

*Аэрокосмический снимок озера Тунайча*  
*Space picture of the lake Tunaicha*  
(<https://www.google.ru/maps/>)



MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL FISHERY AGENCY

**FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION  
“SAKHALIN RESEARCH INSTITUTE OF FISHERIES  
AND OCEANOGRAPHY”  
(FSBSI “SakhNIRO”)**

**WATER BIOTA OF TUNAICHA  
LAKE (SOUTHERN SAKHALIN)  
AND CONDITIONS OF IT DWELLING**

Edited by Doctor V. S. Labay



Yuzhno-Sakhalinsk  
2016

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

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

**ВОДНАЯ БИОТА ОЗЕРА ТУНАЙЧА  
(ЮЖНЫЙ САХАЛИН) И УСЛОВИЯ  
ЕЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ**

Под редакцией  
кандидата биологических наук  
В. С. Лабая



Южно-Сахалинск  
2016

УДК 574.5  
ББК 28.082  
В 62

*Рецензент доктор биологических наук Каев Александр Михайлович.*

**В 62** **Водная** биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования [Текст] / Коллектив авторов; Под ред. В. С. Лабая. – Южно-Сахалинск : Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2016. – 240 с. – ISBN 978-5-902516-26-2. – Библиогр. – 378.

Коллективная монография обобщает результаты многолетних комплексных гидробиологических исследований озера Тунайча (южный Сахалин). Дан список видов планктона, бентоса, ихтиофауны и паразитофауны озера, описаны основные компоненты водной биоты, их сезонная динамика. Приведена обширная библиография.

Представляет интерес для гидробиологов, ихтиологов, биогеографов, работников рыбохозяйственных и природоохранных учреждений и организаций, специалистов в области экологического мониторинга.

*Фото на обложке Д. С. Заварзина.*

*Просим обратить внимание на структуру книги. Из-за большого объема графического, табличного материала и приложений указанные данные не вверстаны в главы, а расположены блоками после них и в общую нумерацию издания не входят.*

Табл. – 37, ил. – 111, прил. – 48.



© Коллектив авторов, 2016  
© ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	8
Глава 1. История исследования водной биоты озера Тунайча Лабай В. С., Заварзин Д. С., Коновалова Н. В., Мотылькова И. В.	10
Глава 2. Материал и методики (ТАБЛИЦЫ 1–2. РИСУНКИ 1–11)	14
Глава 3. Физико-географический очерк (РИСУНКИ 12–13) Полупанов П. В., Лабай В. С.	26
Глава 4. Гидрологический очерк (ТАБЛИЦА 3. РИСУНКИ 14–24) Полупанов П. В., Лабай В. С., Золотухин Е. Г.	33
Глава 5. Микробное сообщество (ТАБЛИЦЫ 4–6. РИСУНКИ 25–30) Полтева А. В.	39
Глава 6. Фитопланктон (ТАБЛИЦЫ 7–8. РИСУНКИ 31–38. ПРИЛОЖЕНИЕ 1) Коновалова Н. В., Мотылькова И. В.	48
Глава 7. Зоопланктон (ТАБЛИЦЫ 9–17. РИСУНКИ 39–53. ПРИЛОЖЕНИЕ 2) Заварзин Д. С.	64
Глава 8. Макробентос (ТАБЛИЦЫ 18–22. РИСУНКИ 54–75. ПРИЛОЖЕНИЕ 3) Лабай В. С., Роготнев М. Г.	84
Глава 9. Ихтиофауна (рыбы и круглоротые)	113
9.1. Фауна круглоротых и рыб озера Тунайча (ТАБЛИЦЫ 23–28. РИСУНКИ 76–94. ПРИЛОЖЕНИЯ 4–45) Сафронов С. Н., Никитин В. Д., Заварзина Н. К., Ившина Э. Р., Метленков А. В., Лабай В. С., Марченко В. И., Игнатъев Ю. И., Галенко К. Г., Живоглядов А. А., Гудков П. К.	113
9.2. Особенности раннего онтогенеза некоторых видов рыб (ТАБЛИЦЫ 29–32. РИСУНКИ 95–103. ПРИЛОЖЕНИЕ 46) Мухаметова О. Н.	167
9.3. Паразитофауна рыб (ТАБЛИЦЫ 33–35. РИСУНКИ 104–107. ПРИЛОЖЕНИЕ 47) Фролов Е. В., Виноградов С. А.	191
9.4. Структура ихтиоценозов, численность и биомасса рыб (РИСУНКИ 108–109. ПРИЛОЖЕНИЕ 48) Никитин В. Д., Метленков А. В.	200
9.5. Итоги и перспективы интродукции рыб Сафронов С. Н., Никитин В. Д.	204
Глава 10. Сезонная изменчивость биологических процессов	207
Глава 11. Продукционные характеристики отдельных компонентов водной биоты и всего биоценоза в целом (ТАБЛИЦЫ 36–37. РИСУНКИ 110–111)	211
Литература	216

## CONTENTS

Introduction	8
Chapter 1. The history of researching of the aquatic biota of Tunaicha lake Labay V. S., Zavarzin D. S., Konovalova N. V., Motyl'kova I. V.	10
Chapter 2. Materials and methods (TABLES 1–2. ILLUSTRATIONS 1–11)	14
Chapter 3. The physic-geographical description of research area (ILLUSTRATIONS 12–13) Polupanov P. V., Labay V. S.	26
Chapter 4. The hydrological description (TABLE 3. ILLUSTRATIONS 14–24) Polupanov P. V., Labay V. S., Zolotukhin Ye. G.	33
Chapter 5. Microbial community (TABLES 4–6. ILLUSTRATIONS 25–30) Polteva A. V.	39
Chapter 6. Phytoplankton (TABLES 7–8. ILLUSTRATIONS 31–38. APPENDIX 1) Konovalova N. V., Motyl'kova I. V.	48
Chapter 7. Zooplankton (TABLES 9–17. ILLUSTRATIONS 39–53. APPENDIX 2) Zavarzin D. S.	64
Chapter 8. Macrobenthos (TABLES 18–22. ILLUSTRATIONS 54–75. APPENDIX 3) Labay V. S., Rogotnev M. G.	84
Chapter 9. Ichthyofauna (fish and cyclostomes)	113
9.1. The fauna of Cyclostomata and Pisces of Tunaicha Lake (TABLES 23–28. ILLUSTRATIONS 76–94. APPENDIXES 4–45) Safronov S. N., Nikitin V. D., Zavarzina N. K., Ivshina E. R., Metlenkov A. V., Labay V. S., Marchenko V. I., Ignat'jev Yu. I., Galenko K. G., Zhivoglyadov A. A., Gudkov P. K.	113
9.2. Features of early ontogeny of some fish species (TABLES 29–32. ILLUSTRATIONS 95–103. APPENDIX 46) Moukhametova O. N.	167
9.3. Parasitic fauna of fish (TABLES 33–35. ILLUSTRATIONS 104–107. APPENDIX 47) Frolov Ye. V., Vinogradov S. A.	191
9.4. The structure of ichthyocenoses, the abundance and biomass of fish (ILLUSTRATIONS 108–109. APPENDIX 48) Nikitin V. D., Metlenkov A. V.	200
9.5. Results and prospects of introduction of fish Safronov S. N., Nikitin V. D.	204
Chapter 10. Seasonal variability of biological processes	207
Chapter 11. Production characteristics of individual components of aquatic biota and whole biocenosis generally (TABLES 36–37. ILLUSTRATIONS 110–111)	211
Bibliography	216

***Светлой памяти  
Сафронова Сергея Никитича –  
Настоящего Ученого  
и Замечательного Человека,  
посвящается...***

*Информация – на странице 239*

## ВВЕДЕНИЕ

Озеро Тунайча является крупнейшим внутренним водоемом Сахалинской области и отнесено к памятникам природы. Озеро относится к водоемам лагунного типа. Географически и экологически прибрежные лагуны являются уникальной частью акватории Мирового океана (Лымарев, 1978; Бровко, 1990; Бровко и др., 2002), на современном этапе эволюции оз. Тунайча развивается как олигогалинная система, связанная пр. Красноармейская с заливом Мордвинова Охотского моря. Известно, что процессы продуцирования органического вещества в континентальных водоемах отличаются значительной интенсивностью, а их относительная продукция в несколько раз превышает таковую в Мировом океане (Алимов, 1989).

На берегу оз. Тунайча и пр. Красноармейская расположено с. Охотское. Озеро Тунайча играет важную роль в жизненном укладе жителей этого села. В озере обитает важный с промысловой точки зрения вид двустворчатых моллюсков – японская корбикула *Corbicula japonica* Prime, 1864. Озеро и его бассейновые реки являются районами нагула и нереста лососевых рыб, в том числе редкого охраняемого вида – сахалинского тайменя *Parachucho perryi* (Brevoort, 1856) (Красная книга..., 1983, 2000), корюшек, кунджи, сельди, красноперок, карася, звездчатой камбалы и других видов рыб. Проведенная в несколько этапов акклиматизация карася и сазана в озеро резко расширила их промысловую значимость. Относительная замкнутость оз. Тунайча, его слабая связь с открытой морской акваторией, более благоприятные, чем на собственно шельфе, температурные и кормовые условия позволяют рассматривать озеро как перспективное для развития промысла рыб, а также для организации хозяйств марикультуры. Важное значение оз. Тунайча имеет как рекреационная зона для жителей южной части острова Сахалин.

