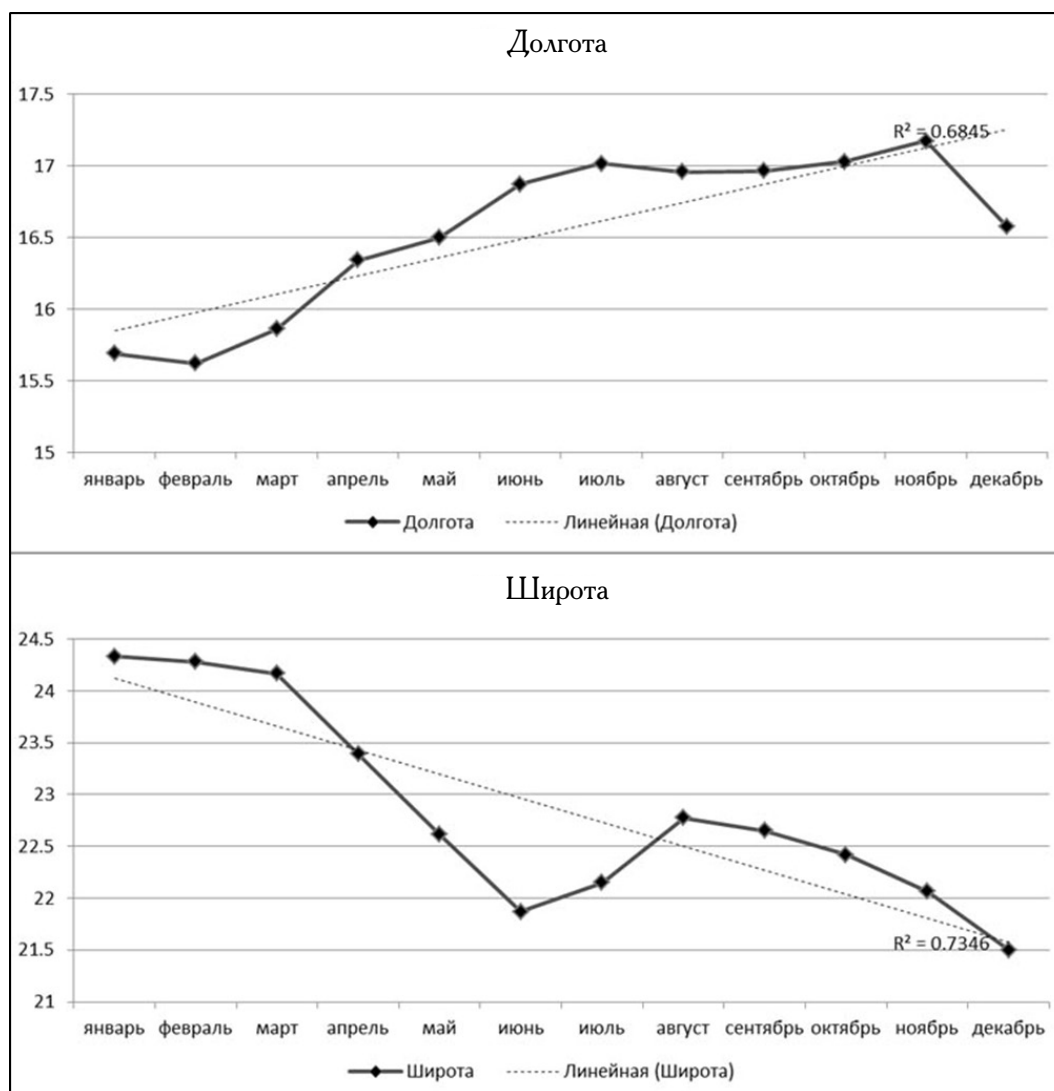


Рис. 4. Динамика координат географических центров сезонных распределений промысловых скоплений скумбрии в ЦВА за период 2004–2019 гг.

и динамичный, чем в смежных районах, что связано с ярко выраженной сезонной и межгодовой изменчивостью гидрологических условий. Оптимальным периодом для работы флота является май-июнь, когда промысел базируется на облове скумбрии и других пелагических рыб. Следовательно, в ноябре-январе также возможен достаточно эффективный облов скоплений этих же рыб, совершающих обратную осенне-зимнюю миграцию на юг. Данный факт подтверждает, что в ИЭЗ Сенегала и ИЭЗ Гвинеи-Бисау промысел носит ярко выраженный сезонный характер и наиболее эффективен в январе-мае, когда крупноразмерная скумбрия при-

ходит с севера и эпизодически распространяется в пределах района.

Расчет расстояний и скорости миграции основной части биомассы скумбрии показали, что активность в нерестовой период с ноября по март относительно периода отдыха с августа по октябрь в 4 раза больше. Необходимо отметить, что анализируемая статистика описывает поведение мелкоразмерных когорт скумбрии и не охватывает действительные пройденные расстояния и скорости миграций крупноразмерных рыб, которые предположительно в 2 раза больше.

Сезонная изменчивость отечественного промысла представляет собой процесс

смещения за перераспределением скоплений крупноразмерной и мелкоразмерной скумбрии во время миграций. В период с ноября по март нерестовая миграция имеет направленность для крупноразмерной скумбрии в генеральном южном направлении в акваторию Мавритании и Сенегала и мелкоразмерной скумбрии смещением в северном направлении на акватории ИЭЗ Марокко. После наступает период нагула и активного питания скумбрии с апреля по июль, который демонстрирует распределение крупноразмерной скумбрии в водах Мавритании, а мелкоразмерной рыбы в водах Марокко. С августа по октябрь в последний период сезонной активности, находясь в состоянии отдыха и накопления энергии, основные скопления скумбрии расположены в водах Марокко. В это же время рыба не мигрирует на далекие расстояния, а ее суточные передвижения минимальны.

Перемещение географических центров сезонной миграции скумбрии позволили вычислить, что основная часть биомассы располагается и облавливается на акватории ИЭЗ Марокко. При этом в период миграции на юг в акваторию Мавритании и Сенегала за крупноразмерной скумбрией почти не смещаются мелкоразмерные когорты.

Работа выполнена в рамках ежегодного государственного мониторинга основных промысловых рыб в Центрально-Восточной Атлантике в 2004–2017 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Ф.Е. Некоторые данные по биологии скумбрии северо-западного побережья Африки // *Тр. АтлантНИРО*. 1969. Вып. 22. С. 308–316.

Артеменков Д.В., Никитенко А.И. Сопряжение параметров окружающей среды с оценкой запаса скумбрии восточной в Центрально-Восточной Атлантике // V Научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием: Современные проблемы и перспективы развития рыбохо-

зяйственного комплекса. Москва. ФГБНУ «ВНИРО». 2017. С. 17–20.

Боровков В.А., Карсаков А.Л., Ярагина Н.Ф. и др. Эффекты современных изменений климата в распределении промысловых скоплений северо-восточной арктической трески в период нагула // *Вопр. промысловой океанологии*. 2014. № 11. С. 61–76.

Букатин П.А. Основные результаты и перспективы исследований биоресурсов восточной Атлантики // *Экология и запасы промысловых рыб в восточной Атлантике*. 1993. С. 6–18.

Выскребенцев Б.В. Данные по биологии скумбрии (*Scomber japonicus colias* Gmelin, 1789) западного побережья Африки // *Тр. АзЧерНИРО*. 1970. Вып. 29. С. 144–168.

Доманевский Л.Н. Рыбы и рыболовство в неритической зоне Центрально-Восточной Атлантики: монография. Калининград.: АтлантНИРО, 1998. 196 с.

Доманевский Л.Н., Доманевская М.В. Влияние океанологических условий на формирование скоплений рыб у Атлантического побережья Африки // *Сб. Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и Юго-Восточной части Тихого океана*. 1988. 140 с.

Доманевский Л.Н., Кривоспиченко С.Г. Некоторые особенности колебания численности скумбрии Центрально-Восточной Атлантики в подрайоне Сахары (34. I. 3) банок // *Состояние запасов и динамика численности пелагических рыб Мирового океана: Тез. докл. Калининград*. 1979. С. 46–47.

Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки // *Госкомрыболовство России*. Москва. ВНИРО. 2004. 299 с.

Кривоспиченко С.Г. Некоторые черты биологии скумбрии (*Scomber japonicus colias* Gmelin, 1789) Азорского и Канарского комплексов банок // *Состояние запасов и динамика численности пелаги-*

- ческих рыб Мирового океана. Тез. докл. 1979. С. 62–64.
- Лукацкий В.Б., Дубищук М.М., Вафиев А.А. Особенности распределения и промысла западноафриканской ставриды (*Trachurus trcae*) в районе Мавритании в весенне-летний период // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 48–65.
- Лукацкий В.Б., Маслянкин Г.Е. Особенности формирования промысловых скоплений массовых пелагических рыб вдоль северо-западного побережья Африки // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006–2007 годах. Сб. науч. тр. АтлантНИРО. 2009. Т. 2. С. 105–114.
- Некрасов В.В. Перспективы промысла скумбрии в открытых водах Мирового океана // Состояние запасов и динамика численности пелагических рыб Мирового океана. Тез. докл. 1979. С. 68–70.
- Новоженин Н.П., Старосельская А.Г. К биологии скумбрии Северо-Западного побережья Африки // Тр. АтлантНИРО. Рыбопромысловые исследования в тропической зоне Атлантического океана. 1964. Вып. 11. С. 65–70.
- Провоторова А.Н. Оценка запаса скумбрии в районе к западу от Британских островов // Состояние запасов и динамика численности пелагических рыб Мирового океана: Тез. докл. 1979. С. 80.
- Провоторова А.Н., Беренбейм Д.Я. Зависимость сроков нереста скумбрий от температурных условий // Экология и запасы промысловых рыб Восточной Атлантики. 1993. С. 100–115.
- Промысловое описание продуктивных районов Атлантического океана (к югу от параллели 50° с.ш.) и Юго-Восточной части Тихого океана // АтлантНИРО, 2013. 415 с.
- Рекомендации по использованию промысловых районов в Атлантическом океане на 1998 г. // АтлантНИРО. 1997. С. 56.
- Тимошенко Н.М. История и перспективы экспедиционного промысла в Центрально-Восточной Атлантике // Вопр. рыболовства. 2010. Т. 11. № 4 (44). С. 664–670.
- ЦСМС Центра системы мониторинга рыболовства и связи. Судовые точные донесения [Electronic resource]. — URL: <http://cfmc.ru/> (дата обращения: 03.03.2020 г.).
- Aristegui J., Barton E.D., Álvarez-Salgado X.A. et al. Subregional ecosystem variability in the Canary Current upwelling // Progress in Oceanography. 2009. V. 83. №1. P. 33–48.
- Baird D. Age, growth and aspects of reproduction of the mackerel, *Scomber japonicus* in south African waters (Pisces: Scombridae) // Zoologica Africana. 1977. № 12 (2). P. 347–362.
- Boely T., Chabanne J., Freon P. Schémas migratoires, aires de concentrations et périodes de reproduction des principales espèces de poissons pélagiques côtières dans la zone sénégalomauritanienne // Rapport du groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouestafricains de la Mauritanie au Libéria. 1978. P. 63–70.
- Boely T., Freon P. Les ressources pélagiques côtières // FAO: Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre—est. Ière partie: les ressources du golfe de Guinée, de l'Angola à la Mauritanie. 1979. FAO Doc. tech. 186. 167 p.
- FAO Working group on the assessment of small pelagic fish off northwest Africa/ FAO// Dakar, Senegal. 23–28.05.2016. 268 p.
- García S. Distribution, migration and spawning of the main fish resources in the northern CECAF area // CECAF/ECAF SERIES 82/25. Rome: FAO. 1982. P. 136–146.
- Habashi B.B., Kompowski A., Wojciechowski J. Food and feeding of chub mackerel, *Scomber japonicus* Houtuyn, 1782 in the North-West African shelf // Acta ichthyol. et piscator. 1987. V. 17 (1). P. 77–92.
- Krivospichenko S.G. Changes in the length composition in catches of Atlantic Mackerel (*Scomber colias*) in the Central East Atlan-

tic from 1968 to 1975 // *Annales biologiques*. 1975. V. 32. P. 176–177.

NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) – Giovanni v. 4. 24 – Температура поверхности океана [Electronic resource] . – URL: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> (дата обращения: 04.04.2017 г.).

Report of the FAO Working group on the assessment of small pelagic fish off North-west Africa // FAO. Rome. 2018. №1222.

Weiss R. Zur Fortpflanzungsbiologie der Thunnakrele (*Scomber japonicus* Houttuyt 1782) in der Gewässern vor Nord-Westafrika. *Fischerei–Forschung*. 1981. № 1. S. 19–29.

Wiktor K. La composition de la nourriture du maguereau (*Scomber colias*) des eaux cotieres de l’Afrique du Nord Ouest // ICES Documents, VII (Pelagic Fish // Southern / Comittee). C. M/J. 1970. 7 p.

MIGRATION, DISTRIBUTION AND FISHING OF CHUB MACKEREL (*SCOMBER COLIAS*) AT THE CENTRAL-EASTERN ATLANTIC

© 2020 y. A.I. Nikitenko¹, D.V. Artemenkov², V.A. Belyev², A.N. Stroganov³, I.V. Sobolev⁴

¹ Branch for the Freshwater Fisheries of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIIPRKH), Moscow area, Rubnnoe, 141821

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, 107140

³ Lomonosov Moscow State University (<MSU>), Moscow, 119234

⁴ Dubna State University, Dubna, 141983

The features of seasonal distribution and fishing of chub mackerel in the Central–Eastern Atlantic area were studied. The analysis were completed by data of chub mackerels biology collected during field work in 2004–2017, and data of fishing and statistical information taken from the Center of the Fisheries Monitoring and Communication System of the Federal Agency of Fishery in 2004–2019. Seasonal distribution of chub mackerel were determined by calculations of the main fishing aggregations, which were found as trawls with a mass fraction of chub mackerel more than 50% of the caught number of all species. The task were decided after processing of 96433 rows of fishing data. Authors wrote the program in SQL with the features of the Postgres DBMS. Distribution of chub mackerel by season revealed the process of shifting the fishing fleet due to the redistribution of aggregations of large–sized and small-sized fish during migrations. During spawning activity calculation of distances and migration rates is the maximum for small–sized chub mackerel 221,4 km / month and 4 km / day, accordingly, for large-sized chub mackerel – presumably 2 times more. Therefore, the period of feeding activity of large–sized chub mackerel from April to July in the EEZ of Mauritania is characterized by a decrease in the distance and speed of migration. That is optimal and cost-effective for the operation of the fishing fleet.

Keywords: chub mackerel, *Scomber colias*, Central-Eastern Atlantic, distribution, migration direction

**О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЧИСЛЕННОСТИ МОЛОДИ
ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *RATINOPECTEN YESSOENSIS*
НА ПЛАНТАЦИЯХ МОРСКИХ ХОЗЯЙСТВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

© 2020 г. Д. Д. Габаев

Национальный Научный Центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток, 690092
E-mail: gabaevdd@mail.ru

Поступила в редакцию 23.03.2020 г.

Представлено биологическое обоснование возможности долгосрочного прогнозирования численности молоди приморского гребешка *Ratinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) — основного объекта культивирования в Приморском крае, по хорошо заметной продолжительности ледового периода в мелководных бухтах. Возможность прогнозирования стала краеугольным камнем созданного в прошлом веке способа беспересадочного разведения морского гребешка и устройства для его осуществления.

Ключевые слова: приморский гребешок, динамика воспроизводства, факторы среды, рентабельный способ разведения.

ВВЕДЕНИЕ

Как и любая деятельность марикультура нуждается в прогнозировании всех этапов технологии культивирования с целью их оптимизации. У созданного в Японии способа разведения холодноводного двустворчатого моллюска — приморского гребешка *Ratinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) наиболее критическим звеном является сбор личинок из планктона на коллекторы. В Приморском крае в зависимости от биотических и абиотических факторов плотность молоди на одном коллекторе может варьировать от 10–20 до 1500–2000 экз. гребешка (Белогрудов, 1987). По японской технологии подросшую на коллекторах молодь осенью пересаживают в садки, поэтому морские фермеры пытаются собрать коллекторами максимальное количество личинок. Однако короткий и изменчивый период их оседания привел к необходимости прогнозирования времени начала выставления коллекторов.

Для этого изучают динамику гонадного индекса гребешка по методу Ито и соавторов (Ito et al., 1975) и по резкому снижению этого показателя определяют начало его нереста (Белогрудов, 1981; Брегман, Седова, 1989). Добавляя к этому времени известную продолжительность пелагического периода (Габаев, Калашникова, 1980), исследователи прогнозируют начало оседания личинок. Для уточнения этой даты изучают динамику численности личинок гребешка в планктоне. При обнаружении личинок с длиной раковины 200–225 мкм необходимо срочно (за 2–3 дня) погрузить коллекторы в море (Белогрудов, 1987). Однако этот прогноз не выполним, поскольку для образования на субстратах бактериально- водорослевой пленки их необходимо несколько дней подержать в море (Белогрудов, 1986) и не менее 10 дней требуется для выставления в море 55 тыс. коллекторов (Габаев, 1990).

На основе наблюдаемого обилия личинок перед оседанием Белогрудов и Скокленева (1983), по методу Ито и соавторов

(Ito et al., 1975), составляли краткосрочный прогноз численности молоди гребешка на коллекторах. Для прогнозирования численности спата с заблаговременностью 20–30 сут. Брегман и др., (1986; 1987) пытались найти взаимосвязь между плотностью спата (экз./коллектор) и длительностью ледового периода, а также суммой среднесуточных температур воды от даты их перехода через 0°C до начала массового нереста гребешка. При этом они предположили, что между длительностью ледового периода в прошедшую зиму и численностью молоди гребешка наблюдается обратная зависимость (Брегман и др., 1986), но это предположение оказалось ошибочным и их прогнозы на конец 80-х гг., либо не оправдывались, либо были не точными (Гайко, 2018).

Однако в 1985 г. автор статьи получил авторское свидетельство на способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления, в котором показано, что между длительностью ледового периода и численностью молоди гребешка на коллекторах наблюдается прямая зависимость (Габаев, 1985). Л. А. Гайко (2006) предприняла еще одну попытку «доказательства» обратной зависимости между численностью молоди и длительностью ледового периода, несмотря на неудачное прогнозирование. Для этого она привлекла завышенные более чем в 5 раз данные Григорьевой и др. (2005) по количеству молоди гребешка в 1990 г. (Габаев, 2010). В завершение Л. А. Гайко (2006) дает рекомендации фермерским хозяйствам не погружать в море гребешковые коллекторы в неурожайный год (на самом деле урожайный).

Наши многолетние наблюдения в б. Миносок зал. Посьета позволяют облегчить прогнозирование времени начала выставляния коллекторов и рекомендуют ежегодно завершать погружение коллекторов в море до 15 июня каждого года (Габаев, 1990, Габаев, Айздайчер, 2012), а в более холодноводной б. Кит (среднее Приморье) их следует погрузить к началу июля (Габаев, 1990). Методы достижения максимальной

численности молоди и вычисления плотности спата по обилию личинок и климатическим факторам (Ito et al., 1975; Белогрудов, 1981; Белогрудов, Скокленева, 1983; Брегман, Седова, 1989) не предлагают приемов для ее повышения в неурожайные годы, которые встречаются довольно часто, поскольку динамика численности гребешка демонстрирует квазидвухлетнюю изменчивость (Габаев, 1986).