В результате расширения хозяйственной деятельности человека наблюдаются изменения в составе и структуре водного биоценоза озера, а также изменения его продуктивности. Строительство в середине 1970-х гг. автодорожного моста и обмеление пр. Красноармейская привели к серьезным изменениям гидрологии озера (Микишин и др., 1995). Возникла настоятельная необходимость в прогнозировании возможных изменений в экосистеме оз. Тунайча и их последствий при интенсивном воздействии хозяйственной деятельности человека. Решение этих важнейших проблем невозможно без количественного описания роли отдельных компонентов водной биоты и всего сообщества в целом в общих процессах круговорота веществ и трансформации энергии в водной экосистеме оз. Тунайча, а также оценки взаимосвязи и функционирования водной экосистемы.

Представляемая коллективная монография обобщает материалы комплексного изучения оз. Тунайча и является продолжением серии книг, посвященных водной биоте лагун о. Сахалин (Кафанов и др., 2003; Лабай и др., 2010).

В представленной монографии авторы не только обобщили материалы исследований последнего десятилетия, но и выявили тенденции изменения озерной экосистемы за длительный период. Мы надеемся, что эта работа составит надежную базу данных для долговременного экологического мониторинга водоемов южного Сахалина, подверженных риску существенного загрязнения при масштабной хозяйственной деятельности. Открытый характер публикации обеспечит при этом возможность независимой экологической экспертизы со стороны общественных природоохранных организаций.

Пользуемся случаем выразить искреннюю признательность кандидату биологических наук А. Д. Саматову за благожелательное отношение к авторам данной работы, полезные советы и ценные критические замечания; сотруднику ФГУП «СахНИРО» Ж. Р. Цхай за предоставленные данные по концентрации хлорофилла *a* по данным спутниковой системы «TeraScan»; всем сотрудникам ФГУП «СахНИРО» за самоотверженную работу в период полевых и камеральных исследований.

# ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ БИОТЫ ОЗЕРА ТУНАЙЧА

**Вячеслав Степанович Лабай,**  
**Денис Сергеевич Заварзин,**  
**Наталья Владимировна Коновалова,**  
**Ирина Викторовна Мотылькова**

До 1960 г. озеро было обследовано кратковременными выездами экспедиций Сахалингосрыбвода (Отчет по обследованию..., 1956). В июле 1977 г. по заданию обкома КПСС и облисполкома под руководством С. Х. Сабитова было проведено обследование оз. Тунайча с целью определения степени его зарастания и разработки мелиоративных мероприятий (Результаты обследования..., 1977).

Первые сведения по геоморфологии и гидрологии озера содержатся в статье С. Йошимуры (цит. по: Гидрологический режим..., 1969). Весьма краткие сведения о геоморфологии и гидрологии озера содержатся в отчете Сахалингосрыбвода (Отчет по обследованию..., 1956). Несмотря на свою краткость, данная работа содержала все основные характеристики водоема, определяющие существование водной биоты: соленость миксолимниона – 6,6‰ (в приустьевых участках рек – до 4,5‰), наличие двуслойной стратификации, бедность гиполимниона растворенным кислородом и наличие высоких концентраций сероводорода. Дальнейшее развитие гидрологические исследования озера получили в 1959–1960 гг. во время обследования ряда озер южного Сахалина Дальневосточной экспедицией биолого-почвенного факультета МГУ (Григорьев, 1961).

По результатам этих работ описана геоморфология озера, питание и водный баланс, годовой ход уровня, физические и химические свойства воды, термические и ледовые явления. Наиболее подробное гидрологическое описание озера было составлено СахУГМС (Гидрологический режим..., 1969) по результатам исследований, проведенных гидрографической партией СахУГМС в 1960–1961 и 1968–1969 гг. Следующий этап изучения условий существования водной биоты связан с деятельностью комплексных экспедиций ДВГУ (Геоморфолого-экологические..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991). Результаты данных исследований, проведенных уже после строительства моста через пр. Красноармейская, позволяют оценить происшедшие изменения в гидрологическом и гидрохимическом режимах после сокращения водообмена с морем.

Первые сведения о фитопланктоне озера (Отчет по обследованию..., 1956) были весьма скудны. В них содержался только неполный список наиболее обычных отделов микроводорослей, без описания видового состава, количественных характеристик и структуры фитопланктона. Имеются некоторые сведения о качественном и количественном его составе в работе Н. П. Усовой с соавторами (Усова и др., 1980). По их данным, альгофлору оз. Тунайча летом 1977 г. составляли 54 вида и внутривидовых таксона из 5 систематических групп. В 1989–1991 гг. по договору между Дальневосточным государственным университетом и Сахалинским отделением ТИНРО были проведены исследования донной диатомовой флоры озера. Анализ проводился на основе двух съемок по акватории озера, которые были выполнены в весенний (май) и летний (июль) сезоны 1990 и 1991 гг. (Геоэкология озера..., 1991). В результате в планктоне и поверхностном слое донных осадков было обнаружено 123 таксона диатомовых водорослей, из которых планктонные диатомеи составляли лишь 8,1% от общего количества таксонов. Был сделан вывод о второстепенной роли диатомовых фитопланктона оз. Тунайча по сравнению с синезелеными микроводорослями.

Первые сведения о составе зоопланктона озера приведены в отчете Сахалингосрыбвода (Отчет по обследованию..., 1956) и содержат перечень наиболее массовых групп (реже – родов) зоопланктона без приведения количественных характеристик. В течение 1977, 1978 и 1980 гг. в весенне-летний период под руководством Э. Р. Чернышевой сотрудниками СахТИНРО и СахУГМС спорадически производились сборы зоопланктона на оз. Тунайча (Материалы по зоопланктону..., 1978; К исследованию зоопланктона..., 1981). Позднее, в 1989–1991 гг. экспедициями А. Н. Володарского, Л. Д. Демина и В. А. Клюканова в рамках подробных геоэкологических исследований оз. Тунайча были проведены

сбор и обработка проб фито-, зоопланктона и бентоса (Геоморфолого-экологические исследования..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991).

Аналогичную историю имеют исследования макробентоса оз. Тунайча. Первые сведения (Отчет по обследованию..., 1956) были весьма краткими, содержали упоминания только о некоторых самых массовых донных беспозвоночных (обычно без видового определения или с неправильной идентификацией видов), в них отсутствовали количественные характеристики и данные о структуре донных сообществ. Более подробные сведения приведены по результатам исследований ДВГУ в 1989–1991 г. (Микишин и др., 1995; Иванков и др., 1999). Несмотря на свою краткость, данные работы дают представление о структуре и количественных характеристиках макробентоса озера в период изменения гидрологического режима.

Литературные данные о паразитофауне рыб оз. Тунайча крайне скудны. До настоящего момента фаунистические исследования паразитов озера касались только паразитических ракообразных. Первые сведения о паразитических копеподах озер Охотской группы приводятся в работе Е. Р. Чернышевой и Э. Х. Сабитова (Чернышева, Сабитов, 1981). При обработке проб планктона, собранных на озерах Русское, Хвалисекое, Хазарское, Свободинское в 1970–1978 гг., авторами было обнаружено большое количество свободноживущих стадий эргазилусов. В тот же период Г. П. Вяловой (Вялова, 1983) был описан случай эргазиле-за рыб в оз. Тунайча и отмечена гибель зараженных рыб. Позднее для оз. Тунайча были зарегистрированы четыре вида паразитических копепод: *Salmincola markewitschi*, *S. stellatus*, *S. edwardsii* и *Tracheliastes sachalinensis* (Шедько и др., 2002, 2005). Фауна гельминтов рыб оз. Тунайча до настоящего времени не изучалась.

Неоценимый вклад в изучение онтогенеза рыб водоемов о. Сахалин (в том числе оз. Тунайча) внесли О. Ф. Гриценко (Гриценко, 1990, 2002) и А. М. Шадрин (Шадрин, 1989, 1989а, 1989 б, 1994). Ими описаны особенности размножения и развития проходных и полупроходных рыб из семейств корюшковых Osmeridae, лососевых Salmonidae, карповых Cyprinidae. Но задачи исследования функционирования ихтиопланктонных комплексов во внутренних водоемах, различающихся гидрологическим режимом, выявление сезонных и межгодовых изменений, происходящих в видовом составе и численности ихтиопланктона, до 2002 г. не ставились. Исследования ихтиопланктона как отдельные комплексные исследования оз. Тунайча впервые были начаты ФГУП «СахНИРО» в 2002 г. Этими работами было положено начало реализации одного из наиболее важных направлений в ихтиологии – исследо-

вание ранних этапов онтогенеза рыб. По сути, на Сахалине такого рода исследования в лагунах и озерах никогда не проводились.

Исследования ихтиофауны оз. Тунайча выполнялись многими организациями (МГУ, Сахалинрыбвод, ВНИРО, ТИНРО, СахНИРО, СахГУ), что нашло отражение в многочисленных публикациях (Пробатов, Фролов, 1951; Никаноров, 1960; Ключарева, 1964; Ключарева и др., 1964; Савваитова, 1964; Фролов, 1968; Бровко, Сафронов, 1989; Гриценко, 1990, 2002; Пинчук, 1992; Сафронов, Чан, 1994; Материалы по сельди..., 1995; Сафронов, Демьяник, 1995; Биологическая характеристика..., 2001; Никифоров, 2001; Safronov et al., 2007; Френкель, 2008).

С 2001 г. СахНИРО начал планомерные исследования водной биоты озера и условий ее обитания, что нашло отражение в ряде публикаций (Саматов и др., 2002; Moukhametova, 2002; Заварзин, 2003, 2003а, 2005; Лабай и др., 2003, 2003а, 2004; Макаренко, 2003; Мотылькова, Коновалова, 2003, 2012; Полтева, 2003, 2005; Роготнев, 2003; Labay, 2003; Гудков, 2004, 2004а, 2006; Марченко, 2004; Мухаметова, 2004, 2005, 2008; Лабай, Роготнев, 2005; Роготнев и др., 2005; Гудков, Заварзина, 2006). В этот же период исследования водной биоты и условий ее обитания проводились другими организациями (Отчет о проведении..., 2003; Золотухин и др., 2004, 2004а, 2004 б; Шустин и др., 2005; Сапожников и др., 2006; Лукьянова, 2007).

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

Материалами для данной работы послужили сборы комплексных гидробиологических и ихтиологических экспедиций СахНИРО в 2001–2010 гг.

### Методы полевых и камеральных исследований

Объемы гидролого-гидробиологических исследований на озере Тунайча с 2001 по 2005 г. показаны в **таблице 1**. Карты-схемы гидролого-гидробиологических съемок показаны на **рисунках 1–11**.

### Гидрологические показатели

В августе 2001 г. на каждой станции с дискретностью от 2 до 5 м зондом YSI-63 производились замеры температуры, солености воды и измерялся водородный показатель. В сезонных съемках 2002–2003 гг. анализировались температура, соленость, рН от поверхности до дна зондом YSI-63 с дискретностью 1 м. Дополнительно 16 июля 2002 г. была произведена съемка по анализу вертикального распределения концентрации растворенного кислорода по тем же станциям и глубинам зондом YSI-90. С целью мониторинга состояния водоема в процессе его дальнейшего развития 8 сентября 2004 г. была проведена гидрологическая съемка по четырем точкам на разрезе м. Макарова – м. Меньшикова, проходящем через наиболее глубокую часть озера. В зимний период (март 2004 и 2005 гг.) сделали контрольную съемку в том же районе.

Сборы проводили с борта моторных лодок, привязку станций и навигацию осуществляли при помощи спутниковых 12-канальных навигаторов Garmin GPS 12 и GPS II plus.

## Микробиологические исследования

Пробы воды для микробиологических исследований отбирали стерильными пластиковыми шприцами на глубине 50 см; пробы донных отложений отбирали дночерпателем, затем переносили в стерильную стеклянную посуду. Высев на питательные среды осуществляли методом предельных разведений с пересчетом выросших колоний на 1 мл для воды и 1 г для донных отложений (Родина, 1965; Практикум по микробиологии, 1976).

Сапрофитные гетеротрофные бактерии, участвующие в разложении органических соединений, определяли на рыбо-пептонном агаре (РПА) и РПА, разведенном в десять раз (РПА:10); численность морских гетеротрофов – на модифицированной среде Йошимицу-Кимура (Yochimizu, Kimura, 1976); нитрифицирующих бактерий – на крахмало-аммиачном агаре (КАА).

Коэффициент минерализации рассчитывали по формуле:

$$KM = \frac{N * КАА}{N * РПА},$$

где  $N$  – число микроорганизмов на соответствующих питательных средах (Никитин, Никитина, 1978).

Для фенолрезистентных бактерий применяли агаризованную среду, содержащую минеральный фон и 1 г/л монофенола, в качестве единственного источника углерода; для углеводородокисляющих – агаризованную среду минерального состава с добавлением сырой нефти в концентрации 1 г/л. Посевы инкубировались при температуре 20–24 °С в течение 2–14–21 суток.

Обработку проб производили сотрудники ФГУП «СахНИРО» А. В. Полтева и О. Н. Колыванова.

## Отбор и обработка проб фитопланктона

Пробы фитопланктона объемом 1–1,5 л отбирали батометром на горизонтах 0, 5, 10, 15 м. В качестве фиксатора использовали раствор Утермея (Федоров, 1979).

Батометрические пробы объемом 1–1,5 л доводили методом осаждения до объема 20–40 мл, в зависимости от осадка, затем сгущали до объема 3–6 мл центрифугированием. Каждую пробу обрабатывали в двух камерах: наннопланктон – в камере типа «Ножотта» (объемом 0,055 мл), микропланктон и редкие виды – в камере типа «Пенал» (объемом 1 мл). Биомассу определяли, приравнивая клетки микроводорослей к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970).

Обработку проб производили сотрудники ФГУП «СахНИРО» Н. В. Коновалова и И. В. Мотылькова. Идентификацию и уточнение 2 видов проводили сотрудники Института биологии моря ДВО РАН (г. Владивосток) М. С. Селина и О. Г. Шевченко. Вид *Mallomonas caudata* (Dillw.) Ag. был определен сотрудником Санкт-Петербургского государственного университета Л. Н. Волошко.

### Отбор и обработка проб зоопланктона

Для количественного учета зоопланктона на каждой станции проводили лов от дна до поверхности. На больших глубинах, где отслеживался слой скачка, – послойно (от дна до хемоклина и от хемоклина до поверхности) малой моделью сети Джеди с диаметром входного отверстия 18 см и газом № 73 (ячейя 0,081 мм). На мелководье количественные пробы брали путем зачерпывания 100–200 л воды и процеживания ее через ту же планктонную сеть. Отбор проб осуществляли как в пелагиали, так и в литорали среди зарослей макрофитов. Для учета коловраток параллельно проводилась батометрическая съемка. Отбор проводился при помощи трехлитрового батометра Chalsico послойно от дна (или хемоклина) до поверхности, после чего пробы со всех горизонтов сливались в одну емкость, перемешивались, и из нее отбиралась интегральная проба объемом 1,5 л. На глубоководных станциях отдельно отбирались пробы под хемоклином.

Пробы фиксировали 40%-ным раствором формальдегида, добавляя его до 4%-ного раствора. Для нейтрализации формалина использовали раствор  $\text{NaHCO}_3$  (Руководство по методам..., 1983). Обработку количественных проб проводили счетно-весовым методом (Свирская, 1987). В относительно «бедных» планктоном пробах тотально просчитывались все организмы. Однако в большинстве случаев в камере Богорова просматривали организмы в 1–10 см<sup>3</sup> объема пробы, доведенной до 50–200 см<sup>3</sup>, после чего в осадке пробы, вылитом в чашку Петри, просчитывали крупные организмы. Вес организмов определяли по имеющимся в литературе таблицам средних весов и формулам линейной зависимости «длина–масса» (Уломский, 1952; Мордухай-Болтовской, 1954; Брагинский, 1957; Боруцкий, 1960; Балушкина, Винберг, 1979, 1979а), при отсутствии данных – по номограммам Численко (Численко, 1968). Численность и биомасса рассчитывались в 1 м<sup>3</sup>.

Обработку проб, определение видов проводил сотрудник ФГУП «СахНИРО» Д. С. Заварзин.

## Отбор и обработка проб макробентоса

Отбор проб осуществляли в соответствии с существующими методиками (Эллиот и др., 1981; Руководство по методам..., 1983). На литорали пробы отбирали бентометром Леванидова с площадью отбора  $0,16 \text{ м}^2$  – по две пробы со станции (Леванидов, 1976; Методические рекомендации..., 2003). На глубине более 1 м исследования проводили с лодки утяжеленным стандартным дночерпателем Петерсена с площадью захвата  $0,025 \text{ м}^2$  – по три пробы со станции.