Учитывая положительную взаимосвязь между легко определяемой продолжительностью ледового периода в мелководных бухтах и обилием молоди на коллекторах мы предлагали строить долгосрочный прогноз обилия спата по времени освобождения этих бухт ото льда. В урожайные годы лед сходит к середине апреля, а в неурожайные — раньше, причем было обнаружено, что неурожайные 1980 и 1981 гг. совпали с максимальной солнечной активностью (Габаев, 1982), которая положительно воздействует на температурные условия Земли (Абдусаматов, 2009). Связанная с солнечной активностью ультрафиолетовая радиация (UV) отрицательно влияет на гаметогенез *P. yessoensis* (Li et al., 2000) и пищу для личинок (Rech et al., 2005). Это приводит к тому, что урожайные годы наблюдаются при низкой солнечной активности (рис. 1) и между обилием молоди и числами Вольфа наблюдается достоверная обратная взаимосвязь ($r = -0.343$; $\rho = 0.043$) (табл. 1). Возможно, солнечная активность ответственна и за то, что все исследованные нулевые годы (1980, 1990, 2000 и 2010), отличающиеся высокой солнечной активностью, оказались неурожайными на молодь *P. yessoensis* (Габаев, 2013) (рис. 1). Между продолжительностью ледового периода и солнечной активностью наблюдается высокая отрицательная взаимосвязь (Габаев, 1987), а динамика солнечной активности прогнозируема (Резников, 1980), и может служить ориентиром в долгосрочном прогнозировании численности молоди.

Многолетняя проверка японской технологии культивирования приморского гребешка показала ее убыточность в наших

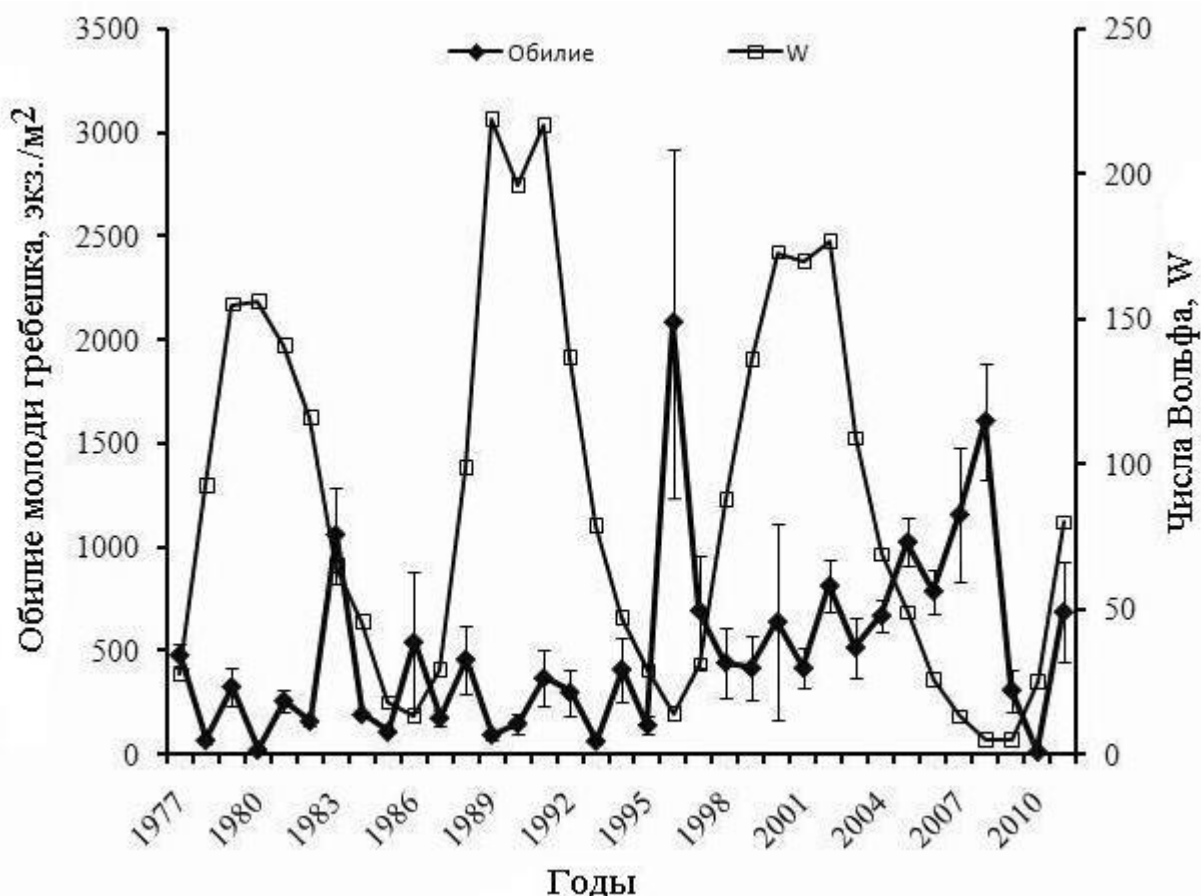


Рис. 1. Динамика численности молоди приморского гребешка (экз./м²) коллектора и среднегодовой солнечной активности в числах Вольфа, W.

условиях (Жук, Новоселова, 2009), а существующие конструкции плантаций не позволяют ее механизировать. Однако способ беспересадочного разведения морского гребешка способен добиться рентабельности технологии разведения приморского гребешка (Габаев, 1985), поскольку основан на долгосрочном прогнозировании обилия молоди и на знании реализованной ниши у оседающих личинок. Долгосрочное прогнозирование численности молоди и знание того, как можно ее стабилизировать обеспечивают ее постоянное, оптимальное количество на коллекторах, позволяющее моллюскам без пересадок в садки достигать промыслового размера. Расположение предлагаемого устройства на дне позволяет расширить площадь акватории, пригодной для марикультуры, и механизировать процесс выращивания.

Цель статьи — обоснование возможности долгосрочного прогнозирования численности молоди приморского гребешка на морских плантациях Приморского края и реальности механизации и стабилизации процесса культивирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Определение времени начала нереста

Работа проводилась в 1977–2011 гг. в б. Миносок (зал. Посыета) (42°36' N, 130°51' E). На ее акватории имелись постоянные морские плантации, что облегчало многолетние наблюдения за воспроизводством приморского гребешка. Каждые десять дней с середины мая по конец июня 1977–1990 с помощью водолазной техники в б. Миносок отлавливали 25–30 экз.

Таблица 1. Коэффициент корреляции Пирсона между численностью *P. yessoensis* и факторами среды. Жирным шрифтом обозначены достоверные значения

	yess	W	ais	H	tem	dev	flood	sol	wind	currwind	rainfall
yess	1,0000	-0,3434	0,3906	-0,6460	-0,1198	-0,0919	-0,0739	-0,2949	0,6816	0,3767	0,7235
W	-0,3434	1,0000	-0,0826	0,2431	0,2045	-0,0151	-0,0003	0,2951	-0,2735	-0,1882	-0,3115
ais	0,3906	-0,0826	1,0000	-0,3923	-0,1133	0,1225	0,1332	-0,3681	-0,0540	-0,1204	0,3591
H	-0,6460	0,2431	-0,3923	1,0000	0,1707	0,1137	-0,1286	0,4597	-0,3596	-0,2923	-0,7425
tem	-0,1198	0,2045	-0,1133	0,1707	1,0000	0,1062	0,0026	-0,0516	0,0696	0,4214	-0,0956
dev	-0,0919	-0,0151	0,1225	0,1137	0,1062	1,0000	-0,1522	-0,2488	-0,0477	-0,1213	-0,2507
flood	-0,0739	-0,0003	0,1332	-0,1286	0,0026	-0,1522	1,0000	-0,6352	-0,2136	0,1991	0,5024
sol	-0,2949	0,2951	-0,3681	0,4597	-0,0516	-0,2488	-0,6352	1,0000	-0,0507	-0,1911	-0,5787
wind	0,6816	-0,2735	-0,0540	-0,3596	0,0696	-0,0477	-0,2136	-0,0507	1,0000	0,5551	0,3807
currwind	0,3767	-0,1882	-0,1204	-0,2923	0,4214	-0,1213	0,1991	-0,1911	0,5551	1,0000	0,4363
rainfall	0,7235	-0,3115	0,3591	-0,7425	-0,0956	-0,2507	0,5024	-0,5787	0,3807	0,4363	1,0000

Примечание: yess — численность молоди гребешка, экз./м², W — среднегодовая солнечная активность в числах Вольфа, ais — суммарное количество ледовых дней в зал. Посыета, H — средняя высота раковин гребешка к 23 сентября каждого года, tem — средняя июньская температура воды в зал. Посыета, dev — стандартная ошибка среднеиюньской температуры, flood — среднеиюньский уровень моря в зал. Посыета, sol — среднеиюньская соленость в зал. Посыета, wind — среднеиюньская скорость ветра в зал. Посыета, currwind — среднеиюньское направление ветра в зал. Посыета, rainfall — среднеиюньское обилие осадков в зал. Посыета.

гребешка и взвешивали у них общую массу, массу мягких тканей, мускула и гонад с точностью ± 0.02 г. По цвету гонад определяли пол выловленных моллюсков. Гонадный индекс у гребешка изучали по методу (Ito et al., 1975). Время наступления нереста моллюсков определяли по резкому снижению на 9–12% гонадного индекса у самок. Разницу между максимальным и минимальным значениями гонадного индекса считали выметанным объемом гонады.

Исследование планктона

Для определения оптимального времени выставления коллекторов изучали планктонные пробы. Через неделю после нереста один раз в 2–3 дня в течение 14 лет в горизонте 0–10 м на 1–3 станциях б. Миноносок с помощью сети Апштейна брали пробы планктона. Размер ячеек мельничного сита составлял 100 мкм. Скорость подъема сети не превышала 0,5 м/сек. Планктонные пробы фиксировали 3% формальдегидом. Просчет и измерение личинок гребешка проводили под микроскопом МБС с помощью камеры Богорова, а обнаруженную численность переводили на 1 м³.

Наблюдения

на искусственных субстратах

Динамику численности молоди гребешка изучали с помощью сетчатых мешочных коллекторов японской конструкции, помещенных в 1977–2011 гг. на морской плантации в б. Миноносок в горизонте 8–12 м. Оболочка у коллекторного мешка была изготовлена из капрона с размером ячеек 5 мм, в который была вложена полиэтиленовая сетка с размером ячеек 10 мм. Общая площадь одного коллектора составляла 1,44 м², а гирлянда представляла собой 10 коллекторов, поочередно прикрепленных к капроновой веревке \varnothing 3 мм и обеспеченной грузом массой 300 г. Гирлянды погружали в море до и после достижения личинками гребешка длины раковины 250 мкм (перед оседанием) и через 3–4 месяца их поднимали на поверхность.

Все гребешки были извлечены из коллекторов и подсчитаны, причем мертвые и живые особи были суммированы. Высоту раковины у 30–50 живых особей измеряли штангенциркулем с точностью + 0,1 мм. Результаты измерения молоди гребешка приводили к одной дате (23 сентября) путем использования полученного ранее уравнения:

$$N = 4,7703 + 0,7631 * \text{дата} (R^2 = 0,532),$$

где дата — время наблюдений. Результаты сбора личинок на японские коллекторы сравнивали с материалами, полученными в 1980–1991 гг. на созданных нами коллектор-садках (а.с. 826998), выставляемых в нескольких хозяйствах мариккультуры Приморского края.

Для сопоставления трех технологических схем в двух бухтах (б. Миноносок (зал. Посьета) и б. Кит (среднее Приморье)) у одной трети коллектор-садков с 15 мм отверстиями в оболочке осевших личинок содержали без пересадок в течение 3 лет. У второй части коллектор-садков годовалую молодь пересаживали в садки для подращивания, а оставшуюся часть высевали на дно.

Наблюдения за климатом

Ежесуточные значения солености и температуры воды на поверхности, а также скорость и направление ветра, уровень моря и обилие осадков в зал. Посьета в июне 1977–2011 гг., полученные метеостанцией пос. Посьет (42°39' N, 130°48' E), были предоставлены автору сотрудником ТОИ ДВО РАН к.г.н. Ростовым И. Д. В эти же годы мы отмечали продолжительность ледового покрова в б. Миноносок зал. Посьета. Наиболее важный месяц для воспроизводства гребешка — июнь, поэтому динамику климатических факторов строили по этому месяцу. У средней июньской температуры воды была подсчитана стандартная ошибка, характеризующая изменчивость температуры в период воспроизводства гребешка. Июньские значения солнечной активности, выраженные в числах Вольфа, были получены из <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov>.

Статистическая обработка материала

Взаимосвязь динамики численности молоди гребешка в б. Миносок зал. Посыта с динамикой перечисленных факторов определяли с помощью линейного регрессионного анализа, а непараметрический многомерный анализ (nMDS) использовали для визуализации взаимосвязи численности спата с абиотическими факторами. Статистическая обработка материала была проведена при помощи STATISTICA 6 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Перед анализом, данные были тестированы на нормальность путем использования теста Shapiro-Wilk's (Боровиков, 2003) с $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уже при эксплуатации естественных популяций гребешков было обнаружено непостоянство уловов и обилия молоди (Dickie, 1955; Olsen, 1955) и многие исследователи пытались объяснить это явление. Факторы среды влияют на любой этап годового гонадного цикла моллюсков, включая размножение гониев, рост и созревание гамет (Касьянов, 1989) и каждая стадия репродуктивного цикла имеет определенный температурный оптимум (Кауфман, 1976). В зал. Петра Великого возобновление репродуктивного цикла у приморского гребешка начинается с понижением температуры до 15 °С (Дзюба, Косенко, 1979) и этому способствует более резкое осеннее снижение температуры воды, чем весенний прогрев (Винокурова, Скокленева, 1980). К началу зимы половые железы гребешка достигают значительной величины — они становятся плотными, окрашенными, а зимой гаметогенез останавливается (Дзюба, 1986). Однако на Хоккайдо в течение зимы наблюдается период развития гонад (Chang et al., 1985), а с повышением температуры воды отмечается период зрелости (Motoda, 1973; Maru, 1976).

Если осенью возобновление половой активности началось, то зимнее понижение температуры воды его не останавливает, а лишь увеличивает продолжительность

(Lubet, 1981). Протекающая при минимальной температуре стадия вителлогенеза удовлетворяется путем значительного удлинения этой стадии (Кауфман, 1976). Активный гаметогенез в конце зимы при отрицательной температуре воды дает основание полагать, что пусковые механизмы развития гонад гребешка связаны не только с внешними, но и с внутренними факторами (Вараксин и др., 1974; Дзюба, Грузова, 1976).

Активизации гаметогенеза моллюсков в зал. Петра Великого способствует зимнее цветение фитопланктона (Вышкварцев, 1979; Пропп и др., 1979; Коновалова, 1979; 1980), оптимизирующее состав яиц (Robinson, 1992), а созреванию *P. yessoensis* благоприятствует хорошее наполнение желудков (Maru, Obara, 1967; Maru, 1976; Tsuchia, 1981). Существует корреляция между интенсивностью цветения фитопланктона и толщиной гонады у моллюсков (Loosanoff, 1965), причем условия, в которых происходит созревание гонад, в значительной степени определяют их массу (Lewis et al., 1982; Kawamata, 1983). Высокая зимняя активность моллюсков подтверждается интенсивностью потребления ими кислорода (Newell, 1973; Fuji, Hashizume, 1974; Проссер, 1977; Макарова, 1983). Отрицательные температуры воды являются сильным стрессом для животных. Он приводит к появлению высокого гонадного индекса у *Placopecten magellanicus*, поскольку моллюски ограничивают рост в целях сохранения репродукции (MacDonald et al., 1987; MacDonald, 1988). Температура воды в течение зимы 1973/1974 гг. на востоке зал. Муцу была ниже, а гонадный индекс у *P. yessoensis* там оказался выше (Ito et al., 1975). Сходные результаты у этого гребешка получены на о. Хоккайдо (Chang et al., 1985), и в Атлантике у *Argopecten irradians* (Barber, Blake, 1983). По всей вероятности, высокие температуры отрицательно влияют на активность репродуктивной системы приморского гребешка (Дзюба, Грузова, 1976).

Процесс нереста играет огромную роль в воспроизводстве. Пищевой и темпе-

ратурный факторы при благоприятных сочетаниях могут ускорить наступление нереста (Касьянов и др., 1974), а количество выметанных при нересте гамет зависит от запасов гликогена, накопленных в преднерестовый период (Loosanoff, Nomejko, 1951; Maru, 1976; Lubet, 1981; Tardy, 1982). Распределение и численность моллюсков в разных частях ареала подчинено термическому режиму водных масс (Caddy, 1979; Скарлато, 1981; Галкин, 1987), а колебание температуры между 9 и 15 °С — основной стимулятор нереста *P. yessoensis* (Imai, 1967; Maru, 1976). Скорее всего, низкие температуры сказываются благоприятно только на плодовитости холодолюбивых животных. Во время нереста *P. yessoensis* в Японском море понижение температуры приводит к его задержке, что часто ведет к смерти (Osanai, 1975; Uno, Hayashi, 1980; Сэкино, 1981; Chang et al., 1985), или к уменьшению уровня воспроизводства (Белогрудов, 1975; Maru, 1976; Куликова, 1979). Зрелая на вид половая железа приморского гребешка представлена 2–3 генерациями клеток и в годы с резким и длительным понижением температуры воды клетки не всех генераций во время нереста попадают в море (Дзюба, 1971).

В неурожайный 1980 г. гонадный индекс после нереста у приморского гребешка был высоким (Белогрудов, 1987). Однако под сильным воздействием химических и термических факторов могут выбрасываться яйца, не достигшие полной зрелости, что также снижает количество личинок (Loosanoff, Davis, 1963). В годы, когда в период нереста гребешка температура воды повышается постепенно появляется больше личинок, чем в другие годы (Материалы ..., 1973). Сходная зависимость от температуры воды наблюдается у этого гребешка в б. Миноносков зал. Посъета (Габаев, 1981), и у *Crassostrea gigas* в б. Новгородской этого же залива (Белогрудов и др., 1986). Если быстрое повышение температуры вызывает ранний нерест и затем температура падает, то замедление развития личинок *P. yessoensis* при низких температурах увеличивает веро-

ятность их выноса из оз. Сарома в открытое море (до 76% всех личинок) и год оказывается не урожайным на молодь (Maru, 1994). Обратная зависимость между обилием молодежи гребешка на коллекторах и температурой, а также ее изменчивостью в июне каждого исследованного нами года обнаружена в б. Миноносков зал. Посъета (табл. 1).