Исследования сезонной динамики макробентоса проводили на полигоне Большой Тунайчи в 2002 г. и на полигоне Малой Тунайчи в 2003 г. – в мае, июле и ноябре. Периоды бентосной съемки соответствовали биологическим сезонам года в оз. Тунайча. Температура воды – главный фактор при определении биологических сезонов года в водоемах, однако единого критерия для выделения температурных границ биологических сезонов до сих пор нет (Николаев, 1971; Алабастер, Ллойд, 1984). В наших исследованиях приняты температурные границы, предложенные В. П. Солововым (Соловов, 1986) для озер умеренной зоны: весна –  $0,2\text{--}15 \text{ }^\circ\text{C}$ , в том числе ранняя –  $0,2\text{--}4,0 \text{ }^\circ\text{C}$  и поздняя –  $4,0\text{--}15 \text{ }^\circ\text{C}$ ; лето –  $15\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$ , в том числе раннее –  $15\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$  и позднее –  $25\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$ ; осень –  $10\text{--}4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для южно-сахалинского лета с небольшим количеством солнечных дней (повторяемость сплошной облачности достигает  $70\text{--}80\%$  [Сахалинская область..., 1994]) в таком глубоком водоеме, как оз. Тунайча, активный слой не прогревается летом до  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , поэтому за термограницу между ранним и поздним летом мы берем максимальную среднесуточную температуру прогрева миксолимниона, которая летом 2002 г. составила  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ , а летом 2003 г. –  $19,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Таким образом, бентосная съемка проводилась в следующие биологические сезоны: в мае – поздняя весна, в июле – середина биологического лета, в ноябре – осень. Общая продолжительность биологической весны (от схода ледового покрова до  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) на оз. Тунайча составляет 45 суток, биологического лета – 140 суток, осени – 45 суток.

Отбор проб на полигонах проводили на супралиторали, литорали и профундали озера до глубины 17 м, охватывая все обнаруженные биотопы. На супралиторали пробы отбирали рамкой площадью  $0,2 \times 0,2 \text{ м}^2$  на глубину  $0,4\text{--}0,5 \text{ м}$ . На литорали – бентометром Леванидова с площадью отбора  $0,16 \text{ м}^2$ . На глубине более 1 м исследования проводили с лодки утяжеленным стандартным дночерпателем Петерсена с площадью захвата  $0,025 \text{ м}^2$  (2002 г.) или малым дночерпателем Ван-Вина с площадью захвата  $0,0225 \text{ м}^2$  (2003 г.). С каждого биотопа отбирали не менее восьми проб. Отбор дночерпательных проб сопровождали сбором бентонектических гидробионтов пробоотборником собственной конструкции с площадью захвата  $0,31 \text{ м}^2$  (Лабай и др., 2004).

В лабораторных условиях отобранные пробы промывали через набор сит, последнее из которых имело ячейку не более 1 мм. Малощетинковые черви, моллюски и ракообразные фиксировались 75%-ным этиловым спиртом, все остальные таксоны беспозвоночных – 4%-ным раствором формальдегида. Извлеченные и определенные организмы пересчитывали, обсушивали на фильтровальной бумаге до исчезновения влажного пятна и взвешивали на электронных весах с точностью до миллиграмма. В последующем количественные данные пересчитывали на метр квадратный.

Первичную обработку проб производили сотрудники ФГУП «СахНИРО» Т. С. Шпилько и Т. А. Малиняк. Видовое определение организмов бентоса проводили: М. Г. Роготнев (ФГУП «СахНИРО») – ракообразные; Т. С. Шпилько (ФГУП «СахНИРО») – брюхоногие моллюски; Е. А. Макаренко (Биолого-почвенный институт ДВО РАН) – водные насекомые; В. С. Лабай (ФГУП «СахНИРО») – водные насекомые (часть), двусторчатые моллюски, прочие организмы; Е. В. Абрамова (ФГУП «СахНИРО») – малощетинковые черви.

Систематика организмов макробентоса приведена в соответствии с Мировым регистром морских видов (World Register of Marine Species: WoRMS).

#### Отбор и обработка проб макрофитобентоса

На мелководье пробы отбирали бентометром Леванидова (0,16 м<sup>2</sup>), на глубине – малым дночерпателем Ван-Вина (0,0225 м<sup>2</sup>), на каждой станции отбирали не менее трех проб. На борту пробы упаковывали в пластиковые пакеты и этикетировали. Если позволяла прозрачность воды, оценивали проективное покрытие дна макрофитами. Данные о пробах заносили в полевой журнал. На береговой базе пробы разбирали по видам, обсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали на электронных весах с точностью до 1 г (для больших биомасс) или до 0,1 г (для видов с небольшой фитомассой).

Для определения продукции кладофоры 19–21 сентября 2004 г. в полевых условиях был поставлен эксперимент по определению прироста кладофоры за сутки. В прозрачных открытых сверху полуторалитровых емкостях осуществлялся застой пучков водоросли в профильтрованной озерной воде на открытом воздухе. Навески водорослей перед застоем и после него осторожно отжимались на фильтровальной бумаге и взвешивались на электронных весах с точностью до 0,01 г. Суточный прирост биомассы определялся по разнице сырых весов навесок в начале и конце эксперимента. Всего было сделано 60 застоев.

## Отбор и обработка проб ихтиофауны

Количественный учет и сбор биологического материала осуществляли при помощи порядков ставных сетей длиной 90 м с высотой стенки 2,2 м. Каждый порядок состоял из трех сетей ячеей от 8×8 до 100×100 мм. В качестве активных орудий лова использовали закидные невода длиной от 30 до 100 м с высотой стенки от 2 до 3,5 м, ячеей в крыльях 10×10–20×20 мм, ячеей в кутце 3×3 мм и мальковую волокушу длиной 10 м с высотой стенки 2 м и ячеей 6×6 мм. Кроме того, в отдельные годы для отлова рыб применяли ловушки – мордуши длиной 1 м с ячеей 5×5 мм, вентерь с длиной крыльев 30 м с ячеей 20×20 мм, пелагический трал (горизонтальное раскрытие 4–5 м, вертикальное – 1,5–2 м, скорость траления – 0,9 м/с) и донный трал (горизонтальное раскрытие 3,5 м, вертикальное – 1,5–2 м, скорость траления – 1,4 м/сек). Постановку сетей, неводные обловы, траления и перемещение по озеру осуществляли с помощью надувной моторной лодки «Фаворит-420». Количество выполненных станций и обловов представлено в **таблице 2**.

Отбор проб ихтиопланктона осуществлялся при помощи малой икорной сети ИКС-50 с площадью входного отверстия 0,2 м<sup>2</sup> методом горизонтального 5-минутного траления в поверхностном слое в соответствии с существующими методиками сбора ихтиопланктона (Расс, 1965; Расс, Казанова, 1966; Рекомендации по сбору..., 1987). В уловах ихтиопланктонной сети в поверхностном слое озера в большом количестве присутствовала демерсальная икра сельди, малоротых корюшек и саланкса *Salangichthys microdon* (Bleeker, 1860), вынесенная с мест нереста вместе с субстратом или без него. В **главе 9.2** приводятся данные по ее распространению и плотности исходя из предположения, что пространственное распределение и структура скоплений демерсальной икры в пелагиали озера (за неимением данных по распределению ее на донных нерестилищах) в некоторой степени могут давать представление о локализации мест нереста и структуре скоплений икры на донных нерестилищах.

Паразитологические исследования рыб в озере проводились лабораторией болезней рыб ФГУП «СахНИРО» с 2001 г. Гельминтофауна рыб изучалась в течение 2010 г., фауна паразитических ракообразных – в течение 2001–2003, 2010 гг. Методом полного паразитологического вскрытия обследовано 10 видов рыб общей численностью 228 экз., методом неполного вскрытия – 137 экз. На наличие паразитических copepod обследовано 22 вида рыб общей численностью 988 экз. Материал собран по общепринятым методикам (Скрябин, 1928; Быховская-Павловская, 1985). Для фиксации паразитологического материала использован 70°-ный этиловый спирт. Для окрашивания метациеркарий использован уксуснокислый кармин, для окраски ма-

рит – квасцовый кармин. Эксцистирование метацеркарий осуществлялось с помощью соляной кислоты. Для приготовления тотальных препаратов плоских червей (Plathelminthes) использован канадский бальзам. Круглых червей (Nematoda и Acanthocephala) просветляли в глицерине с последующим приготовлением глицерин-желатиновых препаратов. Для приготовления тотальных препаратов ракообразных использовали глицерин-желатин.

Строение паразитов изучали методом световой микроскопии по тотальным препаратам и с нативного материала. Рисунки выполнялись с помощью рисовального аппарата и микротеленасадки.

### Методы анализа

Оценка эколого-санитарного состояния качества воды проводилась на основании выявления видов-индикаторов и расчета индекса сапробности по методу Пантле-Бука в модификации Сладечека (Баринава, Медведева, 1996; Баринава, 2000; Баринава и др., 2000):

$$S = \sum sh / \sum h,$$

где:  $S$  – степень сапробности;  $s$  – сапробное значение организма-сапробионта;  $h$  – частота встречаемости сапробионта в пробе.

Статистический анализ данных по фитопланктону проводили с помощью программы “Plankton”, разработанной Д. С. Кузнецовым.

Для составления зоогеографических названий ареалов видов применен подход А. И. Кафанова и В. А. Кудряшова (Кафанов, Кудряшов, 2000). Зоогеографическая классификация пресноводных рыб приведена по А. Е. Микулину (Микулин, 2003).

Оценку общей численности ихтиопланктона осуществляли по методу полигонов Альстрема (Дехник, Ефимов, 1984) по формуле:

$$N_{\text{общ.}} = \sum N_i \times S_i,$$

где:  $N_{\text{общ.}}$  – численность ихтиопланктона в водоеме;  $N_i$  – численность ихтиопланктона на станции, приравненная к средней численности ихтиопланктона на определенном участке, ограниченном условными линиями, проведенными через середину расстояний между двумя соседними станциями;  $S_i$  – площадь участка.