Однако есть акватории, где после суровой зимы условия способствуют не только гаметогенезу, но и эмбриогенезу. Низкие температуры воды благотворно действуют на личинок *P. yessoensis* (Kingzett et al., 1990) в Канаде, *A. purpuratus* (Uribe et al., 1994) и *Chlamys hastata* (Hodgson, Bourne, 1988), что предполагает там стабильные термические условия. Температура воды повышается постепенно после холодных зим, благоприятствуя воспроизводству приморского гребешка (Габаев, 1982). В урожайные для молодежи гребешка годы (1977, 1979, 1981, 1983, 1986, 1988, 1996, 1999) падения поверхностной температуры в б. Миноносков во время нереста практически не было (рис. 2). Скорее всего здесь присутствует следующий механизм: весной, при плавном повышении температуры воды она не провоцирует преждевременный нерест и не задерживает его. Это позволяет гонадам гребешка дозреть. Если процесс созревания яиц протекает в нормальных условиях, то овулировавшие яйца обладают, как правило, высокой способностью к оплодотворению (Гинзбург, 1968; 1975; Mason, 1983).

Повышенные температуры воды уменьшают стресс и уровень воспроизводства моллюсков снижается. У *Macoma balthica* и других двустворчатых моллюсков воспроизводство снижалось после мягких зим (Honkoop et al., 1998, Philippart et al., 2003), а интенсивное пополнение молодью у многих бореальных морских животных наблюдается после суровых зим (Ижевский, 1964; Кушинг, 1979; Beukema, 1982; Rachor, 1982; Beukema, Dekker, 2007).

Косвенно, для приморского и королевского гребешков это подтверждают Ямамото (Yamamoto, 1975) и Паул (Paul, 1981). Обилие

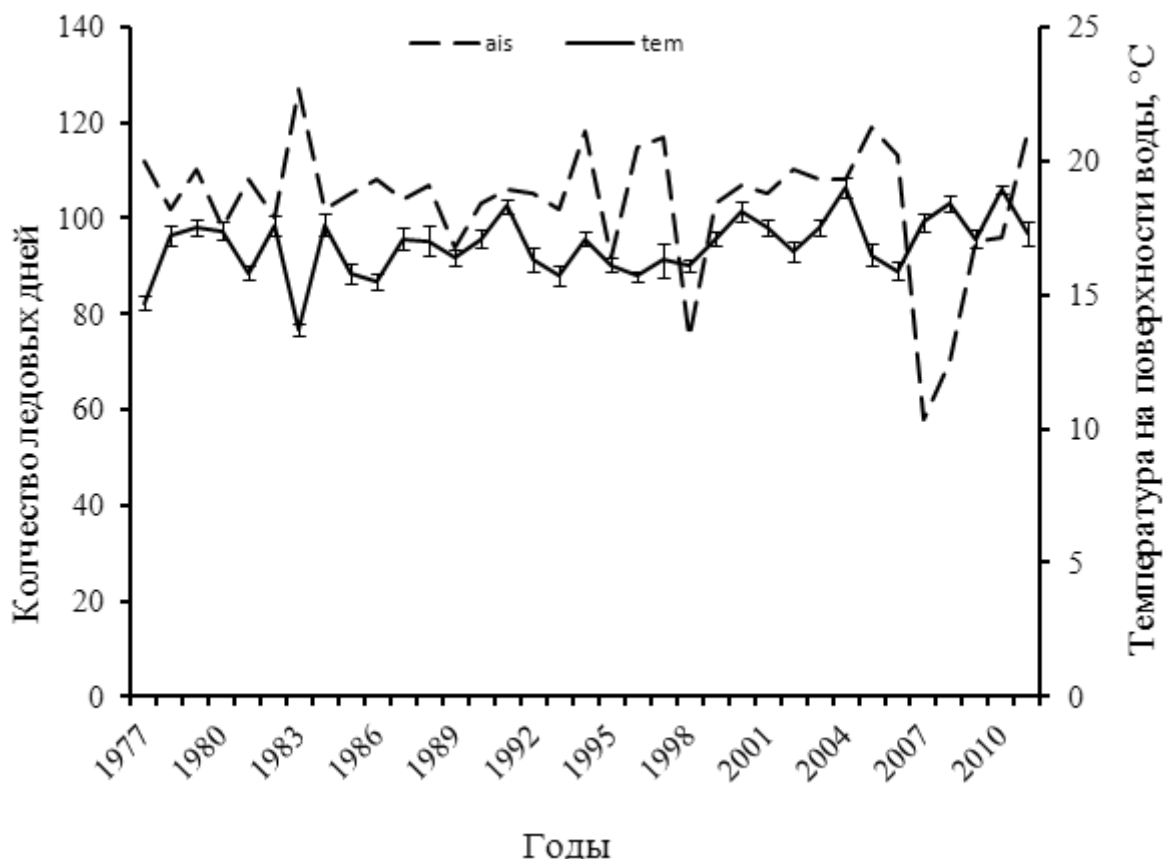


Рис. 2. Динамика ледовых дней в мелководных бухтах зал. Посьета и среднемесячная температура воды в июне этого залива.

молоди гребешка на коллекторах достоверно положительно взаимосвязано с длительностью ледового периода и отрицательно с поверхностной температурой воды в зал. Посьета в июне (табл. 1). Поэтому на юге Японии численность молоди этого вида уменьшается (Yamamoto, 1975). Негативное влияние глобального потепления на жизнедеятельность этого вида привело к тому, что за последние 20 лет южная граница обитания *P. yessoensis* сместилась в Корею почти на 1° севернее от $36^\circ 04'N$ в 1980-х до $37^\circ 13'N$ в 2000-е гг. (NFRDI, 2006; Kosaka, Ito, 2006). Тепловое загрязнение уменьшает плодовитость у морских беспозвоночных (Милейковский, 1977).

По-видимому, это общебиологический закон, поскольку в районах с умеренным климатом для стимуляции созревания семян у растений их подвергают выдерживанию на холоде.

Выращиваемые в искусственных условиях животные не образуют массовых нерестов, а лишь частичные нересты или извержения спермы при значительном овоцитарном лизисе (Maru, 1976; Martinez et al., 1992). Низкая температура определяет уровень созревания гребешка и метод температурной стимуляции гаметогенеза не очень эффективен: одновременно созревает небольшой процент особей и образуется ограниченное количество зрелых яйцеклеток (Мотавкин, Вараксин, 1983). Это же подтверждают наши наблюдения за гребешками, всю зиму обитающими в аквариуме с положительной температурой. К весне они не созревают, а чуть позже погибают. В аквариальной части Национального научного центра морской биологии и в бассейнах Приморского океанариума (г. Владивосток) зимой держится положительная температура морской воды, по-

этому обслуживающий персонал вынужден ежегодно подновлять холодноводную фауну, погибающую после теплой зимовки.

Рост и развитие справедливо считаются достаточно самостоятельными процессами, каждый из которых требует различных условий внешней среды для своего успешного завершения (Шварц и др., 1976). Чем интенсивнее происходит созревание организма, тем более замедляется его рост. В англоязычной литературе эта закономерность называется «trade-off» (Гиляров, 2005). Создается впечатление о невозможности одновременного повышения у морских беспозвоночных и скорости роста и интенсивности размножения (Кузнецов, 1951). Весной 1974 г. на востоке зал. Муцу гонадный индекс у *P. yessoensis* из-за низкой температуры был выше, а масса мускула ниже на 5 г (Ito et al., 1975). Сходные результаты были получены у *Argopecten irradians* (Bricelj et al., 1987).

По нашим наблюдениям популяция приморского гребешка в холодноводной б. Кит более плодовита, чем в б. Миносок зал. Посьета, а темп роста ее ниже (Габаев, 1988). У этого гребешка нерест не наступает до тех пор, пока температура воды не достигнет 8–8,5 °С (Yamamoto, 1964), а максимальная скорость роста наблюдается при температуре 12–16 °С (Тибилова, Брегман, 1975; Краснов, Позднякова, 1982) или 14–16 °С (Силина, 1983). Отсюда следует, что если среднегодовая температура в водоеме сходна с нерестовой, то условия благоприятны для воспроизводства, а при более высокой температуре гребешки лучше растут.

Многие авторы считают, что температура — не единственный сигнал к нересту. В различных ареалах гребешки нерестятся при разных температурах (Мотавкин, Вараксин, 1983; MacDonald, Thompson, 1988) и для успешного размножения животных с планктотрофной личинкой еще требуется достаточное количество пищи (Thorson, 1966; Касьянов и др., 1974; Paul, 1981; Starr et al., 1990). Возникновение мощных поколений гидробионтов объясняется совпадением времени появления личинок с обилием

кормовых организмов в планктоне (Книпович, 1938; Кушинг, 1979). В годы «красных приливов», из-за отсутствия пищи, у гребешков отмечалась задержка нереста и повышенная смертность в садках (Габаев, 1987). Аномалии развития велигеров могут быть связаны с нарушением питания (Edouard et al., 1984/1986), поскольку при 3-х суточном голодании личинки теряют запас липидов почти полностью, исключая тем самым наступление метаморфоза (Lucas, 1982).

На мелководье Японского моря продукция фитопланктона лимитируется косвенными факторами: зимой — волнением, весной — выеданием, а летом и в начале осени — биогенными элементами (Стародубцев, 1975). При больших концентрациях фитопланктона биогенные элементы быстро истощаются, и обилие пищи снижается (Стародубцев, Кайгородов, 1975), вызывая гибель 99,8% икры при достижении стадии плавающей личинки, а от плавающей личинки до спата доживает только 5–43% (Maqu, 1985). Вследствие этого, только по поздней стадии (высота створок 230–250 мкм) можно прогнозировать обилие молоди гребешка (Ito et al., 1975).

В зал. Посьета на обилие молоди приморского гребешка положительно воздействуют продолжительность ледового периода, скорость и направление ветра, а также сумма выпадающих в июне осадков, определяющих через терригенный сток концентрацию биогенов в море (рис. 3, табл. 1). Юг Сихотэ-Алиньского хребта, включая самую высокую в Приморском крае гору Облачная (1854 м), изменяет климат близлежащей акватории (Наумов, 2010), и вызывает асинхронную динамику численности молоди гребешка между б. Кит и зал. Петра Великого (Габаев, 1988, 2009), что используют морские фермеры, привозя посадочный материал из урожайных районов.

Наиболее экономичным способом культивирования приморского гребешка можно считать выращивание осевших на коллекторы личинок без пересадок до товарного размера. Для его осуществления нами был

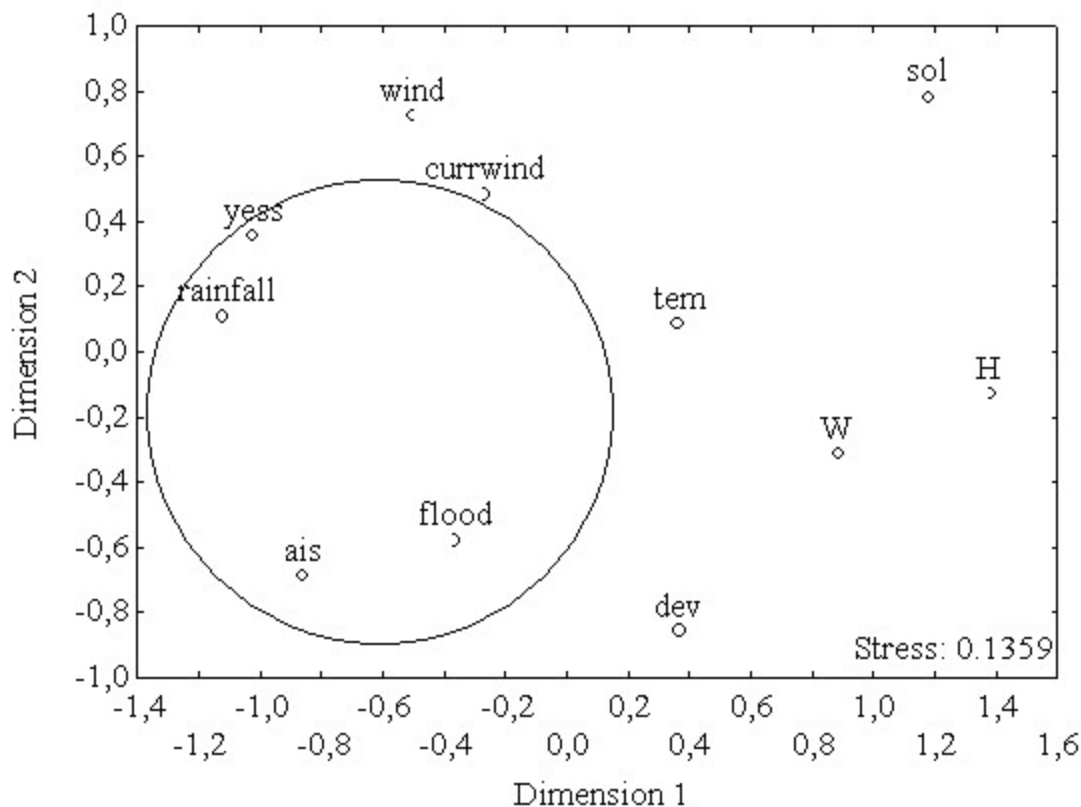


Рис. 3. Непараметрический мультидименсионный анализ (nMDS) взаимосвязи численности молоди гребешка и факторов среды в зал. Посьета.

создан способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления (Габаев, 1985). Он основан на использовании знания биологии гребешка и сопутствующих ему видов, позволяющего найти реализованную для него экологическую нишу. Обнаруженные различия пространственного распределения культивируемого и конкурентных видов облегчают оптимизацию сообщества обрастателей на экспонируемых на дне моря коллектор-садках.

Сущность способа состоит в том, что для получения постоянной, оптимальной численности личинок гребешка, в мелководных бухтах отмечают время образования и схода льда. После многолетнего наблюдения за продолжительностью ледового периода и численностью молоди на коллекторах строится график, интерпретирующий результаты наблюдений. Для составления прогноза обилия молоди вся наблюдаемая продолжительность ледового периода разбивается на

три части (рис. 4). В случае, если в прогнозируемом году продолжительность ледового периода была меньше или равна 103, то его относят к неурожайным годам, наличие «ледовых дней» от 103 до 108 предполагает средний урожай, а более 108 «ледовых дней» говорит о урожайном годе.

В случае неурожайного года яруса с коллектор-садками устанавливают на дно через 25–32 дня после начала нереста гребешка на глубине 14–16 м под углом 90–120° к течению у берега, обращенного к ветру, преобладающему в пелагический период. В случае среднеурожайного года коллекторы устанавливают через 15–20 дней после начала нереста гребешка на глубине 12–14 м под углом 120–150° к течению, а в случае урожайного года коллекторы устанавливают с осени предыдущего года на глубине 10–12 м под углом 150–180° к течению. В неурожайный год коллекторы помещают в море с 5–8 мм отверстиями в оболочке, в случае

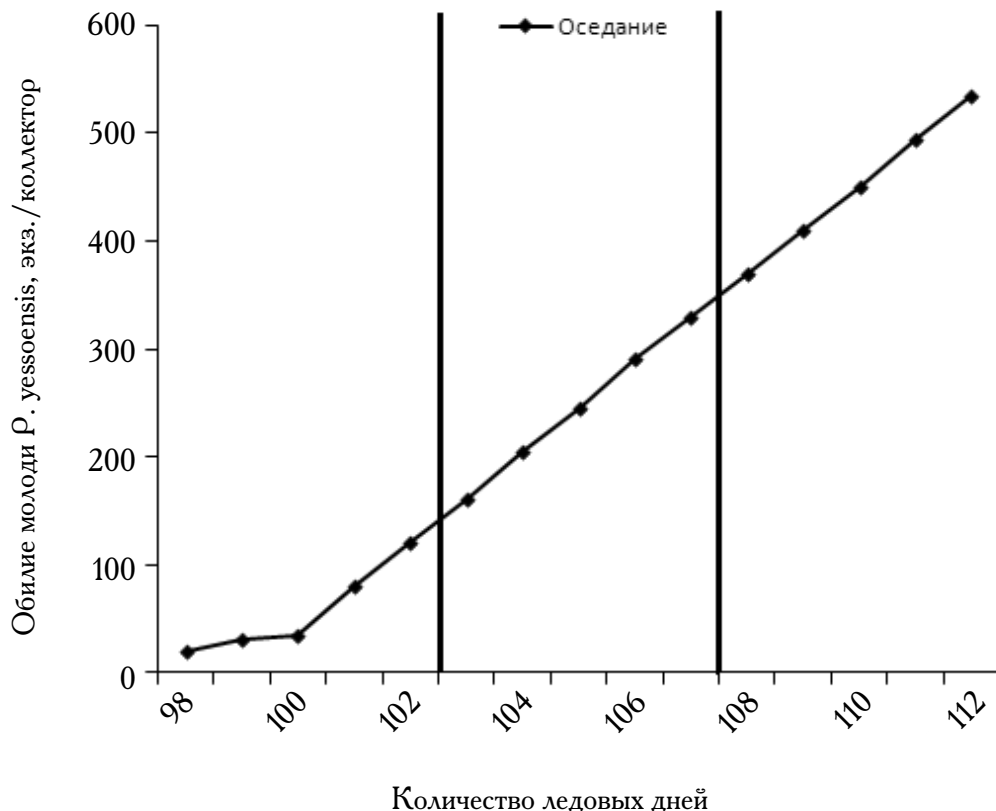


Рис. 4. Взаимосвязь обилия молоди гребешка в зал. Посъета и длительности ледовых дней в мелководных бухтах зал. Посъета. Две вертикальные линии делят представленные наблюдения на три части из: (Габаев, 1985) .

среднеурожайного года — с 8–11 мм отверстиями, а в случае урожайного года — с 11–15 мм отверстиями (Габаев, 1985).

В прибрежных районах зал. Посъета гидрологические характеристики демонстрируют квазидвухлетние колебания (Винокурова, Скокленева, 1981), и урожайность молоди приморского гребешка демонстрирует эту же периодичность (Габаев, 1986). После неурожайного года наступает урожайный год. Поэтому выставление коллектор-садков осенью неурожайного года уменьшает численность оседающих в урожайный год личинок. Это позволяет стабилизировать и оптимизировать процесс выращивания. Если же прогноз показал урожай ниже оптимального, то его можно увеличить путем искусственного нереста производителей и помещения в море 2–5 дневных трохофор и велигеров в 2–3 км от плантаций (Габаев, 1985). Для

стимуляции нереста гребешка и оптимизации его воспроизводства нужно ежегодно, в течение двух дней, запускать искусственный апвеллинг (Габаев и др., 1998).

Представленная технология, по расчетам экономистов ТИПРО-Центра (г. Владивосток), в 80-е годы прошлого века уменьшала на 356 руб. затраты при выращивании 1000 экз. гребешка. Беспересадочное разведение не только продуктивнее самого дешевого — донного выращивания гребешка (табл. 2), но также стабилизирует численность молоди и механизмирует добычу легко доказуемой выращенной продукции. Нахождение ярусов с коллектор-садками на дне позволяет использовать для марикультуры даже открытые акватории. Экономичность способа увеличивается и в следствие того, что ценные сопутствующие гребешку виды (дальневосточный трепанг, камчатский краб, морские ежи и др.) дости-

Таблица 2. Результаты выращивания *P. yessoensis* в Приморье в течение трех лет по трем технологическим схемам (Габаев, 2008)

Варианты*	Высота раковины, мм	Выживаемость, %	Общая масса со створкой, гр.	Масса мягких тканей, гр.	Масса мускула, гр.	Продукция, гр./м ²
1	82,3+1,8	75,0	58,1+4,2	21,7+1,8	9,5+0,8	14728
2	75,1+6,5	55,2	48,6+4,3	18,2+1,7	7,6+1,8	4050
3	88,9+1,5	30,0	79,3+4,1	39,8+1,8	15,1+0,7	397
4	84,4+8,6	56,0	79,5+8,1	31,8+9,5	13,5+1,5	7950
5	84,1+1,7	30,3	76,7+3,9	23,7+3,2	6,0+0,8	11045

* **Примечание:** 1 — на коллектор-садках в б. Кит без пересадок, 2 — в садках б. Кит после пересадки из коллекторов, 3 — на дне зал. Посьета после посадки годовиков, 4 — в садках зал. Посьета после пересадки из коллекторов, 5 — на коллектор-садках в зал. Посьета без пересадок.

гают на коллектор-садках либо промыслового, либо жизнестойкого возраста, облегчающего их успешное возвращение в естественную среду. Выращивание моллюсков в естественной среде с сопутствующими видами улучшает их вкусовые качества, особо ценные на азиатском рынке. В настоящее время этот способ используют несколько хозяйств марикультуры Приморья, и в том числе самое крупное из них — ООО «Нереида».

Благодарности

Автор признателен сотрудникам Экспериментальной морской базы п. Посьет и Экспериментальной базы марикультуры п. Глазковка: Григорьеву В. Н., Яковлевой М. И., Поликарповой Г. В., Коноваловой Н. Н., Шевченко Е. Н., Шестере Г. П., Шамсутдиновой В. С. за помощь в сборе материала для представленной публикации и сотруднику ТОИ ДВО РАН к.г.н. Ростову И. Д. за предоставленные материалы ГМС Приморского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдусаматов Х. И. Солнце диктует климат Земли // Спб: «Logos». 2009. 197 с. А.с. 826998. Коллектор для искусственного разведения моллюсков. Габа-

ев Д. Д., Львов С. М. Заявлено 18.06.79; Опубл. 07.05.81. Бюл. № 17. 2 с.

Белогрудов Е. А. Биологические основы и биотехника разведения гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay) // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток, 1975. С. 85–86.

Белогрудов Е. А., Скокленева Н. М. Прогнозирование сроков установки коллекторов и количества спата приморского гребешка // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. 1983. С. 10–13.

Белогрудов Е. А. 1981. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Ratinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посьета (Японское море: Автореф. дис... канд. биол. Владивосток: ТИНРО. 23 с.

Белогрудов Е. А. Культивирование // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. С. 201–211.

Белогрудов Е. А., Раков В. А., Шенпель Н. А. Многолетние изменения в динамике численности личинок промысловых двустворчатых моллюсков в мелководных бухтах зал. Петра Великого // Матер. Всес. науч. конф. М.: ВНИРО, 1986. Ч. 2. С. 179–180.

Белогрудов Е. А. Биология и культивирование приморского гребешка // М.: Агропромиздат, 1987. С. 66–71.

- Боровиков В. П.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г., Шаповалова (Гайко) Л. А.* Гидротермальные условия и плотность спата на коллекторах // Совершенствование биотехники культивирования моллюсков и трепанга: Отчет о НИР (промежуточный) / № ГР 01826005266; Архивный № 19935. Владивосток: ТИНРО. 1986. С. 105–109.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г., Викторовская Г. И.* Методические рекомендации по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 1987. 15 с.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г.* Временная инструкция по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 1989. 8 с.
- Вараксин А. А., Дзюба С. М., Косенко П. А., Мотавкин П. А.* 1974. Половые циклы двух видов двустворчатых моллюсков и их нейрогуморальная регуляция // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 23–25.
- Винокурова Т. Т., Скоклеева Н. М.* Временная изменчивость гидрологических условий в заливе Посъета // Изв. ТИНРО. 1980. Т. 104. С. 29–35.
- Винокурова Т. Т., Скоклеева Н. М.* Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посъета // Изв. ТИНРО. 1981. Т. 105. С. 26–32.
- Вышкварцев Д. И.* Особенности продукционных процессов в мелководных бухтах залива Посъета (Японское море). Автореф. дисс... канд. биол. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1979. 21 с.
- Габаев Д. Д.* Оседание личинок двустворчатых моллюсков и морских звезд на коллекторы в заливе Посъета (Японское море) // Биология моря. 1981. № 4. С. 59–65.
- Габаев Д. Д.* Закономерности оседания на коллекторы некоторых беспозвоночных в заливе Посъета // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. Ч. 3. С. 54–55.
- Габаев Д. Д.* Способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления: А.с. 1178371 СССР // Бюлл. изобрет. 1985. № 34. С. 10.
- Габаев Д. Д.* Создание оптимальных условий для выращивания гребешка и мидии в зал. Посъета // Рыбн. хоз-во. 1986. № 7. С. 42–43.
- Габаев Д. Д.* О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двустворчатых моллюсков // Матер. Всес. науч. конф. Ленинград: ААНИИ, 1987. Ч.1. С. 99–100.
- Габаев Д. Д.* Динамика численности промысловых двустворчатых моллюсков на коллекторах и границы ее асинхронности // Матер. Всес. науч. конф. Киев: ИНБЮМ АН СССР. 1988. Ч. 2. С. 230–231.
- Габаев Д. Д.* Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: Автореф. дис... канд. биол. Владивосток: ТИНРО. 1990. 30 с.
- Габаев Д. Д., Кучерявенко А. В., Шепель Н. А.* Антропогенное эвтрофирование залива Посъета Японского моря установками марикультуры // Биология моря. 1998. № 1. С. 53–62.
- Габаев Д. Д.* Беспересадочное культивирование промысловых двустворчатых моллюсков // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9. № 1 (33). С. 218–243.
- Габаев Д. Д.* Динамика численности некоторых двустворчатых моллюсков в российских водах Японского моря и ее прогноз // Океанология. 2009. Т. 49. № 2. С. 237–247.
- Габаев Д. Д.* Уровень воспроизводства двустворчатых моллюсков как показатель экологического состояния акватории // Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2010. вып. 14. С. 41–60.
- Габаев Д. Д., Айздайчер Н. А.* Воспроизводство некоторых двустворчатых моллюсков в Приморье (Японское море) //

- Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2012. вып. 15/16. С. 135–153.
- Габает Д.Д., Калашникова С.А. Выращивание личинок приморского гребешка до стадии оседания // Биология моря. 1980. № 5. С. 85–87.
- Гайко Л.А. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток: Дальнаука. 2006. 204 с.
- Гайко Л.А. Обзор методов прогноза урожайности спата моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья и возможное направление их совершенствования // Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2018. вып. 22. № 1/2. С. 5–34.
- Галкин Ю.И. Колебания климата и фауна моллюсков в Баренцевом море // Матер. Всес. науч. конф. Л.: Гидрометеоздат. 1987. Ч. 1. С. 102–104.
- Гиляров А.М. Перестройка в экологии: от описания видимого к пониманию скрытого // Вестн. Росс. Акад. Наук. 2005. Т. 75. № 3. С. 214–223.
- Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М.: Наука. 1968. 357 с.
- Гинзбург А.С. Роль концентрации спермиев в процессе соединения гамет у двустворчатых моллюсков // Биология моря. 1975. № 1. С. 51–57.
- Григорьева Н.А., Регулев В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. Культивирование моллюсков в западной части залива Посьет (залив Петра Великого, Японское море) // Рыбное хозяйство. 2005. № 6. С. 63–66.
- Дзюба С.М. Гаметогенез у некоторых морских двустворчатых моллюсков // Моллюски. Пути, методы и итоги их изучения. Л.: Наука. 1971. Т. 4. С. 51–52.
- Дзюба С.М. Половая система и гаметогенез // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. С. 118–130.
- Дзюба С.М., Грузова М.Н. Сезонные изменения морфологии и синтеза РНК в женской гонаде приморского гребешка // Биология моря. 1976. № 4. С. 38–44.
- Дзюба С.М., Косенко Л.А. 1979. Влияние некоторых абиотических факторов на гаметогенез двустворчатых моллюсков // Матер. Межд. науч. конгресса: М.: Наука. С. 117–118.
- Жук А.П., Новоселова Е.С. Организационно-экономические основы формирования системы управления инновационной деятельностью в хозяйствах марикультуры и их проектная реализация (на примере Приморского края) // Изв. ТИПРО. 2009. Т. 157. С. 312–327.
- Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М.: ВНИРО. 1964. 65 с.
- Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. Л.: Наука. 1989. 179 с.
- Касьянов В.Л., Кукин А.Ф., Медведева Л.А., Хомулло Н.П. Сроки размножения массовых видов двустворчатых моллюсков Японского моря // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1974. С. 66–69.
- Кауфман Э.С. Зависимость оогенеза морских беспозвоночных от температурного фактора среды и некоторые вопросы эволюционной морфологии. Журн. Общ. Биол. 1976. Т. 37. № 2. С. 263–275.
- Коновалова Г.В. Видовой состав и численность фитопланктона залива Посьета (Японское море) // Исследования пелагических и донных организмов Дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ. 1979. С. 5–16.
- Коновалова Г.В. Микро и наннопланктон Амурского залива зимой // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. С. 6–8.
- Краснов Е.В., Позднякова Л.А. Кальций – магниевый метод в морской биологии. М.: Наука. 1982. 107 с.
- Кузнецов В.В. О плодовитости и скорости роста некоторых морских беспозвоночных // Докл. Акад. Наук СССР. 1951. Т. 76, № 5. С. 743–745.

- Куликова В.А. Особенности размножения двустворчатых моллюсков в лагуне Буссе в связи с температурными условиями водоема // Биология моря. 1979. № 1. С. 34–38.
- Кушинг Д.Х. Морская экология и рыбоводство. М.: Пищев. пром-ть. 1979. 288 с.
- Книпович Н.М. Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу). М., Л.: Пищепромиздат. 1938. 513 с.
- Макарова Л.Г. Количественные закономерности дыхания приморского гребешка // Матер. Рег. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1983. С. 48.
- Материалы по искусственному разведению морских гребешков. 1973. Ничиро Гиогю Кабусики Кайся. 34 с.
- Милейковский С.А. Термальное загрязнение морских прибрежных и эстуарных вод и его экологическое значение // Матер. Всес. съезд. океан. М.: Наука. 1977. выпуск. 2. С. 161–162.
- Мотавкин П.А., Вараксин А.А. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двустворчатых моллюсков. М.: Наука. 1983. 208 с.
- Наумов Ю.А. Экология Приморского края: учеб. Пособие. Находка: Инст. технол. и бизн. 2010. 206 с.
- Пропп М.В., Погребов В.Б., Тарасов В.Г. и др. Продуктивность донных сообществ и циркуляция биогенных элементов в прибрежной экосистеме Японского моря // Матер. Межд. науч. конгресса. М.: Наука. 1979. С. 63–64.
- Проссер Л. Сравнительная физиология животных. М.: Мир. 1977. Т. 1. 608 с.
- Резников А.П. Прогнозирование солнечной активности до конца столетия // Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука. 1980. С. 60–86.
- Силина А.В. Влияние температуры на линейный рост приморского гребешка // Экология. 1983. № 5. С. 86–89.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука. 1981. 480 с.
- Стародубцев Е.Г. Факторы, определяющие сезонные изменения первичной продукции в северо-западной части Тихого океана // Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. 1975. Т. 9. С. 15–27.
- Стародубцев Е.Г., Кайгородов Н.Е. Первичная продукция и фитопланктон // Там же. 1975. Т. 9. С. 3–8.
- Сэкино Т. Как устранить появления ненормальных раковин гребешков. Способы, учитывающие физиологические особенности // ЕСЁКУ (перевод с японского). 1981. № 1. С. 68–72.
- Тибилова Т.Х., Брегман Ю.Э. Рост двустворчатого моллюска *Mizuhopecten yessoensis* в бухте Троицы (зал. Посыета, Японское море) // Экология. 1975. № 2. С. 65–72.
- Шварц С.С., Пястолова О.А., Добринская Л.А., Рункова Г.Г. Эффект группы в популяциях водных животных и химическая экология М.: Наука. 1976. 151 с.
- Barber B.J., Blake N.J. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit // J. of Exp. Mar. Biol. Ecol. 1983. V. 66, № 3. P. 247–256.
- Beukema J.J. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea // Neth. J. of Sea Res. 1982. № 16. P. 37–45.
- Beukema J.J., Dekker R. Variability in annual recruitment success as a determinant of long-term and large-scale variation in annual production of intertidal Wadden Sea mussels (*Mytilus edulis*) // Helgol. Marin. Res. 2007. V. 61, № 2. P. 71–86.
- Bricelj V.M., Epp J., Malouf R.E. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycles of bay scallop *Argopecten irradians* // Marin. Ecol. Progr. Ser. 1987. V. 36, № 2. P. 123–137.
- Caddy J.F. Long-term trends and evidence for production cycles in the bay of Fundy scallop fishery // Rapports et procès – verbaux des Réunion. Conseil international pour

l'Exploration de la Mer. 1979. V. 175. P. 97–108.

Chang Y.J., Mori K., Nomura T. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis* in sowing cultures in Abashiri waters. Reproductive periodicity // Tohok. J. Agric. Res. 1985. V. 35, № 2–4. P. 91–105.

Dickie L.M. Fluctuations in abundance of the Giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), in the Digby area of the Bay of Fundy // J. of the Fish. Res. Board Can.. 1955. V. 12, № 6. P. 797–857.

Edouard H., Danielle M., Riné R. Observations complémentaires sur les cause possibles des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* (Thünberg) dans le bassin d'Arcachon // Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes. 1984/1986. V. 48, № 1–2. P. 45–54.

Fuji A., Hashizume M. Energy budget for a Japanese common scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Mutsu Bay // Bull. of the Fac. Fish. Hokk. Univ. 1974. V. 25, № 1. P. 7–19.

Gabaev D.D. 35-year studies of reproduction in marine invertebrates and the influence of climatic factors on it // J. of Mar. Biol. and Oceanogr. 2013. 2:4.

Hodgson C.A., Bourne N. Effect of temperature on larvae development of the spiny scallop, *Chlamys hastata sowerby*, with a note on metamorphosis. J. of the Shell. Res. 1988. V. 7. 349–357.

Honkoop P.J.C., Van der Meer J., Beukema J.J., Kwast D. Does temperature – influenced egg production predict the recruitment in the bivalve *Macoma baltica*? // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1998. V.164. P. 229–235.

Imai T. Mass production of molluscs by means of rearing the larvae in tanks // Venus. 1967. V. 25, N 3–4. P. 159–167.

Ito S., Kanno H., Takahashi K. Some proplems on culture of the scallop in Mutsu Bay // Bull. of Mar. Biol. St. of Ass. 1975. V. 15, № 2. P. 89–100.

Kawamata K. Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), planted in Funka Bay, Hokkaido // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1983. № 25. P. 15–20.

Kingzett B.C., Bourne N., Leask, K. Induction of metamorphosis of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay). J. of Shell. Res. 1990. V. 9, 119–25.

Kosaka, Y., Ito, H. Japan. Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture, Elsevier Press, Amsterdam, the Netherlands, 2006. P. 1093–1141.

Lewis J.R., Bowman R.S., Kindall M.A., Williamson P. Some geographical components in population dynamics: possibilities and realities in some littoral species // Neth. J. of Sea Res. 1982. N 16. P. 18–28.

Li Q., Osada M., Kashihara M. et al. Effects of ultraviolet irradiation on genetical inactivation and morphological structure of sperm of the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* // Aquaculture. 2000. V. 186. P. 233–242.

Loosanoff V.L. Gonad development and discharge of spawn in oysters of Long Island sound // Biol. Bull. 1965. V. 129, № 3. P. 546–561.

Loosanoff V.L., Davis H.C. Rearing of bivalve mollusks // Adv. in Marin. Biol. 1963. V. 1. 136 p.

Loosanoff V.L., Nomejko C.A. Spawning and setting of the American oyster, *Ostrea virginica*, in relation to Lunar phases // Ecology. 1951. V. 32, № 1. P. 113–134.

Lubet P. Action de la tempère sur le cycle de reproduction des Lamellibranches // Bulletin de la Société Zoologique de France. 1981. V. 106, № 3. P. 283–292.

Lucas A. La nutrition des larvas de bivalves // Océanis. 1982. V. 8, № 5. P. 363–388.

MacDonald B.A. Production and resources partitioning in the giant scallop *Placopecten magellanicus* grown on the bottom and in suspended culture // Marin. Ecol. Progr. Ser. 1988. V. 34. N 1–2. p. 79–86.

MacDonald B.A., Thompson R.J., Bayne B.L. Influence of temperature and food vailability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* IV: Reproductive effort, value and cost // Oecologia (Berlin). 1987. V. 72. P. 550–556.

MacDonald, B.A., Thompson, R.J. Intraspecific variation in growth and re-

production in latitudinally differentiated populations of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) // Biol. Bull. 1988. V. 175. P. 361–371.

Martinez G., Toryes M., Uribe E. et al. Effect of different environmental conditions on biochemical composition of postlarvae and gonad of the scallop *Argopecten purpuratus* during its recovery after spawning // J. of Shell. Res. 1992. V. 11. № 1. P. 206.

Maru K. Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) – 1. Reproductive cycle of the cultured scallop // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1976. № 18. P. 9–26.

Maru K. Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) to temperature and specific gravity during early developmental stages // Ibid. 1985. № 27. P. 55–64.

Maru K. Some factors fluctuations in the collection of natural seed of the ezo giant scallop, *Patinopecten yessoensis* // Can. Tech. Rep. of Fish. Aquatic Sci. 1994. V. 1. 179–186.

Maru K., Obara A. Studies on the ecology of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) – 1. On the growth and annual ring formation of the shell // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1967. № 7. P. 72–83.

Mason J. Scallop and queen fisheries in the British Isles // Fish. New Books Far. 1983. 144 p.

Motoda S. Biology and artificial propagation of Japanese scallop (general review) // Proc. 2-nd Soviet-Japan joint Symp. on Aquacult. Moscow. 1973. P. 76–120.

Newell R. C. Factors affecting the respiration of invertebrates intertidal // Amer. Zool. 1973. V. 13. № 2. P. 513–528.

NFRDI. The Final Report of Fisheries Studies for Research Evaluation (Fisheries Life Sciences: Aquaculture Sciences), NFRDI, Korea, 2006. P. 105–155.

Olsen A. M. Underwater studies on the Tasmanian commercial scallop, *Notovola meridionalis* (Tate) (Lamellibranchiata: Pectinidae) // Australian Journal of the Marine and Freshwater Research. 1955. V. 6, № 3. P. 392–409.

Osanai K. Seasonal gonad development and sex alteration in the scallop *Patinopecten yessoensis* // Bull. of Mar. Biol. St. of Assam. 1975. V. 15, № 2–3. P. 81–88.