Для оценки видового разнообразия водных сообществ использовался индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера ( $I_{BO}$ , бит/экз.) (Лебедева и др., 2002):

$$I_{BO} = - \sum_i^n \ln N_i,$$

где:  $N_i$  – доля  $i$ -го вида в общей плотности (биомассе).

Для сравнения видовых списков гидробионтов использовался коэффициент Сёренсена ( $I_{x,y},\%$ ) (Лебедева и др., 2002):

$$I_{x,y} = \frac{2c}{a+b} * 100,$$

где:  $c$  – количество общих видов в районах  $x$  и  $y$ ;  $a$  и  $b$  – количество видов в районах  $x$  и  $y$  соответственно.

Для выявления сходства в видовом составе зоопланктона использовали критерий степени сходства Жаккара-Алехина ( $K_{x,y},\%$ ) (Лебедева и др., 2002), рассчитанный по формуле:

$$K_{x,y} = \frac{S}{D_x + D_y - S} * 100,$$

где:  $S$  – число общих форм для сравниваемых выборок;  $D_x$  – число форм в выборке  $x$ ;  $D_y$  – число форм в выборке  $y$ .

При выделении сообществ гидробионтов на станциях  $x$  и  $y$  использовали индекс процентного сходства ( $C_{x,y},\%$ ), предложенный впервые Я. Чекановским (Лебедева и др., 2002):

$$C_{xy} = \sum (MIN p_x, p_y),$$

где:  $p$  – доля (%) данного вида в общей биомассе на станциях  $x$  и  $y$  соответственно. Пробы считались отобранными из одного сообщества при превышении значения индекса 40%. Кластеризацию исходных матриц осуществляли по методу невзвешенных парно-групповых средних (unweighted pair-group average) (Дюран, Одделл, 1977). Выделенные кластеры топографически совмещали и именовали сообществами организмов по видам, имеющим наибольшую среднюю биомассу и частоту встречаемости (Petersen, 1918; Воробьев, 1949).

При описании количественных характеристик биоты применялись следующие параметры: численность ( $N$ ), биомасса ( $B$ ), относительная биомасса ( $B,\%$ ), частота встречаемости ( $ЧВ,\%$ ). Определяющим при структуризации сообществ был коэффициент относительности ( $КО$ ), рассчитываемый как произведение относительной средней биомассы на частоту встречаемости (Палий, 1961) и имеющий четкое ограничение максимально возможной величиной 10 000. При вычислении значимости отдельной формы и для более полной количественной характеристики учитывали вклад каждой формы в создание средней общей  $B$ ,  $ЧВ$  и  $КО$  при превалировании  $КО$ . Форма считалась доминирующей, если значение  $КО$  попадало в предел 10 000–1 000; характерной 1-го порядка – 1 000–100; характерной 2-го порядка – 100–10; второстепенной 1-го порядка – 10–1; второстепенной 2-го порядка – менее 1.

Для оценки степени зрелости сообществ в ряду сукцессионных изменений применялся ABC-метод в математическом выражении (Лебедева и др., 2002):

$$I_{ABC} = \frac{\sum_1^n Bc_i - \sum_1^n Nc_i}{10000},$$

где:  $Bc_i$  – кумулятивная биомасса  $i$ -го вида;  $Nc_i$  – кумулятивная численность  $i$ -го вида.

Метод основан на предположении, что в устойчивых сообществах преобладают немногочисленные крупные многолетние виды и формы, а в изменяющихся под действием какого-либо фактора сообществах – мелкие виды с коротким циклом развития (Аверинцев, Жуков, 1992).

Для морфологического описания двустворчатых моллюсков у каждой особи измеряли длину ( $L$ ), высоту у макушки ( $H$ ) и ширину ( $B$ ) раковины штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и определяли общую сырую ( $M_{сыр.}$ ) и сухую ( $M_{сх.}$ ) массу тела и массу раковины ( $M_{рак.}$ ) с точностью до 0,0001 г. Для каждого моллюска определяли возраст по методу подсчета зимних колец на поверхности раковины (Алимов, 1981). В связи с коррозией раковин крупных двустворчатых моллюсков у макушек у них исчезают несколько первых колец. Для преодоления этого затруднения было промерено несколько десятков молодых особей с практически неистертым верхним краем: у каждого экземпляра измерялось расстояние от макушки до последнего годового кольца (методика предложена А. И. Буяновским [Буяновский, 1993]). Также был определен возраст по линиям нарастания на срезе лигамента. Оба метода показали схожие результаты. Так как двустворчатые моллюски характеризуются различным типом роста на личиночной и имагинальной стадиях, то расчет зависимостей производился только для имагинальной стадии. В качестве модели затухающего роста использовали стандартное для двустворчатых моллюсков уравнение Берталанфи (Заика, 1983):

$$L_t = L_{\infty} * [1 - e^{-kt}],$$

где:  $L_t$  – длина раковины (мм) моллюска в возрасте  $t$  (годы);  $L_{\infty}$  – «физиологически возможная» предельная длина раковины, получаемая расчетным путем;  $k$  – коэффициент, характеризующий скорость затухания процесса роста.

Максимальную продолжительность жизни находили по формуле (Винберг, 1968):

$$D = \frac{\ln L_{\infty} - \ln(L_{\infty} - L_{\max})}{k},$$

где:  $L_{\max}$  – максимальные размеры раковины в изучаемой популяции.

Изменения линейных пропорций тела в онтогенезе описывали уравнением линейной зависимости:

$$Y = aX + b.$$

Зависимость между длиной и массой тела вычисляли по формуле степенной зависимости:

$$M = aL^b.$$

### Методы определения продукции

Расчет первичной продукции по фитопланктону производился по хлорофилльному методу (Федоров, 1979), основанному на признании строгой пропорциональной зависимости интенсивности фотосинтеза от содержания хлорофилла  $a$  у водорослей различного систематического положения:

$$P_{zc(m^3)} = R_z * C_z * 3,7,$$

где: 3,7 – рекомендуемое для расчетов ассимиляционное число;  $C_z$  – концентрация хлорофилла  $a$  в мг/м<sup>3</sup> на глубине  $z$ ;  $R_z$  – относительный фотосинтез на глубине  $z$  для соответствующего значения поверхностной радиации.

$C_z$  на поверхности для каждого месяца 2003 и 2004 гг. рассчитывалась по данным спутниковых наблюдений для оз. Тунайча, любезно предоставленных ведущим инженером-программистом лаборатории биологической океанографии ФГУП «СахНИРО» Ж. Р. Цхай. Был рассчитан коэффициент перевода биомассы микроводорослей в хлорофилл  $a$ , равный 0,0037. Зная распределение биомассы микроводорослей по глубине и применяя коэффициент перевода, получили значения  $C_z$  для необходимых горизонтов  $z$ .

$R_z$  рассчитывался на основании графических данных для глубин  $z$ , исходя из средней по месяцам суммарной дневной поверхностной солнечной радиации. Данные о количестве солнечной радиации на единицу площади акватории получены по: Атлас Сахалинской..., 1994.

Глубина  $z$  для слоев воды, где интенсивность света составляла 50, 25, 10 и 1% от падающей радиации рассчитывалась исходя из прозрачности воды (Ерлов, 1970). При средней освещенности прозрачность света составляла 50% на глубине 0,5 м, 25% – 1 м, 10% – 2 м, 1% – 5 м.

Пересчет продукции из углерода в сухое органическое вещество производился из расчета содержания  $C$  в сухой органике, равного 41% (Алимов, 1989).

Расчет продукции доминирующих видов зоопланктона проводили физиологическим методом (Иванова, 1985; Алимов, 1989) по скорости траты кислорода на обмен для ракообразных (Суценья, 1972), учитывая способ питания планктонных животных (Монаков, 1976, 1998):

$$P = R_1 \frac{K_2}{1 - K_2},$$

где:  $P$  – продукция, кал/м<sup>3</sup> в сут.;  $R_1$  – траты на обмен при температуре  $t$  °С, кал/м<sup>3</sup> в сут.;  $K_2$  – коэффициент использования ассимилированной энергии пищи на образование продукции, его значение для коловраток равно 0,4–0,5, для ветвистоусых рачков – 0,3–0,4, а для веслоногих раков, в зависимости от продолжительности развития, – 0,1–0,3 (Методические рекомендации..., 1984).

Энергетический эквивалент массы был принят равным 0,5 кал/мг сырого веса. Для расчета годовой продукции донных гидробионтов использовался метод расчета для гомотопных бентических животных (Методы определения..., 1968).

В основу расчетов потоков энергии в сообществах были положены средние характеристики количественного обилия основных групп водного сообщества. Для оценки суточного баланса популяций рассчитывали следующие величины (кал/м<sup>2</sup>•сут.):

- 1) экологический рацион ( $S$ ) для двустворчатых моллюсков, или количество взвеси, осажденной в процессе фильтрации из толщи воды;
- 2) траты на обмен ( $R$ ) для всех основных групп;
- 3) величина ( $A$ ) ассимилированной энергии ( $A=P+R$ , где  $P$  – продукция) для всех основных видов и групп;
- 4) физиологический рацион, или количество потребленной пищи ( $C$ ), определявшийся по балансовому уравнению Г. Г. Винберга (1956) ( $C=(P+R)/u$ , где  $u$  – коэффициент усвояемости пищи). При оценке физиологического рациона использовали  $u$  равный 0,6 для мирного зообентоса, для облигатных хищников – 0,8 (Комендантов, Орлова, 2003).

Экологический рацион ( $S$ ) определяли по уравнению зависимости скорости фильтрации от массы тела моллюсков:  $F=mW^n$ , где  $W$  – средняя масса особи в популяции (г);  $F$  – скорость фильтрации (мл/ч•экз.);  $n$  – показатель степени;  $m$  – коэффициент интенсивности фильтрации (мл/ч•г) (Алимов, 1989). Для вычисления количества взвешенной органики, извлеченной из воды за сутки популяцией вида-фильтратора на 1 м<sup>2</sup>, полученную величину  $F$  умножали на 12 (среднее время активно-

сти животных в течение суток [Алимов, 1981]), среднюю плотность популяции на  $1 \text{ м}^2$  и концентрацию взвешенной органики в воде (условно принята как биомасса фитопланктона плюс его суточная продукция).

Энергетические траты популяции на  $1 \text{ м}^2$  оценивали по степенному уравнению зависимости дыхания от массы:  $R = aW^b$ , где  $W$  – средняя масса особи в популяции (г);  $R$  – скорость потребления кислорода ( $\text{мгO}_2/\text{ч}\cdot\text{г}$ );  $b$  – показатель степени;  $a$  – коэффициент интенсивности дыхания ( $\text{мгO}_2/\text{ч}\cdot\text{г}$ ), средней плотности популяции, и умножали на 24. Для перевода единиц кислорода и массы в единицы энергии использовали переходные коэффициенты: 3,48 ккал/ $\text{гO}_2$ , 3,15  $\text{мгO}_2/\text{мгC}$ , 44,77 Дж/ $\text{мгC}$  (Алимов, 1989).

Продукция ( $P$ ) приближенно оценивалась физиологическим методом:  $P = R(K_2/(1-K_2))$ , где  $K_2$  – коэффициент утилизации пищи на рост (Методические рекомендации..., 1984; Алимов, 1989). Для изопод и амфипод коэффициент использования пищи на рост принимался равным 0,5 (Хмелева, 1973), для мизид и креветок – 0,44 (Пастернак, 1972). Для всех остальных организмов брали среднюю величину для бентосных организмов – 0,26 (Умнов, Алимов, 1979; Методические рекомендации..., 1984).

Продукцию биоценоза ( $P_o$ ) рассчитывали по равенству:  $P_o = P_m + P_x - C_x$ , где:  $P_m$  – суммарная продукция популяций мирных животных;  $P_x$  – суммарная продукция популяций хищников;  $C_x$  – суммарный рацион популяций хищников (Алимов, 1989).

## ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Павел Васильевич Полупанов,  
Вячеслав Степанович Лабай

Озеро Тунайча расположено в южной части о. Сахалин, в юго-восточной части Тонино-Анивского полуострова. Для климата района, как и для всего региона, характерна муссонная циркуляция воздушных масс.

В среднем через о. Сахалин проходит около 100 циклонов в год, которые обуславливают пасмурную погоду с обильным выпадением осадков в виде снега зимой и дождя летом. В летний период выпадает 2/3 годовых осадков, эти осадки отличаются большой интенсивностью. В конце лета и начале осени наблюдаются выходы глубоких циклонов, приносящие интенсивные ливневые дожди. Количество осадков составляет от 600 до 1 000 мм в год, в том числе жидких – 600 мм, среднесуточный максимум равен 107 мм. Муссонный климат обуславливает большую влажность воздуха, пасмурность погоды. Среднемесячная относительная влажность: в январе – 71%, в июле – 72%.

Тепловые условия и температурный режим района, как и всего острова, не соответствуют его широтному положению. В этом отношении сахалинские условия суровее. Среднегодовая температура воздуха составляет +4,0 °С. Средняя температура самого теплого месяца (август) составляет +18,0 °С, самого холодного месяца (январь) – —9,4 °С.

Средняя максимальная температура самого жаркого месяца – 22,0 °С, средняя минимальная температура самого холодного месяца – —13,0 °С.

Абсолютный минимум температуры самого холодного месяца года – января – составляет минус 33 °С, самый теплый месяц – август, абсолютный максимум температуры достигает 30 °С.

Зимний период длится с ноября по март. По характеру атмосферных процессов весенний период охватывает апрель–май. Устойчивый переход к лету происходит в конце мая – начале июня. Самый теплый месяц – август. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 144 суток (ГМС Корсаков). Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С происходит в начале апреля весной и в середине ноября осенью. Аналогичный переход температур через +5 °С – в середине мая и конце октября.

Устойчивый снежный покров образуется в начале декабря, а сходит в конце апреля. Высота снежного покрова 5%-ной обеспеченности составляет 91 см. Наиболее интенсивное увеличение снежного покрова происходит с февраля по март. Средняя дата схода снежного покрова – 24 апреля.

Наибольшая глубина промерзания грунтов: суглинков и глин – 128 см, супесей и песков – 156 см, крупнообломочных грунтов – 190 см.

В зимний период преобладают ветры северного и северо-восточного направлений. В теплый период преобладающими направлениями становятся северо-восточные и южные ветры. Наибольшие скорости наблюдаются в декабре–январе, наименьшие – в июле–августе. Средняя скорость ветра – 4,6 м/с. Скорость ветра, вероятность превышения которой в течение года составляет 5%, – 7,0 м/с (Научно-прикладной справочник..., 1990; Сахалинская область..., 1994; Природа Корсаковского..., 1995; Справочник по физической..., 2003).

В геоморфологическом отношении оз. Тунайча находится в пределах Муравьевской низменности, расположенной между заливами Анива на юге и Мордвинова на севере. Она имеет увалистый рельеф с плоскими вершинами увалов и крутизной склонов 10–20°.

Почвы буротаежные, реже – горные буротаежные, слабоподзоленные и неоподзоленные задернованные, в долинах ручьев и рек – аллювиальные, слоистые с маломощным дерновым слоем, под которым залегают элювиально-делювиальные суглинки с дресвой и щебнем выветрелых алевропесчаников, реже гравийно-галечниковые грунты с суглинком.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием подземных вод современного и неогенового комплексов. Современные представлены аллювиальными, морскими грунтовыми водами и верховодкой. Неогеновые представлены грунтовыми водами. Грунтовые воды аллювиального комплекса имеют ограниченное распространение и наблюдаются только в ручьях. Сплошного, хорошо выраженного водоноса не наблюдается. Водовмещающими грунтами являются гравийно-галечники с супесью, суглинистые илы слабозаторфованные с гра-

вием и суглинки текучепластичные. Реже водоносами являются тонкие (менее 10 см) линзы дресвы или гравия.

Гидрогеологические условия также характеризуются наличием подземных вод, разделяемых на грунтовые воды современного морского комплекса и болотные воды. Грунтовые воды отмечены на глубине от 0,8 до 3,0 м. Водовмещающими грунтами являются гравийные и песчаные грунты мощностью до 3,0 м, под которыми наблюдаются илы суглинистые. Общая мощность водоноса составляет до 18,0 м. Питание вод инфильтрационное – за счет осадков и обмена с морскими водами. Наблюдаются как сезонные, так и суточные колебания уровней. Болотные воды развиты на большой протяженности береговой полосы озер. Приурочены к слою торфа и заторфованных суглинков. Мощность водоноса составляет 0,5 м. Воды пластово-поровые, безнапорные, частично выходят на дневную поверхность. Питание их инфильтрационное.

Озеро Тунайча расположено в зоне распространения темнохвойных елово-пихтовых лесов. Основными породами являются пихта сахалинская и ель аянская, изредка встречается пихта Майера. Древостои елово-пихтовых лесов отличаются высокой сомкнутостью, что приводит к недостатку света под их пологом и вызывает обедненность видового состава кустарников и трав. В подлеске встречаются клен желтый, рябина смешанная, большекрылый и сахалинский бересклеты, иногда – тис остроконечный. В надпочвенном покрове обычны майник, щитовник, плаун булавовидный. По долинам рек узкой полосой можно встретить прирусловые пойменные леса, древостои которых слагаются тополем Максимовича, чозенией, ивами, реже – белой березой и ольхой. Наиболее выражены прирусловые пойменные леса вдоль реки, впадающей в вершину залива Утинь. К долинам рек и берегам озер приурочены также ольшаники. Основной лесообразующей породой здесь является ольха пушистая. Подлесок сложен из смородины сахалинской и широколистной, бузины сахалинской и рябины бузинолистной. В травяном покрове довольно много вейника Лангсдорфа и осок. На низких заболоченных участках встречаются лиственничники, сложенные лиственницей курильской. В подлеске ведущая роль принадлежит багульнику крупнолистному. В травяном покрове преобладает чистоустовник азиатский, значительную роль играют осоки, пушицы, морошка (Природа Корсаковского..., 1995).