Paul J. D. Natural settlement and early growth of spat of the Queen scallop *Chlamys opercularis* (L.) with reference to the formation of the first growth ring // J. of Moll. Stud. 1981. V. 47. P. 53–58.

Philippart, C. J. M., van Aken, H. M., Beukema J. J. et al. Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica* // Limnol. Oceanogr. 2003. V. 48, № 6. P. 2171–2185.

Rachor E. Seasonal and long-term population fluctuations in *Diastylis rathkei* (Crustacea: Cumacea) of Kiel Bay and German Bight // Neth. J. of Sea Res. 1982. № 16. P. 141–150.

Rech M., Mouget J.-L., Morant-Manceau A. et al. Long-term acclimation to UV radiation: effects on growth, photosynthesis and carbonic anhydrase activity in marine diatoms // Bot. Mar. 2005. V. 48. P. 407–420.

Robinson A. M. Effects of dietary algal and lipid supplements on gonadal and larvae development of *Crassostrea gigas*, Kunamoto (Thunberg) // J. of Shell. Res. 1992. V. 11, № 1. P. 206.

Starr M., Himmelman J. H., Theriault J. C. Direct coupling of marine invertebrate spawning with phytoplankton blooms // Science. 1990. V. 247. P. 1071–1074.

Tardy J. Action des facteurs externes sur la sexualité des mollusques gastropodes aquatiques // Bull. de la Société Zoologique de France. 1982. V. 107, № 1. P. 53–70.

Thorson G. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities // Neth. J. of Sea Res. 1966. V. 3, N 2. P. 267–293.

Tsuchia M. Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) // Bull. of the Mar. Biol. St. of As., Tohok. Univ. 1981. V. 17, № 1. P. 1–15.

Uno Y., Hayashi J. Recent mariculture technique in Japan // Uni Mer (Bull. de

- la société Franco-Japonaise d' Océanographie). 1980. V. 18, N 1. P. 31–40.
- Uribe E., Sunspot C., Vicuna C., Green J. Induction of metamorphosis of the Chilean scallop, *Argopecten purpuratus* Lamarck (1918), with thermal shock // Can. Tech. Rep. of Fish. Aquat. Sci. 1994. V.1. 76–82.
- Yamamoto G. Разведение приморско-го гребешка в заливе Муцу. Изд. ассоциации рыбопромышленников // Нихон Суйсанкай. 1964. 80 с.
- Yamamoto G. Some problems of aquaculture in Northern Japan, with special reference to the ecology of scallop // Proc. of the Fourth Soviet – Japan Joint Symp. on Aquac. Moscow. 1975. P. 12–18.

ABOUT ABUNDANCE FORECASTING JUVENILE OF THE JAPANESE SCALLOP *PATINOPECTEN YESSOENSIS*, ON PLANTATION MARICULTURE OF PRIMORSKY TERRITORY

© 2020 y. D. D. Gabaev

National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS name of A. V. Zirmunsky, Vladivostok, 690092

The biological substantiation of possibility of long-term forecasting abundance of juvenile of the Japanese scallop *Patinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) – the basic object of cultivation in Primorsky Territory, on easy-to-see duration of the ice period in shallow bays is presented. Predictability become cornerstone created in the past century of the method of through cultivation of the sea scallop and mechanism for its actualization.

Keywords: *Patinopecten yessoensis*, dynamics of reproduction, factors of environment, cost effective method of cultivation.

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МУКСУНА
(*COREGONUS MUKSUN SALMONIDAE*)
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РЕМОНТНО-МАТОЧНОГО СТАДА
В УСЛОВИЯХ РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА**

© 2020 г. Н. Н. Романова^{1,2}, Н. А. Головина^{1,2}, П. П. Головин^{1,2},
Е. В. Ефремова³, В. В. Варакина¹

¹Филиал по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИИПРХ), п. Рыбное, Московская область, 141821

²Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал «Астраханского Государственного Технического Университета»), п. Рыбное, Московская область, 141821

³Научно-производственное объединение Собский рыболовный завод, Приуральский район, п.г.т. Харп, 629420

E-mail: vniiprh@vniiprh; lab.ihitiopat@mail.ru

Поступила в редакцию 3.06.2020

Представлены гематологические показатели разновозрастных групп муксуна *Coregonus muksun* трех генераций ремонтно-маточного стада на рыболовном заводе по воспроизводству сиговых рыб. Количественные показатели крови варьировали в зависимости от температуры воды, возраста рыб и их физиологического состояния. Выявленные колебания гематологических показателей внутри одной генерации и между генерациями свидетельствуют о гетерогенности формирующегося стада. Наиболее высокие показатели отмечены у муксуна второй и третьей генераций, выращиваемых при температуре воды 14–16°C.

Ключевые слова: гематологические показатели, муксун *Coregonus muksun*, ремонтно-маточное стадо, искусственное воспроизводство.

ВВЕДЕНИЕ

Искусственное воспроизводство ценных видов рыб является одним из важных направлений деятельности Федерального агентства по рыболовству. В связи со снижением численности производителей сиговых рыб в естественных водоемах актуальным становится вопрос о формировании их ремонтно-маточных стад в индустриальных условиях (Богданова, 2010; Костюничев и др., 2012). Это процесс достаточно длительный, требующий постоянного контроля за физиологическим и эпизоотическим состоянием выращиваемых рыб.

В последние годы из-за высокой промысловой нагрузки, не санкционированного

лова и антропогенного загрязнения водоемов бассейна Оби резко снизилась численность сига-муксуна. С 2014 г. введен запрет на вылов этого ценного объекта в водоемах Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского автономных округов и Томской области и разрешен их отлов только для целей аквакультуры и научных исследований (Кабицкая, 2016).

Муксун *Coregonus muksun* Pallas, 1814 — пресноводная рыба из рода сигов подсемейства сиговые семейства лососевые. Обитает в водоемах Приморского края, в реках Сибири, опресненных заливах Северного Ледовитого океана, в озерах на п-ове Таймыр. Наиболее многочисленный вид сиговых рыб в Обь-Иртышском бассейне. Мук-

сун, обитающий на п-ове Ямал, уже внесен в Красную книгу России.

Восстановление популяции этого вида возможно лишь благодаря искусственному воспроизводству и пополнению его численности в естественных водоемах за счет выпуска физиологически полноценной молоди. Некоторые рыболовные заводы по воспроизводству сиговых рыб начали формировать свои ремонтно-маточные стада муксуна.

При формировании ремонтно-маточных стад лежит принцип максимально полного удовлетворения физиологической потребности сиговых рыб, учитывая их высокую требовательность к качеству воды и условиям содержания.

Одним из критериев оценки качества и здоровья выращиваемой рыбы являются гематологические показатели. Кровь лабильно реагирует на изменения в организме, и мониторинг ее показателей может быть объективной оценкой физиологического состояния выращиваемых рыб, что и используют в качестве маркеров при формировании ремонтно-маточного стада (Микодина и др., 2011).

Цель работы — изучение гематологических показателей муксуна при формировании ремонтно-маточного стада в условиях искусственного воспроизводства на рыболовном заводе Ямало-Ненецкого автономного округа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гематологические показатели определяли при мониторинге физиологического состояния муксуна в течение двух лет (с января 2018 по декабрь 2019 гг.).

Объектами исследования служили разновозрастные особи (от сеголеток до четырехлеток) трех генераций из формирующего ремонтно-маточного стада на рыболовном заводе по воспроизводству сиговых рыб, расположенном в Ямало-Ненецком автономном округе.

Рыба выращивалась в бассейнах установок замкнутого водообеспечения (УЗВ),

подпитку воды осуществляли из естественного водоисточника (река). Температура воды в течение периода выращивания изменялась от 2 до 16°C, сохраняя ее сезонные колебания в реке. Кормление проводили импортными специализированными комбикормами для лососевых рыб, в соответствии с суточной нормой кормления, начиная с апреля и по октябрь. В зимний период времени рыбу подкармливали 1–2 раза в неделю.

Гематологические исследования выполняли согласно «Методических указаний по проведению гематологического обследования рыб» (Методические указания..., 1999).

Определяли уровень общего белка сыворотки крови, уровень гемоглобина, количества эритроцитов, содержание гемоглобина в эритроците, процент молодых эритроцитов, число лейкоцитов, лейкоцитарную формулу в периферической крови.

Идентификацию форменных элементов крови проводили по общепринятой классификации Н. Т. Ивановой (1983).

Кровь у рыб для анализа отбиралась из хвостовой вены от 10 экз. рыб каждой возрастной группы.

Обследованию подвергали рыбу из 3-х генераций формирующего ремонтно-маточного стада:

1-я генерация — молодь получена в мае 2016 г., гематологический анализ проводили у рыб в возрасте от двухгодовиков до четырехлеток (с 2 до 3+, январь 2018 г. — декабрь 2019 г.);

2-я генерация — молодь получена в мае 2018 г., гематологический анализ проведен в возрасте годовика (1, май 2019 г.);

3-я генерация — молодь получена в мае 2019 г., гематологический анализ проведен в возрасте сеголетка (0+, декабрь 2019 г.).

Статистическую обработку полученных материалов проводили с использованием программного пакета «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ

При проведении исследований у 3-х генераций формирующего ремонтно-маточ-

ного стада муксуна в условиях рыбоводного завода выявили существенные различия в отдельных показателях крови в период выращивания.

Уровень общего белка сыворотки крови (ОБСК) — показатель отражающей общие обменные процессы в организме, у двухгодовиков муксуна первой генерации при выращивании в условиях низких температур (4–6°C) в январе 2018 г. был минимальным и составлял 31,0 г·л⁻¹, затем в апреле с повышением температуры воды и началом активного питания увеличился на 11,3%. В дальнейшем, после периода активного питания, у трехлеток в октябре при температуре воды 11,4°C наблюдали повышение этого показателя еще на 35%. Аналогичную картину отметили и в мае 2019 г. у четырехлеток (рис. 1).

В декабре 2019 г. при снижении температуры воды и низкой активности питания у них произошло снижение уровня ОБСК на 25,5%, но этот показатель оставался на достаточно высоком уровне, что свидетель-

ствует о хорошем физиологическом состоянии рыб первой генерации ремонтно-маточного стада на рыбоводном заводе.

У годовиков второй генерации в мае при температуре воды 14–16°C (таблица) уровень ОБСК составлял 64,0 г·л⁻¹, что отражает активность обмена веществ при интенсивном питании рыб.

Известно, что у сиговых рыб с возрастом отмечается увеличение концентрации гемоглобина (Сементина, Серпунин, 2009). Эта закономерность выявлена и нами у муксуна первой генерации (рис. 2). В частности, у четырехлеток в мае его значение находилось на 24% выше, чем у трехлеток в апреле, а у трехлеток в октябре на 17,4% выше, чем у двухгодовиков в январе. Так же отмечается зависимость этого показателя от температуры воды и связанной с ней активностью питания. В декабре на четвертом году выращивания наблюдали небольшое снижение этого показателя, что обусловлено снижением активности питания в период низких температур воды (2–3°C).

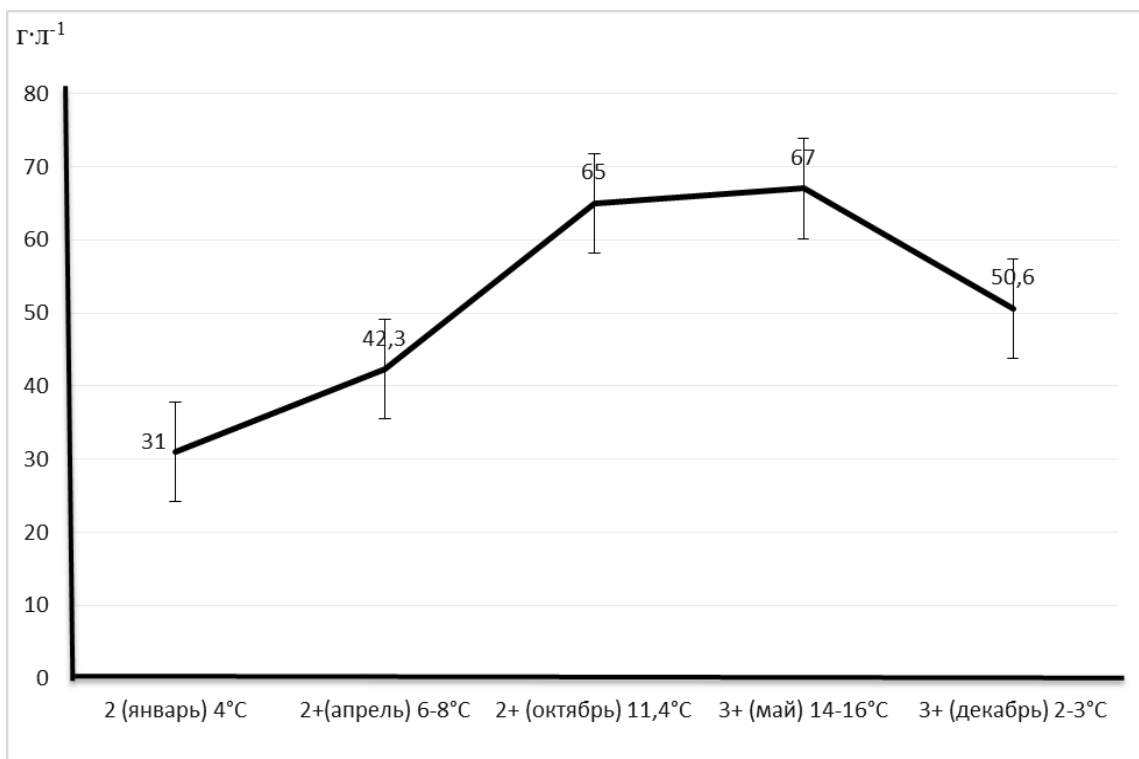


Рис. 1. Динамика уровня общего белка сыворотки крови по мере роста муксуна 1-й генерации (Ось X — возраст рыб, дата, t воды при выращивании).

Таблица. Гематологические показатели различных генераций муксуна при искусственном воспроизводстве

Показатели	Генерации и возраст рыб											
	1-я генерация					2-я генерация					3-я генерация	
	2	2+	2+	2+	2+	3+	3+	3+	3+	3+	1	0+
Дата обследования (год, месяц)	2018 г. январь	2018 г. апрель	2018 г. октябрь	2019 г. май	2019 г. декабрь	2019 г. май	2019 г. декабрь	2019 г. май	2019 г. декабрь	2019 г. май	2019 г. декабрь	2019 г. декабрь
Температура воды, °С	4,0–6,0	6,0–8,0	11,4	14,0–16,0	2,0–3,0	14,0–16,0	2,0–3,0	14,0–16,0	14,0	14,0–16,0	14,0–16,0	14,0
Масса min-мах, г	180,0–450,0	187,0–309,0	262,0–514,0	367,0–648,0	550,0–713,0	367,0–648,0	550,0–713,0	21,0–62,0	6,0–8,0	21,0–62,0	21,0–62,0	6,0–8,0
Белок, г·л ⁻¹	31,0±4,0	42,3±3,0	65,0±4,0	67,0±6,0	50,6±6,4	65,0±4,0	50,6±6,4	64,0±0,6	–	64,0±0,6	64,0±0,6	–
Гемоглобин, г·л ⁻¹	79,2±4,3	74,5±3,6	95,9±10,0	97,7±9,3	90,0±8,9	95,9±10,0	97,7±9,3	86,6±9,7	81,1±12,2	86,6±9,7	86,6±9,7	81,1±12,2
Эритроциты, Г·л ⁻¹	0,722±0,05	0,458±0,02	0,409±0,02	0,894±0,06	0,672±0,08	0,409±0,02	0,894±0,06	0,828±0,14	0,644±0,08	0,828±0,14	0,828±0,14	0,644±0,08
Содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ), пг	111,6±5,7	154,1±10,1	234,5±28,8	109,0±23,6	151,5±15,9	234,5±28,8	109,0±23,6	105,0±18,1	126,2±15,1	105,0±18,1	105,0±18,1	126,2±15,1
Всего молодых эритроцитов, %, том числе:	5,3±1,0	2,6±0,6	5,2±0,6	8,9±1,2	1,38±0,9	5,2±0,6	8,9±1,2	17,8±4,1	5,33±2,9	17,8±4,1	17,8±4,1	5,33±2,9
- эритробласты+нормобласты	0	0	0	0,02	0,01	0	0,02	0,3	0	0,3	0,3	0
- базофильные эритроциты	0,3±0,1	0,3±0,1	0,6±0,1	1,1±0,2	0,03	0,3±0,1	1,1±0,2	4,1±1,6	0,06	4,1±1,6	4,1±1,6	0,06
- полихроматофильные эритроциты	5,0±0,9	2,1±0,5	4,6±0,5	7,8±1,0	1,35±0,9	5,0±0,9	7,8±1,0	13,4±3,5	5,28±2,8	13,4±3,5	13,4±3,5	5,28±2,8
Лейкоциты, Г·л ⁻¹	10,6±3,3	4,83±1,7	6,3±1,8	8,2±5,1	14,2±8,3	10,6±3,3	8,2±5,1	22,8±6,7	22,16±15,1	22,8±6,7	22,8±6,7	22,16±15,1
Нейтрофилы, %	11,3±3,2	2,8±0,6	8,4±3,3	2,8±0,9	7,80±3,0	11,3±3,2	2,8±0,9	3,1±2,1	9,37±8,0	3,1±2,1	3,1±2,1	9,37±8,0
Моноциты, %	3,0±1,5	2,4±0,9	3,0±1,3	1,8±0,4	3,20±2,8	3,0±1,5	1,8±0,4	1,3±0,9	2,4±1,5	1,3±0,9	1,3±0,9	2,4±1,5
Лимфоциты, %	85,6±3,2	94,8±1,1	88,7±4,3	95,4±1,1	89,0±3,4	85,6±3,2	95,4±1,1	95,3±2,8	88,3±8,2	95,3±2,8	95,3±2,8	88,3±8,2

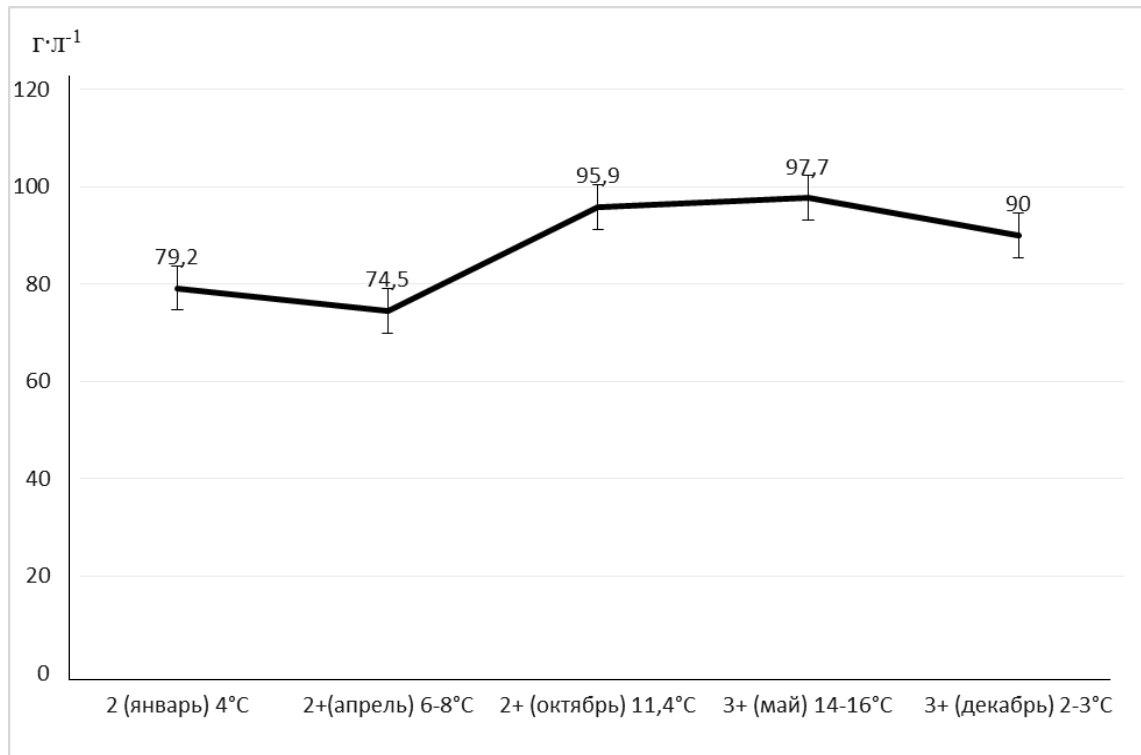


Рис. 2. Динамика гемоглобина по мере роста муксуна 1-й генерации (обозначение оси X см на рис. 1).