Озеро Тунайча занимает северную, наиболее пониженную часть Муравьевской низменности; оно вытянуто параллельно береговой линии зал. Мордвинова (Охотское море). Узкая и мелководная пр. Красноармейская связывает озеро с морем. Очертания озера напоминают

вытянутый эллипс неправильной формы размером 28×10 км, с длиной береговой линии около 84 км, наибольшая глубина составляет 45 м (по нашим данным), площадь водосбора – 554 км<sup>2</sup>, площадь водного зеркала – 173,4 км<sup>2</sup> (Геоэкология озера..., 1991; Микишин и др., 1995).

Морфологически на озере выделяются два плеса: западный называется Малая Тунайча, восточный – Большая Тунайча. Границей между ними служит воображаемая линия м. Макарова – о. Птичий – м. Меньшикова (рис. 12). Западный плес гораздо меньше и мельче восточного, максимальная глубина его – 20 м – отмечена у о. Птичий. Максимальная глубина озера отмечена в 500 м южнее м. Меньшикова. Котловина озера имеет тектоническое происхождение. Озеро Тунайча имеет типичную корытообразную форму с плосковогнутым дном. На северном и восточном побережьях озера и на берегах больших бухт распространены террасы и крупные береговые валы, сложенные грубыми песками с гравием и галечниками максимальной мощностью до 40 м (Геоэкология озера..., 1991; Микишин и др., 1995).

В течение послеледниковья и начала голоцена тектоническая впадина Тунайча переживала континентальный режим развития; наиболее опущенная часть впадины была занята мелководным дистрофным водоемом – 7 200–1 800 л. н. Проникновение морских вод в котловину озера произошло в среднем голоцене, когда уровень Мирового океана стал близким к современному. Ширина пролива, соединяющего озеро с морем, составляла тогда около 2 км. «Морской» этап в развитии озера начался около 7 000 л. н. В течение последующих 2 000–2 500 лет происходили заполнение котловины Тунайча морскими водами и оформление озера в его современном виде. При максимальном подъеме уровня Охотского моря 5 900–4 700 л. н. сформировались системы береговых валов и пересыпи, отчленившие от оз. Тунайча ряд заливов. Тогда же сформировалась широкая (до 1 км) пересыпь в горловине пролива, после чего он приобрел размеры, близкие к современной пр. Красноармейская. После этого события озеро вступило в следующий «лагунный» этап своего развития, поскольку водообмен через узкую протоку значительно уменьшился и началось опреснение верхнего 15-метрового слоя водной массы.

Озеро Тунайча несколько тысяч лет назад имело активный водообмен с Охотским морем через широкий и глубокий пролив, перекрытый в дальнейшем прибрежно-морскими наносами. Время формирования песчаной косы, перекрывающей широкий пролив в устье пр. Красноармейская, очевидно, составляет 1 340–470 л. н. Около 400–150 л. н. отмечено очередное ослабление водообмена озера с морем при отчленении оз. Изменчивое, бывшего ранее плесом оз. Тунайча (Микишин и др., 1995).

Морские воды в настоящее время в озеро практически не проникают, что подтверждается гидрохимическим составом его вод, уровенным режимом, а также составом фауны и флоры. Отмечены кратковременные проникновения осолоненной воды в озеро во время штормовых нагонов (например, в декабре 2003 г. во время ветрового нагона в озеро поступило около  $1,56 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> морской воды) (Шустин и др., 2005). Однако к значимому изменению солености миксолимниона они не приводят. Сток воды с водосбора составляет 3 000 мм, осадки на зеркало дают 1 035 мм, а испарение с него – 400 мм. Годовая амплитуда колебаний уровня не превышает 50 см (Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991; Микишин и др., 1995).

По литературным данным (Микишин и др., 1995), оз. Тунайча относится к солоноватоводным бассейнам. Вода в нем по составу является хлоридной магниево-натриевой и представляет собой разбавленную морскую.

В последние десятилетия резко увеличилось антропогенное воздействие на озеро. В середине 70-х годов прошлого века был построен мост через приустьевую часть пр. Красноармейская, при этом большая ее часть была просто засыпана грунтом, что вызвало резкое обмеление устьевой зоны и полное прекращение доступа морских вод в озеро (Микишин и др., 1995). Вероятно, мог возрасти уровень воды в озере. Однако достоверные данные об этом отсутствуют. В результате ускорился процесс опреснения, особенно заметный в верхнем 15-метровом слое.

Так, в 1956 г. соленость миксолимниона составляла 6,6‰ (Отчет по обследованию..., 1956), в 60–70-е годы XX века соленость находилась на уровне около 6,1–6,25‰ (зимнее время) и 5,6–5,8‰ (летнее время) (Гидрологический режим..., 1969), в 1989 г. соленость составляла уже 5,6‰ (Геоморфолого-экологические исследования ..., 1989). К 1990 г. показатель понизился до 4,0‰ (Гидрохимические и гидробиологические..., 1990) и в настоящее время (2001–2005 гг.) находится на уровне 2,4–2,6‰. Таким образом, воды озера прошли  $\alpha$ -хорогалинную зону в 5–8‰ (Хлебович, 1989) и на данный момент являются олигогалинными, в результате чего из озера полностью исчезли морские виды организмов и начали развиваться пресноводные.

Уровенный режим озера определяется в зимнее время интенсивностью ледовых явлений, в теплый период года – вариабельностью притока воды с водосбора и осадками. Годовая амплитуда колебаний уровня составляет около 50 см. Максимальная величина уровня наблюдается после прохождения максимальных расходов на реках во время весеннего паводка. Минимальные уровни отмечаются в конце августа – начале сентября. Повторный минимум может наблюдаться в кон-

це октября – начале ноября. Наибольшая интенсивность роста средних суточных уровней наблюдается после выпадения значительных осадков и составляет 10 см/сут. Интенсивность роста и спада уровней во время паводков на озере значительно больше, чем на питающих его реках. Время наступления максимальных уровней на озере запаздывает по отношению к пику паводка на реках на 10–15 дней. Суточный ход уровня в период межени не наблюдается (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Максимальная толщина льда, по сведениям В. Ф. Микишина с соавторами (Микишин и др., 1995), достигает 1 м, продолжительность ледостава колеблется от 130 до 170 дней. Первые забереги обычно появляются в первой декаде ноября и становятся к концу ноября, в отдельные дни наблюдается шуга. Ледостав формируется в конце ноября – начале декабря. На озере ежегодно наблюдается сплошной ледяной покров. Так как ледостав возникает из заберегов и шуги, то торосы на озере отсутствуют. Средняя толщина льда по акватории составляет 60–70 см; максимальная толщина льда (до 80 см) отмечается в марте (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Высота снежного покрова по акватории озера значительно ниже, чем на прилегающей суше. При высоте снежного покрова на берегах 100–150 см по акватории озера его высота составляет 30–40 см. Термическая и динамическая деформации приводят к трещиноватости ледового покрова и выходам воды на лед, обычно вдоль берегов (до 200–300 м от берега) (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Таяние снежно-ледяного покрова начинается с устойчивым переходом температуры воздуха через 0 °С. При этом на льду образуются снежницы (небольшие озерца), которые при сливании между собой вызывают опускание льда. При этом формируются трещины шириной до 10 м, перерастающие в промоины. Разрушение ледового покрова, в зависимости от прогрева воздуха, наблюдается в апреле–мае (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Максимальные расчетные высоты волн 0,1%-ной обеспеченности при ветрах южных и юго-западных направлений достигают 2,5–2,8 м, при ветрах северных и северо-восточных направлений – 4,0–4,5 м (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Прозрачность воды в озере характеризуется значительными сезонными колебаниями: от 8 м (10 м подо льдом) в холодный период года до 3–5 м в теплый период года. Снижение прозрачности с прогревом воды вызывается «цветением» микроводорослей фитопланктона. Наибольшая прозрачность наблюдается в глубоководной части озера. Цвет воды оз. Тунайча зеленовато-желтый (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

Характер донных отложений оз. Тунайча свидетельствует о смене характера седиментационного процесса, отражающего эволюцию озерного бассейна (**рис. 13**). Вдоль абразионных берегов на подводных продолжениях мысов до глубины 2–3 м распространены выходы коренных пород преимущественно в виде останцев и бенчей, между которыми встречаются галечно-гравийные отложения и пески. Галечные и гравийные осадки характерны для верхней части подводного склона и пляжа озера, сортированы и лишены песчаного заполнителя (Геоэкология озера..., 1991; Микишин и др., 1995).

Пески в озере распространены достаточно широко, наиболее представлены в восточной части Большой Тунайчи. Тонкозернистые пески практически полностью оконтуривают илистые осадки. Ширина зоны их распространения связана с уклоном дна и достигает максимальных значений на пологих склонах зал. Обручева и в восточной части озера.

Алевритовые илы представлены терригенными обломочными и в меньшей степени глинистыми компонентами. Они оконтуривают самые тонкие осадки. Максимальные площади распространения алевриты получили в восточной части озера.