У рыб младших возрастных групп второй и третьей генераций (в мае и декабре 2019 г.), выращиваемых при температуре 14–16 °С, гемоглобин был достаточно высоким (соответственно 81,1 и 86,6 г·л⁻¹), но при этом отмечен большой разброс значений показателя в группах и различия оказались не достоверными при сравнении их с рыбой 1-й генерации первого и второго года выращивания (таблица).

У муксуна первой генерации на фоне постепенного увеличения уровня гемоглобина отмечены значительные колебания числа эритроцитов у различных возрастных групп (рис. 3). У двухлеток (в январе 2018 г.) этот показатель находился в пределах 0,722 Т·л⁻¹, в дальнейшем наблюдали его снижение на 36,8% у трехлеток в апреле, в октябре он еще понизился, и только у четырехлеток (в мае 2019 г.) отмечено увеличение этого показателя в 2 раза, а затем вновь его снижение на 25% в декабре.

Наиболее высокое количество эритроцитов в крови отмечали в мае 2019 г. у че-

тырехлеток первой генерации и у годовиков второй генерации (таблица), в период активного питания.

При значительном снижении числа эритроцитов в крови муксуна у трехлеток в апреле и в октябре 2018 г., выявлена достаточно высокая их оснащенность гемоглобином (СГЭ), которая составляла, соответственно 154,1 и 234,5 г л (таблица), что, вероятно, являлось компенсаторной реакцией организма, и способствовало сохранению общего содержания гемоглобина на высоком уровне.

Активность эритропоэза оценивается количеством молодых эритроцитов в крови рыб. Она зависит от температуры воды и активности питания, что мы и наблюдали в мае у рыб первой и второй генерации (рис. 4). Минимальный за весь период исследования уровень эритропоэза был отмечен у четырехлеток в декабре, что в 6,5 раз ниже, чем в мае.

У рыб третьей генерации в возрасте сеголеток в зимней период (декабрь) в 3 раза

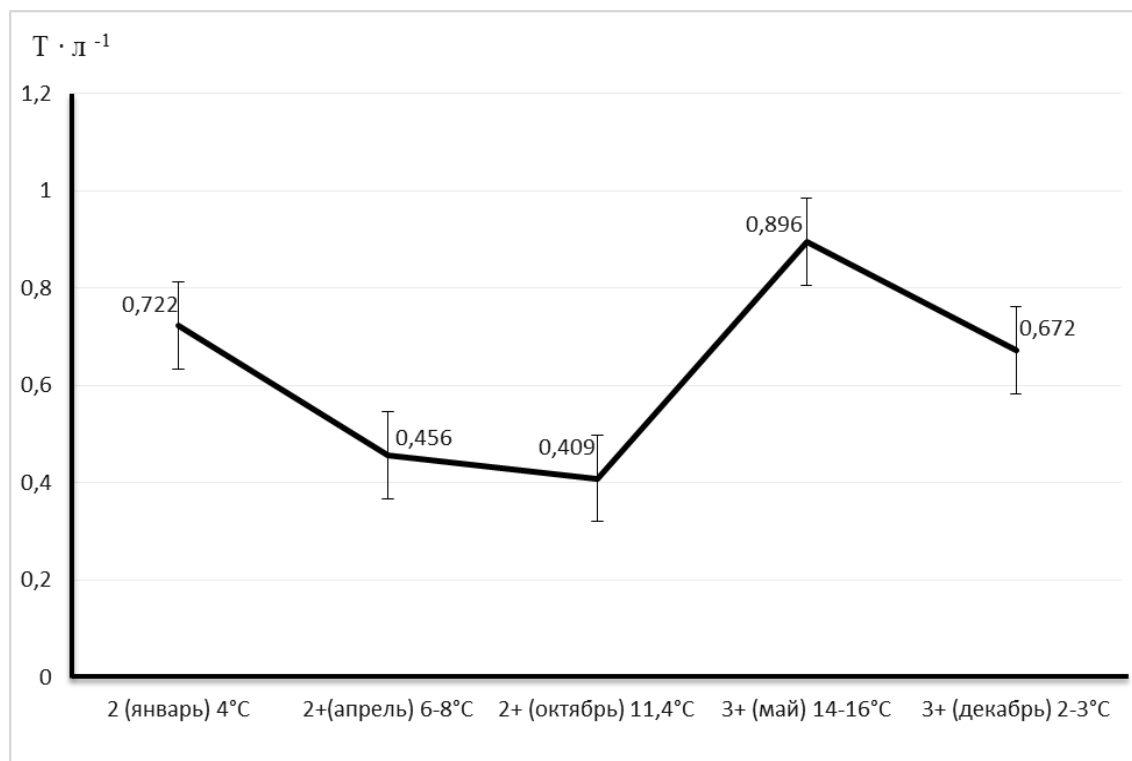


Рис. 3. Динамика числа эритроцитов крови по мере роста муксуна 1-й генерации (обозначение оси X см на рис.1).

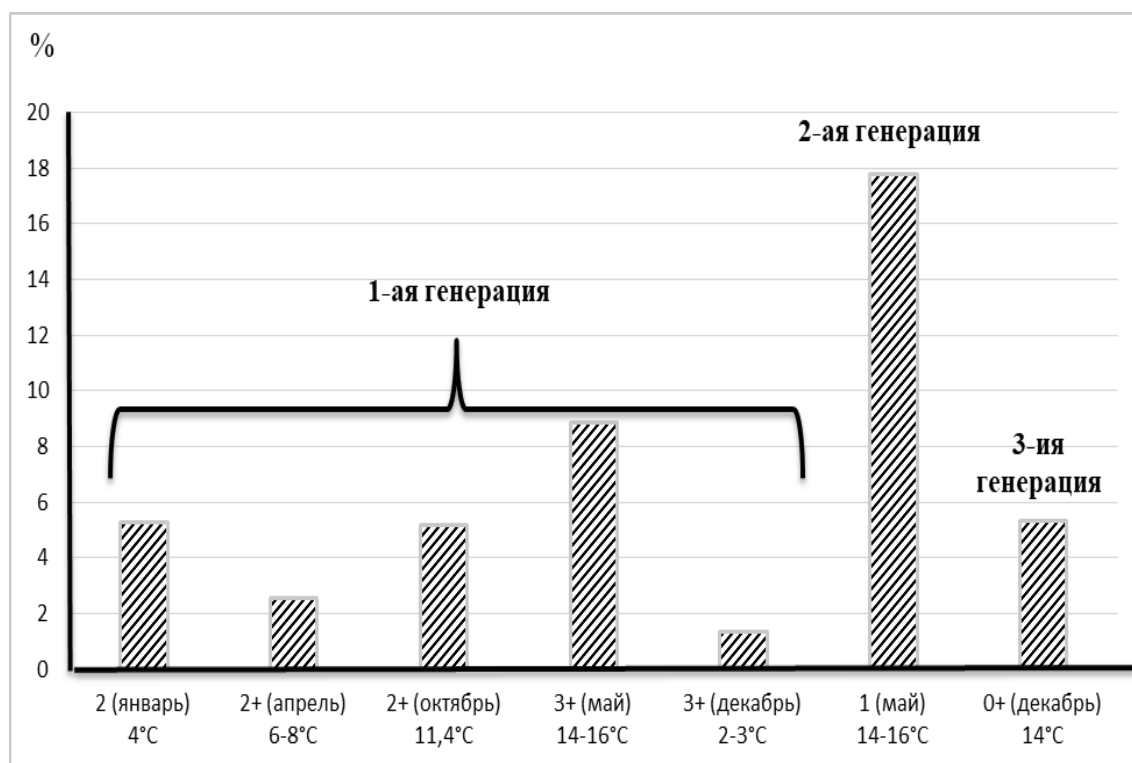


Рис. 4. Уровень эритропоэза у муксуна в период исследования (обозначение оси X см на рис. 1).

ниже уровень эритропоеза, чем у годовиков второй генерации в мае.

При анализе лейкоцитарной картины выявлена высокая вариабельность показателей, часто ошибки более 50% от средней величины.

Практически при всех проведенных обследованиях в группах выделялись особи с низкими значениями общего числа лейкоцитов (ниже среднегруппового) и рыбы со среднегрупповым или выше значением.

Разброс по данному показателю свидетельствует о гетерогенности особей из одной группы и различном уровне их резистентности. Так у 50% четырехлеток первой генерации в мае было понижено число лейкоцитов в пределах от 1,5 до 10,4 г·л⁻¹ и в декабре у 62,5% — от 0,5 до 9,0 г·л⁻¹. У рыб второй и третьей генерации число рыб с более низким значением этого показателя составляло 50% и 22% соответственно. Вероятно, это увеличение связано с выращиванием рыб этих генераций при температуре воды 14–16°С и более высокой активностью

питания, что привело и к повышению их неспецифической резистентности.

Лейкоцитарный состав у всех возрастных групп рыб был представлен лимфоцитами, нейтрофилами и моноцитами. В лейкоцитарной формуле доля различных групп лейкоцитов колебалась. Процент лимфоцитов составлял от 85 до 95, нейтрофилов от 2,8 до 11,3, моноцитов — от 1,3 до 3,2, что соответствует показателям крови сиговых рыб (Лугаськина, 2003; Королева, 2016).

Пересчет лейкоцитарной формулы в абсолютные значения показал, что наиболее высокие значения лимфоцитов, нейтрофилов и моноцитов отмечены так же у рыб второй и третьей генераций (рис. 5).

Выявлено увеличения числа нейтрофилов в зимний период. Это хорошо просматривается у рыб первой генерации, когда у двухгодовиков в январе этот показатель составлял 1198 шт./л⁻¹, а трехлеток в апреле был ниже практически в 9 раз (135 шт./л⁻¹).

Нейтрофилы были представлены на всех стадиях зрелости: миелоциты, метамие-

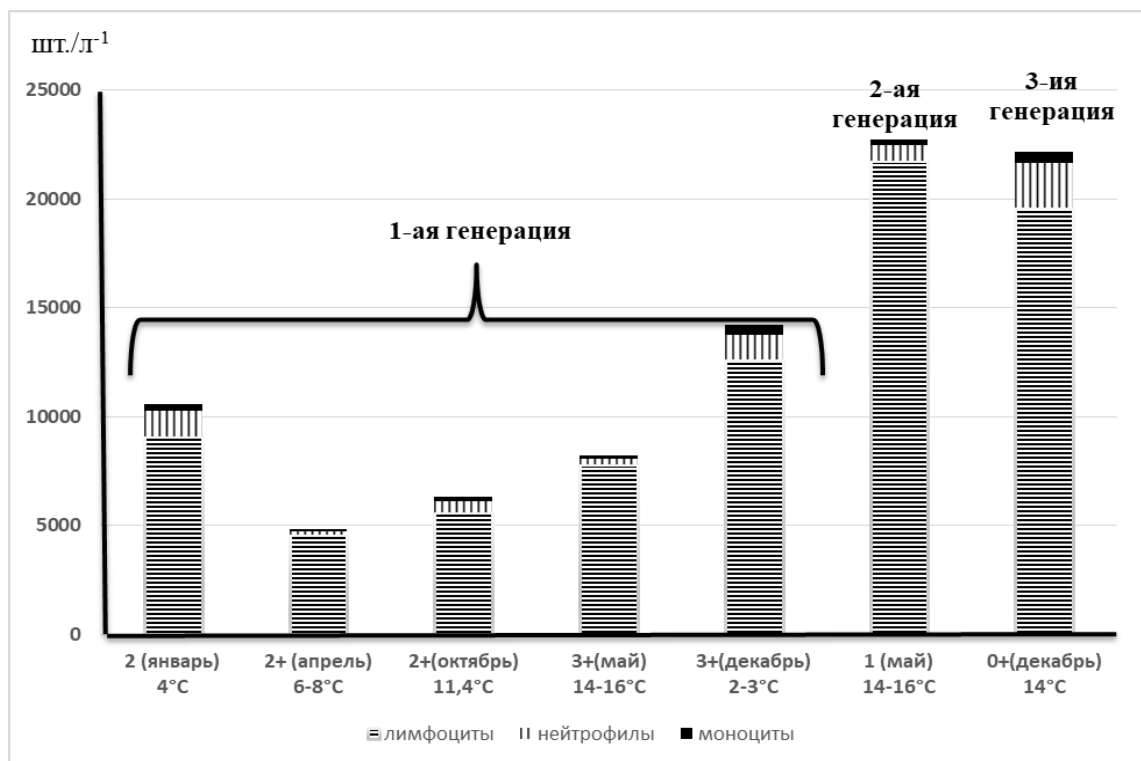


Рис. 5. Количество разных групп лейкоцитов в крови муксуна (обозначение оси X см на рис. 1).

лоциты, палочкоядерные и сегментоядерные. При этом доля палочкоядерных клеток преобладала над сегментоядерными нейтрофилами, и составляла от 35 до 64% и практически во всех группах рыб.

Морфология клеток крови муксуна не имела выраженных патологических изменений. В единичных случаях встречался анизоцитоз (разноразмерность клеток) и гемолиз эритроцитов. В тоже время в цитоплазме эритроцитов выявлены крупные и мелкие включения.

В большей степени встречались мелкие включения, которые присутствовали практически у всех возрастных групп муксуна (за исключением четырехлеток в мае первой генерации и годовиков второй генерации) при обнаружении их у 10–100% рыб с поражением от 20 до 80% эритроцитов, крупные включения отмечены у 10–22% рыб при поражении 0,1–0,3% эритроцитов.

Идентификация включений устанавливается при электронно-микроскопических исследованиях. В настоящее время их обнаруживают у производителей и молодых различных видов лососеобразных как в естественных водоемах, так и при выращивании на рыбзаводах. Некоторые исследователи связывают их появление с мягко протекающими вирусными заболеваниями — вирусным некрозом эритроцитов (ВНЭ, *Viral erythrocytic necrosis*) и синдромом эритроцитарных телец включений (СЭТВ, *Erythrocytic inclusion body syndrome*), встречающимися у многих лососевых рыб (Рудакова, 2002; Головин и др., 2007а; Головин и др., 2007б).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из главных путей увеличения численности муксуна в естественных водоемах является его искусственное воспроизводство на рыбоводных заводах. При этом решается проблема формирования заводских ремонтно-маточных стад. В этом случае контроль за здоровьем рыб является неотъемлемой частью технологического процесса.

Гематологические показатели объективно отражают физиологическое состояние организма рыб и могут быть использованы в качестве биомаркеров, характеризующих их адаптивные возможности и насколько условия выращивания являются оптимальными.

Существует мнение, что картина крови рыб естественных популяций служит эталонным показателем физиологической полноценности, и ее следует использовать для сравнительной оценки физиологического состояния выращиваемой рыбы (Валова, 1999; Лугаськова, 2003; Сергеенко, 2007; Королева, 2016).

В тоже время накоплен большой материал, свидетельствующий, что технология искусственного воспроизводства оказывает заметное влияние на морфофизиологические показатели. В практическом рыбоводстве не достаточно учитывается негативное влияние ряда биотических и абиотических факторов среды, в том числе используемых кормов, что сказывается на физиологическом состоянии выращиваемой рыбы и формировании у нее адаптивных механизмов. Предлагается ввести, наряду с «физиологической нормой», понятие «технологическая норма», дополняющая размерно-возрастной стандарт и привязанная к технологии выращивания рыбы (Головина, 1996; Головин и др., 2007а; Князева и др., 2007, Серпунин, 2010).

В связи с выше изложенным изучение гематологических параметров у объектов искусственного воспроизводства и их применение при формировании ремонтно-маточных стад, для совершенствования биотехнологии — необходимо, своевременны и актуальны.

Известно, что основными факторами, определяющими морфофизиологическую характеристику крови, является температура воды, активность питания и возраст рыб (Головина, 1996; Сергеенко, 2007).

Увеличение содержания ОБСК с возрастом наблюдали у рыб первой генерации. При этом четко просматривается его зависимость от активности обменных процессов. В период низких температур,

когда четырехлетки практически не питались, наблюдали снижение показателя на 35,1% по сравнению с активно питающимися рыбами в мае.

С увеличением возраста у рыб наблюдали повышение уровня гемоглобина (с 79,2 до 97,7 г·л⁻¹), что в целом соответствует общим закономерностям. Выявленные колебания этого показателя у муксуна разных генераций, указывает на гетерогенность формирующегося стада и его способность адаптироваться к факторам среды.

У годовиков из второй и сеголеток третьей генераций, гемоглобин был выше (81,1–86,6 г·л⁻¹), чем у двухлеток и двухгодовиков первой генерации (74,5–79,2 г·л⁻¹), что может свидетельствовать о том, что условия выращивания рыб при повышенной температуре воды (14°C) более благоприятны, чем при температуре воды от 2 до 4°C, особенно на первом и втором году.

Общепризнано, что гемоглобин, обеспечивая организм кислородом, поддерживает интенсивность обмена веществ, и создает благоприятные возможности для адаптации к неблагоприятным факторам и выживания (Королева, 2016).

В наших исследованиях у сеголеток муксуна были получены немного другие значения красной крови, чем у Л. М. Князевой с соавторами, обследующих сеголеток муксуна в бассейновом индустриальном хозяйстве (Князева и др., 2007). В нашем случае уровень гемоглобина был выше, а количество эритроцитов, наоборот, имело более низкие значения, но при этом достаточно высокое оснащение эритроцитов гемоглобином. Следовательно, увеличение уровня гемоглобина при снижении количества эритроцитов, но при этом высокой оснащенности их дыхательным пигментом можно связать с адаптационной реакцией организма к условиям содержания.

В течение первых трех лет выращивания рыб первой генерации наблюдали, что при снижении числа эритроцитов уровень гемоглобина оставался достаточно высоким, а, следовательно, его содержания в эритро-

цитах увеличивалось, что являлось компенсаторной реакцией организма на снижение числа эритроцитов, и не привело к возникновению анемии. Эритроцитарный состав крови у рыб первой генерации был представлен на 92–98% зрелыми (дефинитивными) эритроцитами, увеличение количества молодых форм эритроцитов (активность эритропоэза) отмечали в период интенсивного питания рыб, следовательно, активности процессов метаболизма, которые требуют усиление процесса кроветворения. Аналогичную картину наблюдали и у годовиков второй генерации в период активного питания.

У обследованных разновозрастных групп муксуна всех трех генераций значительно различается лейкоцитарная картина, что характеризует с одной стороны высокую гетерогенность ремонтно-маточного стада и разнокачественность физиологического состояния особей, а с другой, отражает высокую зависимость рыб от температуры воды и ее способность адаптироваться к изменяющимся параметрам среды. Общее число лейкоцитов в крови рыб первой генерации в течение двухлетнего периода наблюдения изменялось, но закономерностей колебания этого показателя не выявлено.

У рыб второй и третьей генераций общее число лейкоцитов было практически в два раза выше, что связано с выращиванием рыбы при более высокой температуре и активности питания.

Известно, что лейкоцитарная картина крови рыб находится под контролем гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы и зависит от ее активности (Swift, Pickford, 1965). Регуляция лейкопоэза и численности лейкоцитов чрезвычайно сложна и обусловлена многими причинами (Горизонтов и др., 1983).

На рыбноводном предприятии, например, интенсивностью питания и другими технологическими факторами. Однако выявленные нами закономерности позволяют предполагать, что гормоны и температура являются основными факторами, определяющими количество и состав лейкоцитов, а следовательно, и резистентность рыб.

В наших исследованиях у муксуна отмечено увеличение нейтрофилов в зимний период при низкой активности питания (1–2 раза в неделю) на фоне снижения доли лимфоцитов. При этом доля сегментоядерных нейтрофилов, определяющих клеточный фагоцитоз и резко возрастающих при воспалительных процессах незначительна, что может свидетельствовать об эпизоотическом благополучии выращиваемой рыбы.

Моноциты находились в пределах 1,3–3,2%, что в целом является характерным для рыб.

При этом следует подчеркнуть, что лейкоцитарный состав крови по вариабельности среднegrupповых значений указывает на геретогенность выращиваемого стада, особенно значимое в первые годы выращивания.

Проведенные исследования показали, что наиболее высокие показатели содержания общего белка в сыворотке крови, уровень гемоглобина, количество эритроцитов и лейкоцитов были у рыб второй и третьей генерации, выращиваемых в условиях стабильной температуры воды в пределах 14–16°C. Следовательно, можно заключить, что более высокая температура воды является определяющим фактором для получения физиологически полноценной молодежи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведена мониторинговая оценка физиологического состояния разновозрастных групп из формирующегося ремонтно-маточного стада муксуна в условиях рыбоводного завода с оборотным водообменом. Она позволила выявить особенности реакции крови у выращиваемых рыб трех генераций.

Гемограмма молодежи муксуна характеризовалась высокими количественными показателями ОБСК, гемоглобина и содержания гемоглобина в эритроцитах. В крови выявлены основные клеточные элементы: эритроциты на всех стадиях развития, лимфоциты, моноциты, нейтрофилы на стадиях

миелоцита, метамиелоцита, палочкоядерные и сегментоядерные формы.

Выявлено, что для оптимального роста и развития муксуна определяющим фактором является температура воды. Подращивание молодежи при температуре воды 14–16°C и связанное с этим интенсивное кормление рыбы значительно улучшает гематологические показатели, которые у рыб второй и третьей генераций были значительно выше, чем у молодежи первой генерации.

Практическая значимость исследований заключается в возможности последующего использования гематологических показателей как маркеров оценки физиологического состояния муксуна при формировании ремонтно-маточных стад на рыбоводных заводах по воспроизводству и отработки для них технологической нормы морфофизиологических показателей применительно к данной технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богданова В. А. Качество производителей сиговых рыб индустриальных маточных стад // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб. Тезисы докладов Международной конференции. СПб.: Нестор-История, 2010. С. 25–27.

Валова В. Н. Проблема качественной оценки заводских популяций тихоокеанских лососей // Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей, 4–8 октября 1999 г. Хабаровск, 1999. С. 107–110.

Головина Н. А. Морфологическая характеристика крови рыб — объектов аквакультуры: Диссертация доктора биол. наук. М., 1996. 228 с.

Головин П. П., Головина Н. А., Романова Н. Н., Извергина Е. Е. Сравнительная характеристика гематологических показателей молодежи кеты от естественного нереста и при ее получении и подращивании на лососевых рыбоводных заводах Магаданской области // Мат-лы 2-й межд. конф.: Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья

рыб и других гидробионтов, пос. Борок Ярославской обл. 17–21 июля 2007 г. 2007 а. С. 140–143.

Головин П.П., Головина Н.А., Романова Н.Н., Юдина Н.А. Морфологическая характеристика производителей сига-пыжьяна в преднерестовый период в реке Кета-Ирбэ (Норило-Пясинская система озера) // *Ibid.*, 2007б. С. 144–147.

Горизонтов П.Д., Белоусова О.И., Федотова М.И. Стресс и система крови. М.: Медицина, 1983. 240 с.

Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1983. 184 с.

Кабицкая Я.А. Современные подходы к изучению популяции муксуна Обь-Иртышского рыбохозяйственного района / Я.А. Кабицкая, Т.А. Коновалова, Е.Г. Бойко.— Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. 2016. № 6.5 (110.5). С. 73–78. URL: <https://moluch.ru/archive/110/27440/> (дата обращения: 08.04.2020).

Князева Л.М., Шумилина А.К., Костюничев В.В., Остроумова И.Н. Биологические особенности молоди сиговых и форели в условиях индустриального выращивания // Научные тетради. СПб: Изд. ФГНУ «ГосНИОРХ», 2007. 56 с.

Королева И.М. Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоемах Кольского севера // Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 36–45.

Костюничев В.В., Князева Л.М., Шумилина А.К. Методические рекомендации по выращиванию и формированию ремонтно-маточных стад сиговых рыб (пелядь, чир, муксун) в индустриальных условиях на искусственных кормах // Сборник методических рекомендаций по индустриальному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводства и товарной аквакультуры / Под общей ред. канд. биол. наук А.К. Шумилиной. СПб, 2012. С. 103–131.

Лугаськова Н.В. Эколого-физиологические особенности крови сиговых рыб в период нагула в субарктической зоне бассейна реки Оби // *Вопр. ихтиологии*. 2003. Т. 43. № 6. С. 835–841.

Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, утвержденные Департаментом ветеринарии от 2 февраля 1999 г. № 13–4–2/1487 // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Ч. 2. Москва. Отдел маркетинга АМБ-агро, 1999. С. 69–97.

Микодина Е.В. Биохимические маркеры рыб: справочник / Е.В. Микодина, Т.И. Лаптева, А.Е. Микулин, М.А. Седова, Е.В. Ганжа, Е.Д. Павлов, А.И. Манухов. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 148 с.

Рудакова С.Л. Изменение экстенсивности поражения эритроцитов VEN-подобными включениями у заводских сеголеток кеты *Oncorhynchus keta* в процессе выращивания // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. 2002. Вып. 6. С. 314–317.

Сергеенко Т.М. Морфофизиологическая характеристика молоди кеты при ее воспроизводстве на лососевых рыболовных заводах Сахалина: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск, 2007. 25 с.

Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптаций рыб. Калининград: Изд-во ФГЦУ ВПО «КГТУ», 2010. 460 с.

Сементина Е.В., Серпунин Г.Г. Гематологические показатели сига (*Coregonus lavaretus* L.) озера Виштынецкого в период нереста // Труды IX международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2011». Калининград: Изд-во КГТУ, 2011. Ч. 1. С. 51–53.

Swift D.K., Pickford G.E. Seasonal variations in the hormone content of the titulary gland of the perch, *Perca fluviatilis* L. // *Gen. and Compar. Endocrinol.* 1965. V. 5. № 3. P. 354–365.

**HEMATOLOGICAL INDICES OF (*COREGONUS MUKSUN SALMONIDAE*)
AT FORMING REHABILITATION BROODSTOCK UNDER CONDITIONS
OF AN INDUSTRIAL FISH PLANT**

© 2020 y. N. N. Romanova, N. A. Golovina, P. P. Golovin, E. V. Efremova, V. V. Varaxina

¹*Branch on Freshwater Fisheries Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Moscow (VNIIPRKh), p. Rybnoe, Moscow area, 141821*

²*Dmitrov Fish Industry Technological Institute (branch FSBEI HE «Astrakhan State Technical
University»), p. Rybnoe, Moscow area, 141821*

³*Scientific-productional society Sobsky fish farming plant, 629420, Yamalo-Nenecki autonomous region,
Priuralski rayon., p.g.t. Harp, 629420*

Hematological indices have been provided for different-aged *Coregonus muksun* groups of three rehabilitation broodstock generations at a fish plant on sig fish species reproduction. The quantity blood indices fluctuated depending on water temperature, fish age and their physiological state. The fluctuations of hematological indices, revealed inside a generation and one-aged ones between generations, testify to heterogeneity of a fish stock formed. The highest indices have been noted in muksun of the second and the third generations reared between 14 and 16°C water temperature.

Key words: hematological indices, muksun, *Coregonus muksun*, rehabilitation broodstock, artificial reproduction.

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА С НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ПЕЧЕНИ И МЫШЦ ДВУХЛЕТОК СИГОВЫХ РЫБ (*COREGONIDAE*), ВЫРАЩИВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

© 2020 г. И. Н. Остроумова, В. В. Костюничев, А. А. Лютиков,
А. К. Шумилина, Т. А. Филатова

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург, 199053
E-mail: irinaostroum@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.06.2020 г.

Двухлеток сиговых рыб (чир *Coregonus nasus*) выращивали в садках на экспериментальных кормах. Спустя 55 сут. (срок годности кормов — два месяца) корма стали опрыскивать раствором витамина С, что увеличило содержание витамина в печени и мышцах рыб и сохранило высокий уровень Омега-3 кислот в этих тканях. Во всех садках рыба росла с одинаковой скоростью при нормальных показателях крови. У рыб, не получавших добавку витамина С, содержание полиненасыщенных жирных кислот в мышцах было пониженным, особенно докозагексаеновой — 15,9 против 21,8%, а количество мононенасыщенной олеиновой — повышено — 34,5 против 26,7%. В печени жирнокислотный состав был сходным у всех рыб. Видимо накопленные в мышцах эссенциальные жирные кислоты являются резервом для печени и других органов с высокой потребностью в Омега-3 кислотах.

Ключевые слова: Двухлетки чира (*Coregonus nasus*), корма, заменители рыбной муки, опрыскивание кормов витамином С, рост, гематологические показатели, полиненасыщенные жирные кислоты, докозагексаеновая кислота, печень, мышцы.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время уделяется пристальное внимание вопросам жирнокислотного состава промысловых и выращиваемых рыб. Это связано с тем, что полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) являются незаменимым фактором питания человека, а основным источником их служит рыба. Позвоночные и беспозвоночные животные не способны синтезировать короткоцепочные родительские формы ПНЖК Омега-3 (линоленовая 18:3n3) и Омега-6 (линолевая 18:2n6) и должны получать их с пищей. Длинноцепочные их производные — докозагексаеновая (22:6n3), эйкозапентаеновая (20:5n3), арахидоновая (20:4n6), если и синтезируются у рыб из родительских форм, то чаще всего в недостаточном коли-

честве. Вместе с тем, именно эти длинноцепочные кислоты необходимы для нормального функционирования сердечно-сосудистой и нервной системы человека, для работы сердца, головного мозга, органов зрения (Гладышев, 2012).

Рыба получает эссенциальные жирные кислоты по трофическим путям. Наиболее эффективный синтез этих веществ осуществляют лишь некоторые группы микроводорослей (Сущик, 2008), откуда через кормовые объекты они поступают в организм рыб. Поэтому уровень и соотношение незаменимых жирных кислот в тканях и органах рыб прежде всего зависит от их питания. В природе — от сезонных изменений кормовой базы, типа питания рыб — хищники, планктобентофаги, от степени трофности

водоема — наибольшее накопление ПНЖК характерно для рыб мезотрофных водоемов (Рудченко, 2018).

Существенные изменения в структуре липидов в негативную сторону у рыб происходят и под влиянием загрязнения водоемов токсическими веществами. Так, по данным Ю.Н. Лукиной (2014) в печени сиговых рыб, обитающих в условиях доминирования нефтяного загрязнения в верховье и низовье р. Печора, содержание незаменимых ПНЖК было понижено, а уровень моноеновых кислот — повышен по сравнению с рыбами из контрольного экологически благополучного водотока. Снижение ПНЖК происходило преимущественно за счет незаменимых докозагексаеновой и арахидоновой кислот и сопровождалось активизацией перекисного окисления липидов, о чем свидетельствовало увеличение первичных и вторичных продуктов перекисного окисления — диеновых конъюгатов (гидроперекисей) и малонового диальдегида.

В аквакультуре соотношение жирных кислот в тканях выращиваемых рыб прежде всего зависит от состава искусственных кормов. Основным источником ПНЖК в кормах служит рыбий жир, растущий дефицит которого вызывает необходимость активного поиска его заменителей. Замена рыбьего жира на растительные масла, которые вообще не содержат длинноцепочных эссенциальных жирных кислот, приводит к снижению ПНЖК в тканях рыб, в том числе и таких важных для здоровья человека как докозагексаеновая, эйкозапентаеновая и арахидоновая. При этом перестройка в составе жирных кислот часто даже не сопровождается снижением интенсивности роста и выживаемости выращиваемых рыб (Turchini et al., 2009; Tocher, 2015; Karalazos, 2017). А именно по этим показателям обычно оценивается возможность замены традиционных ингредиентов в составе искусственных кормов.

В предыдущих исследованиях (Остроумова и др., 2018) мы обратили внимание на то, что корма с просроченным сроком хра-

нения негативно влияют на структуру и жирнокислотный состав липидов печени выращиваемых сеголеток сиговых. Существенно снизилось содержание фосфолипидов и докозагексаеновой кислоты, что привело к увеличению количества мононенасыщенной олеиновой кислоты (18:1n9) за счет снижения насыщенной пальмитиновой кислоты (16:0). Эти изменения у сеголеток, получавших длительно хранящиеся корма, происходили до ухудшения рыбоводно-биологических показателей и состояния крови.

Таким образом, существенные изменения в содержании и соотношении жирных кислот служили первым признаком нарушения обмена в организме рыб. Поскольку исследование было проведено на печени, состояние которой является критерием качества применяемых кормов (Larval fish ..., 2011), было высказано предположение, что просроченные корма при выращивании рыб старшего возраста еще до нарушения рыбоводно-биологических и некоторых физиологических параметров могут понизить качество рыбной продукции из-за потери в мышцах товарной рыбы важнейших элементов, необходимых для здоровья человека.

В настоящей статье сообщаются результаты определения содержания жирных кислот в печени и мышцах и состояния красной и белой крови у двухлеток сиговых, получающих экспериментальные корма с предельным сроком хранения при опрыскивании их раствором витамина С, известного своей антиоксидантной активностью и быстрым разрушением в составе кормов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работу проводили на базе ООО «Форват» Ленинградской области в 2019 г. в процессе экспериментов по разработке кормов с заменителями рыбной муки и рыбьего жира для двухлеток сиговых. В опытах использовали двухлеток чира (*Coregonus nasus*) при содержании их в садках, установленных в оз. Суходольское (Вуоксинская озеро-речная система). До опытов рыба

выращивалась в производственных условиях на импортных кормах.

В состав экспериментальных кормов входили рыбная и мясная мука, дрожжи гидролизные, шроты соевые, рыбий жир, премиксы витаминов и минеральных веществ, физиологически активные добавки. В контрольном варианте (корм № 14) рыбная мука составляла 40%, рыбий жир — 14%. В качестве частичных заменителей рыбной муки (от четверти до половины муки) испытывали белковые концентраты с использованием соевых компонентов и мясной птичьей муки — корма № № 15, 16, 17, 18. В корме № 19 четверть рыбьего жира заменили льняным маслом. Корма по нашим рецептам были изготовлены методом экструзии в Отделе кормов и кормовых компонентов ВНИРО.

Для проведения испытаний двухлетки чира средней массой 64,7 г были рассажены 14 августа 2019 г. по 160 экз. в семь экспериментальных садков размером 2,0×2,0×2,5 м. В двух садках рыба получала одинаковый (корм № 14), в остальных пяти — разные по составу корма. Температура воды в день посадки была 17,7°C, к концу опыта — снизилась до 7,7°C, в среднем составила 14,4°C. Уход и кормление рыб осуществляли по рекомендациям, разработанным ГосНИОРХ (Сборник методических рекомендаций ..., 2012).

Спустя 55 сут. (срок годности кормов определяется двумя месяцами) корма перед раздачей рыбе стали опрыскивать раствором витамина С из расчета 1 г/кг корма (Князева, 1979). Для изучения действия добавки витамина на рыб в одном садке корм продолжали давать без орошения (№ 14–1), в другом — тот же корм (№ 14), но с добавкой витамина. И в остальных садках рыба получала корма № № 15–19 с опрыскиванием раствором витамина С. Кормление с добавлением витамина С проходило в течении 10 сут., т.е. общая продолжительность опыта составила 65 сут.

В процессе выращивания периодически проводили контрольные обловы и взвешивание рыб для контроля за ростом и для

корректировки суточных норм кормления. При завершении опыта обловили и взвесили всю рыбу и собрали пробы для анализов.

Качество кормов по степени окисления и гидролиза липидов определяли по методикам, представленным в работе Картавцевой и др. (1987). Определение состояния красной крови, лейкоцитарной формулы, витамина С у рыб проводили по общепринятым методам, описанным в опубликованной ранее статье (Остроумова и др., 2016).

Анализы жирнокислотного состава мышц и печени выполнены по заказу ГосНИОРХ в ООО «АМТ» (Аналитика, материалы, технология) методом газожидкостной хроматографии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приводятся результаты исследования качества липидов в кормах по степени окисления и гидролиза. Анализ проводили через месяц после изготовления кормов и начала опытов. Как видим, уровень гидроперекисей к этому времени несколько превысил рекомендуемые нормы. Остальные показатели соответствовали предельно допустимому содержанию в кормах рыб.

Интенсивность роста и результаты определения показателей крови двухлеток чира

Десятидневное опрыскивание кормов витамином С практически не отразилось на скорости роста рыб, получавших одинаковый по составу корм без опрыскивания витамином С корм № 14–1 и с опрыскиванием — корм № 14 (табл. 2). На разных по составу кормах интенсивность роста двухлеток чира была также примерно одинаковой на всем протяжении эксперимента (табл. 2). Различия в конечной массе — недостоверны. В самом конце на корме № 18 отмечена тенденция к некоторому снижению роста — на 10%. Конечная масса — 152 г, в контроле — 169 г. В состав корма № 18 входило 20% растительного ингредиента (высокобелкового соевого компонента), заменившего половину

Таблица 1. Качество экспериментальных кормов по степени окисления и гидролиза липидов

№ корма	Показатели окисления и гидролиза липидов		
	Перекисное число, % J ₂		Кислотное число, мг КОН/г
	гидроперекиси	пероксиды	
№ 14	0,21	0,28	7,9
№ 15	0,24	0,38	10,3
№ 16	0,25	0,32	9,0
№ 17	0,31	0,39	14,2
№ 18	0,30	0,38	13,0
№ 19	0,37	0,45	11,5
Предельно допустимое содержание в кормах*	0,2	0,6	50

Примечание. *По данным: Картавцева и др., 1987.

Таблица 2. Рост двухлеток чира по результатам контрольных обловов

№ корма	Индивидуальная масса рыбы, г					Суточный прирост, %	Кормовой коэффициент
	14 авг.	21 авг.	18 сент.	4 окт.	18 окт. Конечная масса		
№ 14–1	64,7	82	108	147	162,4±4,5	1,4	0,9
№ 14		80	108	147	169,0±6,5	1,5	0,8
№ 15		84	110	145	166,9±4,9	1,5	1,0
№ 16		80	105	145	165,7±4,5	1,5	1,0
№ 17		79	109	148	163,5±5,9	1,4	1,2
№ 18		80	110	148	152,1±6,1	1,3	1,3
№ 19		86	117	150	158,5±4,7	1,4	1,3

рыбной муки. Возможно некоторое замедление роста в октябре на этом корме в большей степени, чем на других кормах, связано с падением температуры воды, что отразилось на усвоении углеводов и использовании их в энергетическом обмене рыб (Остроумова, 1988). Шестого октября температура воды в опытах опустилась ниже 10°С (9,5°) и последние 11 дней опыта продолжала снижаться с 9,5 до 7,7°С.

Результаты исследования крови могут служить оценкой качества применяемых кормов и сигнализировать о появлении патологии, связанной с высокой степенью окисленности липидов, вызывающих анемию и существенные сдвиги лейкоцитарной формулы у рыб. В нашем случае состояние красной и белой крови у рыб, выращиваемых на кормах разного состава, не имело существенных различий (табл. 3). Колебания

Таблица 3. Гематологические показатели двухлеток чира на разных кормах

№ корма	Гемоглобин, г/л	Незрелые эритроциты, %	Количество лейкоцитов на 500 эритроцитов (абс.)	Лимфоциты, %	Полиморфно-ядерные, %	Моноциты, %
№ 14–1	91±4,5	6,4±0,8	14,0±1,1	97,6±0,37	0,35±0,1	1,75±0,4
№ 14	101±2,9	5,9±0,5	14,2±1,1	97,6±0,05	0,50±0,1	1,85±0,5
№ 15	91±3,8	6,0±0,9	11,4±0,6	98,3±0,34	0,30±0,1	1,60±0,3
№ 16	89±4,4	6,3±0,7	11,5±1,2	98,6±0,42	0,10±0,1	1,25±0,4
№ 17	78±3,3	3,9±0,3	11,9±0,7	95,6± 0,97	0,25±0,1	4,05±0,9
№ 18	75±3,0	5,1±0,5	9,4±1,1	96,1± 0,66	0,95±0,4	2,95±0,5
№ 19	80±3,4	4,6±0,8	13,0 ±1,0	94,6±,1,12	1,1±0,3	4,20±0,9
Норма	70–110	5–20	10–25	80–98	-	-

Таблица 4. Содержание витамина С в печени и мышцах двухлеток чира

№ корма	Индекс печени, %	Витамин С, мкг/г	
		В печени	В мышцах
№ 14–1	1,3±0,1	71,4	19,5
№ 14	1,3±0,1	95,4	23,1
№ 15	1,3±0,1	88,9	22,5
№ 16	1,4±0,1	88,2	21,5
№ 17	1,4±0,1	78,3	22,3
№ 18	1,2±0,1	95,6	21,5
№ 19	1,3±0,1	77,8	23,2
Норма	1,1–1,5	60–120	20–100

показателей укладывались в норму. Следует отметить, что здесь и в таблице 4 приводятся предварительные нормы. Они находятся в стадии разработки.

Содержание витамина С в печени и мышцах двухлеток чира

Несмотря на кратковременное (десять дней) опрыскивание кормов витамином

С оно отразилось на содержании витамина в печени и мышцах. У рыб на корме № 14–1 (без опрыскивания) содержание витамина было заметно ниже (табл. 4), чем на корме того же состава, но подвергнутого орошению раствором витамина (корм № 14). Практически во всех других вариантах на кормах разного состава содержание витамина колебалось в пределах, близких к его содержанию у рыб на корме № 14, т.е. соответствовало принятой норме витамина С в печени товарных сигов — 60–120 мкг/г. В мышцах у рыб, получавших добавку витамина С его содержание тоже выросло, достигнув нижнего предела нормы.

Жирнокислотный состав липидов печени и мышц двухлеток чира

Жирнокислотный состав печени двухлеток чира, получавших один и тот же корм, без опрыскивания витамином С (№ 14–1) и с опрыскиванием (№ 14) практически не изменился под влиянием десятидневной добавки витамина С (табл. 5). Это видно как по сумме насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, так и по содержанию основных представителей этих групп кислот — пальмитиновой (16:0), олеиновой (18:1n9), а также линолевой (18:2n6), линоленовой (18:3n3) и их производных — арахидоновой (20:4n6), эйкозапентаеновой (20:5n3) и докозагексаеновой (22:6n3).

Практически не изменилась структура липидов печени и у рыб, получавших другие варианты кормов, кроме корма № 16. У рыб на этом корме почти в два раза было ниже содержание полиненасыщенных кислот, в том числе Омега-3, и выше содержание мононенасыщенных. Причем существенно ниже, чем в печени рыб на других вариантах кормов, оказалось содержание основных незаменимых длинноцепочных кислот. Так, количество докозагексаеновой кислоты (22:6n3) у рыб на корме № 16 было почти в два раза, эйкозапентаеновой (20:5n3) в 2,6–3 раза, арахидоновой (20:4n6) — в полтора раза ниже, чем

в печени чира на других кормах. Снижение ПНЖК сопровождалось резким повышением содержания моноеновой олеиновой кислоты (18:1n9) до 44,93% против 22,71–29,96% у чира на других кормах, и понижением уровня насыщенной пальмитиновой кислоты (16:0). Такая картина жирнокислотного состава у чира на корме № 16 сходна с той, которую мы наблюдали в печени сеголеток сиговых рыб, получавших корма с истекшим сроком хранения (Остроумова и др., 2018). Корм № 16 отличался от других кормов содержанием компонента, в состав которого помимо соевых ингредиентов входила птичья (куриная) мука.

В мышцах различия в количестве жирных кислот были более значительны (табл. 6). Они обнаружены не только у рыб на корме № 16, но и у рыб, получавших корм без добавки витамина С (№ 14–1). У этих рыб в мышцах заметно выше был процент мононенасыщенной олеиновой кислоты (18:1n9) — 34,49 против 26,74% у чира, получавшего тот же корм с орошением витамином С. Повышение мононенасыщенных кислот связано обычно с дефицитом Омега-3 кислот. И действительно, у рыб, не получавших добавку витамина С уровень докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислот в мышцах был ниже, чем на этом же корме, но с добавлением витамина. И на остальных кормах, кроме корма № 16, добавление витамина С способствовало повышению уровня эссенциальных жирных кислот в мышцах рыб. То есть даже десятидневное добавление витамина С в количестве 1 г/кг корма оказало благотворное влияние на содержание незаменимых жирных кислот в мышцах рыб, потреблявших корма, снижение качества которых не зашло слишком далеко как у корма № 16.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение в составе жирных кислот у сеголеток, получавших длительно хранящиеся корма (Остроумова и др., 2018) и у двухлеток сиговых на кормах с предель-

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА С НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ПЕЧЕНИ И МЫШЦ

Таблица 5. Жирнокислотный состав печени двухлеток чира на разных кормах, в % от суммы

Жирные кислоты	№14–1	№14	№16	№18	№19
14:0	0,72	0,65	0,91	0,61	0,65
15:0	0,10	0,09	0,05	0,13	0,11
16:0	16,52	16,72	12,73	16,00	14,32
17:0	0,06	0,07	0,04	0,11	0,07
18:0	2,72	2,78	3,75	3,19	3,02
20:0	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09
21:0	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
22:0	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05
24:0	-	-	0,01	0,02	-
Сумма насыщенных	20,33	20,47	17,64	20,20	18,34
18:1n7	2,89	2,90	3,05	2,78	-
18:1n9	25,73	25,79	44,93	22,71	29,96
20:1n7	0,45	0,42	0,26	0,35	0,75
20:1n9	3,38	3,06	2,54	2,35	2,21
22:1n11	1,28	0,96	0,67	0,96	0,83
22:1n9	0,58	0,45	0,30	0,42	0,44
Сумма мононенасыщенных	34,31	33,58	51,75	29,57	34,19
18:2n6	7,14	7,03	4,34	6,57	8,82
20:2n6	1,59	1,48	1,13	1,49	1,55
20:4n6	0,91	1,00	0,66	1,08	1,00
22:5n6	0,32	0,32	0,17	0,34	0,29
24:2n6	0,76	0,71	0,32	0,63	0,67
Сумма Омега-6	10,72	10,54	6,62	10,11	12,33
18:3n3	0,17	0,16	0,27	0,23	0,22
18:4n3	0,17	0,29	0,12	0,09	0,04
20:3n3	0,56	0,63	0,43	0,56	0,99
20:5n3	5,00	5,33	1,89	5,65	5,56
21:5n3	0,34	0,10	0,07	0,29	0,06
22:5n3	1,17	1,00	0,52	1,28	0,99
22:6n3	24,14	25,02	13,15	29,48	24,32
Сумма Омега-3	31,55	32,53	16,45	37,58	32,18
Сумма полиненасыщенных	42,27	43,07	23,07	47,69	44,51
Омега-3/Омега-6	2,9	3,1	2,5	3,7	2,6

Таблица 6. Жирнокислотный состав мышцы двухлеток чира на разных кормах, в % от суммы

Жирные кислоты	№14–1	№14	№16	№18	№19
14:0	1,56	1,66	2,44	1,63	1,46
15:0	0,25	0,31	0,24	0,42	0,33
16:0	14,18	15,83	12,01	18,33	15,70
17:0	0,12	0,13	0,20	0,14	0,18
18:0	2,90	3,36	2,87	3,75	3,89
20:0	0,23	0,18	0,21	0,16	0,20
22:0	0,10	0,07	0,13	-	0,07
24:0	0,04	0,04	0,05	-	-
Сумма насыщенных	19,38	21,58	18,15	24,43	21,83
16:1n7	2,64	2,36	3,58	2,06	1,85
18:1n7	3,22	3,34	4,51	2,81	9,09
18:1n9	34,49	26,74	35,58	20,72	22,18
20:1n7	0,51	0,44	0,56	0,33	0,56
20:1n9	3,36	3,08	4,52	2,28	2,57
22:1n11	1,93	2,01	3,37	1,34	1,59
22:1n9	0,53	0,53	0,52	0,57	0,47
Сумма мононенасыщенных	46,68	38,50	52,64	30,11	38,31
18:2n6	10,32	9,57	12,96	8,65	10,49
20:2n6	1,17	1,43	1,90	1,24	1,14
20:4n6	0,33	0,28	0,23	0,38	0,29
22:5n6	0,21	0,29	0,14	0,39	0,28
24:2n6	0,43	0,36	0,49	0,25	0,31
Сумма Омега-6	12,46	11,93	15,72	10,91	12,51
18:3n3	0,33	0,24	0,33	0,20	0,24
18:2n3	0,93	0,84	1,26	0,78	1,17
18:4n3	0,04	-	0,03	-	-
20:3n3	0,61	0,66	0,73	0,78	0,81
20:5n3	2,65	3,12	2,28	3,77	2,93
22:5n3	0,95	1,31	0,81	1,45	0,93
22:6n3	15,87	21,82	8,00	27,57	21,16
Сумма Омега-3	21,38	27,99	13,44	34,55	27,24
Сумма полиненасыщенных	33,84	39,92	29,16	45,46	39,75
Омега-3/Омега-6	1,7	2,3	0,9	3,2	2,2

ным сроком хранения, сходны с изменениями, отмеченными Ю.Н. Лукиной (2014) у рыб из водоемов с высокой степенью загрязнения и являются следствием истощения антиоксидантной системы и признаком начавшегося окислительного стресса у рыб.

Снижение ПНЖК в тканях рыб сопровождается адаптивным процессом — увеличением мононенасыщенных жирных кислот, которые рыбы способны синтезировать с использованием насыщенных кислот для поддержания текучести жира и проницаемости мембран клеток в условиях низких температур водной среды.

Исследование структуры липидов в печени и мышцах у двухлеток сиговых показало, что изменение липидов в негативную сторону (снижение незаменимых ПНЖК) начинается с мышц (корм № 14—1 в табл. 6). По всей вероятности мышцы резервируют длинноцепочные эссенциальные жирные кислоты для организма, в том числе для печени, которая играет многофункциональную роль в осуществлении нормального обмена веществ и роста рыб.

Орошение раствором витамина С в количестве 1 г/кг корма даже в течение 10 дней после 55 сут. выращивания сохранило повышенное содержание витамина С в печени и мышцах, что позволило поддержать структуру липидов и обеспечить тем самым хорошее качество рыбной продукции с высоким содержанием ПНЖК.

Включение соевых продуктов в состав кормов для двухлеток сиговых в качестве замены 25—50% рыбной муки и льняного масла для замены 25% рыбьего жира не снижает скорости роста двухлеток сиговых. Вместе с тем даже незначительное превышение (65 сут.) установленных сроков хранения кормов (два месяца) приводит к негативным изменениям структуры липидов. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения исследований для подтверждения сроков хранения кормов. Возможно, их следует уменьшить до полутора месяцев для получения не только хороших рыбоводно-биологических результатов, но

и рыбной продукции высокого качества с необходимым для здоровья человека уровнем докозагексаеновой кислоты.

Особенности изменения жирнокислотного состава печени и мышц рыб на корме № 16 совпадают с изменениями при перекисном окислении липидов и могут быть связаны со случайным фактором. Входящий в этот корм компонент содержит в своем составе мясную птичью муку, получаемую на птицефабрике при забое кур. Для решения возможности использовать этот компонент в качестве заменителя рыбной муки необходимы повторные исследования, подтверждающие не только нормальные рыбоводно-биологические данные и показатели крови, как в проведенных опытах, но и сохранение в мышцах полезной для человека структуры липидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2012. Т. 5. С. 352—386.

Картавец Н.Е., Абрамова Ж.И., Остроумова И.Н., Шабалина А.А. Временная инструкция по определению степени окисления липидов в кормах и оценке влияния качества кормов на рыб. Л.: ГосНИОРХ, 1987. 28 с.

Князева Л.М. Рекомендации по увеличению сроков хранения гранулированного корма для молоди форели путем опрыскивания его водным раствором витамина С. Л.: ГосНИОРХ, 1979. 12 с.

Лукина Ю.Н. Проблемы здоровья рыб в водных экосистемах Европейско-Сибирской области Палеарктики. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 37 с.

Остроумова И.Н. Особенности пищевых потребностей у рыб с различной температурой обитания и пути повышения эффективности их кормления // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. 1988. Вып. 275. С. 5—25.

Остроумова И.Н., Костюничев В.В., Лютиков А.А. и др. Разработка физиологически полноценных кормов для молоди сиговых рыб (*Coregonidae*) и сравнительная оценка их с импортными кормами // *Вопр. рыболовства*. 2016. Т. 17. № 3. С. 335–350.

Остроумова И.Н., Шумилина А.К., Лютиков А.А. Влияние длительности хранения кормов на фракционный и жирнокислотный состав липидов печени сиговых // *Вестник рыбохозяйственной науки*. 2018. Т. 5, № 3 (19). С. 60–67.

Рудченко А.Е. Роль трофических факторов в формировании жирнокислотного состава рыб, обитающих в водоемах Красноярского края. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск: СФУ, 2018. 24 с.

Сборник методических рекомендаций по промышленному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводства и товарной аквакультуры / Под ред. А.К. Шумилиной. СПб.: ГосНИОРХ, 2012. 289 с.

Суццик Н.Н. Роль незаменимых жирных кислот в трофометаболических взаимодействиях в пресноводных экосистемах (обзор) // *Журнал общей биологии*. 2008. Т. 69 № 4. С. 299–316.

Larval fish nutrition / Ed. G.J. Holt. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011. 435 p.

Karalazos V. Sustainable alternatives to fish meal and fish oil in fish nutrition: effects on growth, tissue fatty acid composition and lipid metabolism. Scotland. Stirling: Institute of aquaculture, University of Stirling, 2007. 190 p.

Tocher D.R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective // *Aquaculture*. 2015. V. 449. P. 94–107

Turchini G.M., Bente E., Torstensen and Wing-Keong Ng. Fish oil replacement in finfish nutrition // *Reviews in Aquaculture*. 2009 V. 1. P. 10–57.

C VITAMIN EFFECT ON FATTY ACIDS COMPOSITION OF LIVER AND MUSCLES OF TWO-YEAR-OLD WHITEFISHES (*COREGONIDAE*) NURTURED IN AQUACULTURE

© 2020 y. I. N. Ostroumova, V. V. Kostyunichev, A. A. Lyutikov, A. K. Shumilina, T. A. Philatova

Saint Petersburg branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography (L. S. Berg GosNIORKH) Saint Petersburg, 199053

Two-year-old coregonines (broad whitefish *Coregonus nasus*) were grown in cages on experimental feeds. After 55 days (the feeds expiry date was two months) the feeds began to spray with a solution of vitamin C, which increased the vitamin content in liver and muscles and retained a high level of Omega-3 acids in those tissues. The fish was growing at the same growth rate in all fish cages with normal blood values. The fish which did not receive additional C Vitamin had reduced content of polyunsaturated fatty acids in muscles, especially docosahexanoic acid – 15,9% versus 21,8%, while the content of monounsaturated oleic acid was increased – 34,5 against 26,7%. All fishes had similar fatty acid profile in their liver. Apparently, it is the muscles that are a reserve of essential fatty acids for the liver and other organs having an enhanced need in Omega-3 acids.

Keywords: Two-year-old coregonines (*Coregonus nasus*), feed, fish flour alternatives, spraying feeds with vitamin C, growth, hematological parameters, polyunsaturated fatty acids, docosahexanoic acid, liver, muscles.

Компьютерная верстка
А.А. Шимчук

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-45410
от 15 июня 2011 г. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Учредитель — ФГБНУ «ВНИРО»

Подписано в печать 30.08.2020 г.
Печать офсетная

Формат бумаги 60×90 1/8
Бумага 70 г/м²

Тираж 100 экз.

Редакция журнала «Вопросы рыболовства»
Тел.: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru

Отпечатано в типографии Book Jet
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18
Сайт: <http://bookjet.ru>
Почта: info@bookjet.ru
Тел.: +7(4912) 466-151