Пелитовые илы имеют самые обширные площади распространения и занимают глубины от 13–15 м. Содержание органики в поверхностном слое возрастает от 15–17% в крупнопелитовом иле до 20–25% в мелкопелитовом.

## ГЛАВА 4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Павел Васильевич Полупанов,  
Вячеслав Степанович Лабай,  
Евгений Георгиевич Золотухин

По литературным данным (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969), до сужения пр. Красноармейская при строительстве автодорожного моста наибольших значений средняя месячная температура поверхностного слоя воды достигала в июле–августе (21–25 °С), однако переход через 20 °С наблюдался не каждый год. Весенний переход через 0 °С наблюдался в третьей декаде апреля – второй декаде мая. Осенью переход через 10 °С наступал в первой половине октября, а через 4 °С – в первой половине ноября. Продолжительность периода температур воды больше 0 °С составляла 200–220 дней.

В озере наблюдалась термогалинная стратификация вод. Глубже 15 м температура воды слабо изменялась и составляла 5–8 °С при солености 16–17‰ (20 м) и 18–19‰ (25–30 м). В поверхностном слое соленость воды варьировалась от 6,1–6,25‰ в зимнее время до 5,6–5,8‰ в летнее (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969).

В современный период развития озера температура на поверхности воды за весь период наблюдений колебалась от точки замерзания 0,0 °С (февраль) до 28,3 °С в период наибольшего прогрева (август 2001 г.), соленость практически не менялась, изменяясь в пределах 2,3–2,6‰ (рис. 14). Исключение наблюдалось только во время февральской съемки 2003 г., когда за счет аномально теплой погоды на поверхности льда образовались многочисленные трещины, куда стекала талая вода, при этом соленость поверхностного слоя в отдельных районах понижалась до 0,5‰.

В процессе исследований в 2001 г. были выполнены суточные станции, позволяющие проследить наличие и пределы суточной динамики показателей по глубинам. В восточной части Большой Тунайчи соленость в пределах горизонтов 0 и 5 м изменялась незначительно и какой-либо динамики не обнаруживала, составляя в течение суток 2,2–2,3‰ (**рис. 15**). Водородный показатель, относительно низкий в начале суточной съемки, затем возрос и был относительно постоянен на обоих горизонтах (7,65–7,8), что позволяет объяснить его изменения ветровыми перемещениями масс воды по акватории Большой Тунайчи. Неоднородность температуры воды в начале съемки при штилевой погоде была нарушена волновым перемешиванием в течение дня и уравнилась по горизонтам, дневной прогрев обусловил увеличение температуры по всему изученному слою до 21 °С.

В пр. Красноармейская у моста соленые воды проникали в протоку по дну во время прилива в вечерние часы, когда соленость воды возрастала до 8,7‰ при незначительном росте показателя у поверхности (3,9‰). В остальное время преобладал сток опресненных вод озера (2,4–2,5‰). Водородный показатель также был максимален в вечерние часы, его значения по горизонтам в течение всей съемки были практически одинаковыми. Изменения температуры происходили одновременно с прочими параметрами и одинаково по слоям, максимальная температура отмечена в конце второй половины дня – 23,2 °С; минимальная – утром – 19,7 °С (**рис. 16**). Таким образом, влияние приливных явлений, прямое и четкое в нижней части протоки, на основной акватории озера отсутствует.

Распределение температуры на продольном разрезе весной, по данным 2002 г., характеризуется практически одинаковыми значениями от поверхности до глубины 15 м – 12,7 °С. Термоклин находился на глубине 15–16 м. В результате летнего прогрева появляется устойчивый вертикальный градиент показателя: температура в миксолимнионе (от поверхности до 17 м) понижается от 18 до 15 °С. В слое скачка (17–20 м) наблюдается резкий перепад температуры до 11,2 °С. Отмечается повышение показателя (порядка 1 °С на 25 км) от протоки к дальней части озера. Осенью наблюдается противоположная картина: в основной акватории озера отмечается охладившаяся (8–9 °С) от поверхности до дна водная масса, которая в районе протоки сменяется относительно прогретой водой (около 10 °С) (**рис. 17**). При этом адвекция тепла происходит на расстоянии до 3 км от протоки.

Распределение солености на продольном разрезе характеризуется теми же закономерностями, что и распределение температуры (**рис. 18**). Однако есть и существенные отличия. Во-первых, соленость во всем слое миксолимниона от 0 до 17 м на протяжении всего года остается

практически неизменной и составляет 2,3–2,5‰. Во-вторых, в придонном двухметровом слое соленость за все время съемки практически не меняется, составляя 10–12‰, что говорит об отсутствии перемешивания вод на глубинах более 18 м, даже при существенном прогреве его летом. Горизонтальное распределение солености по разрезу свидетельствует о том, что адвекция тепла происходит без адвекции соли.

Сезонный ход значений рН также совпадает с ходом температуры. Минимальные значения рН наблюдались в глубоководной части озера (глубже 17 м) от 6,7 весной (**рис. 19А**) до 7,27 летом (**рис. 19Б**). В верхнем 17-метровом слое значения рН изменялись от 6,89 осенью (**рис. 19В**) до 7,78 весной; вертикальный ход значений рН сильно зависит от процессов, связанных с жизнедеятельностью растительных организмов, поэтому распределение показателя не имеет такой явной структуризации, как распределение температуры и солености воды. Скачок рН отмечается на глубине 17–18 м, что говорит о плохой вентиляции придонных вод. В осенний период наблюдается распространение слабощелочных вод от протоки (7,66) навстречу нейтральным (6,98–7,24) озерным водам – процесс, параллельный адвекции тепла.

Летом наибольшая концентрация кислорода (5–6 мг/л) наблюдается в дальней части озера (на глубинах менее 15 м), наименьшие концентрации (менее 1 мг/л) – в сероводородной зоне на глубинах более 15 м (**рис. 20**). Аналогичное распределение растворенного кислорода в воде озера отмечалось и в 60-х годах XX века (Григорьев, 1961; Гидрологический режим..., 1969). В июле 2003 г., когда наблюдалось «цветение» микроводорослей фитопланктона, концентрация растворенного кислорода была гораздо выше и составляла у поверхности 9,4–9,85 мг/л. Вследствие интенсивного перемешивания такая высокая концентрация кислорода отмечалась в слое 0–10 м, глубже содержание кислорода резко падало и составляло на 15 м 8,5–8,7 мг/л. Соответственно распределялась величина рН, послойно уменьшаясь от поверхности до дна с 7,8 до 7,1.

Таким образом, воды оз. Тунайча представляют собой две несмешиваемые водные массы. Первая находится в миксолимнионе в диапазоне изобат от 0 до 15 м, имеет температуру в летний период 16,5–17 °С и соленость 2,2–2,4‰. За счет конвективного и волнового перемешивания температура и соленость миксолимниона практически неизменны с глубиной на всей акватории озера. Притока морских вод в основную акваторию озера не прослеживается даже на выходе из пр. Красноармейская, что связано с отрицательным водно-солевым балансом озера. Температура наибольшей плотности для поверхностного слоя составляет 3,45 °С, а температура замерзания – 0,14 °С. Вторая водная масса залегает на

глубине более 15 м и характеризуется резким повышением солености с глубиной от 2,7‰ на 15 м до 13‰ на 25 м, температура воды в этом слое в летний период понижается от 13,9 °С на 15 м до 6,7 °С на 25 м.

В апреле, июле–августе 2002 г. СахУГМС в рамках выполнения программы работ по договору № 8/2.15-02 между СахУГМС и администрацией Сахалинской области по «Областной целевой программе по улучшению экологического состояния озера Тунайча на 2000–2010 гг.» провело гидрохимические исследования вод озера. По данным этих исследований, распределение сероводорода на разрезе показывает резкое возрастание содержания  $H_2S$  на глубинах более 15 м, особенно в глубоководной части озера, что совпадает с данными СахНИРО по вертикальному распределению кислорода (**рис. 21**). Верхняя граница сероводородного слоя поднимается до глубины 10–12 м, однако концентрации его здесь незначительны (не более 2–10 мкг/л); на глубине 20 м, а в глубоководной части и на 15 м происходит резкое увеличение содержания  $H_2S$  до 300–320 мкг/л. Подобная картина связана с застойными явлениями в неventилируемом придонном слое и отмечалась практически всеми исследователями (Геоморфолого-экологические исследования..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990).

Пространственное распределение и сезонная динамика биогенных элементов в водах озера обусловлены сложным сочетанием гидрометеорологических и биотических факторов.

В апреле подо льдом вертикальное распределение фосфатов характеризуется их отсутствием или низким содержанием в верхнем 10-метровом слое (0–10 мкг/л) и аномально высокой концентрацией в слое 20–26 м (68–325 мкг/л). В июле концентрация фосфатов в миксолимнионе аналогична таковой в весенний период (0–10–20 мкг/л), только на глубоководных станциях в восточной части озера отмечаются высокие концентрации фосфатов (до 115 мкг/л); ниже слоя скачка концентрация фосфатов повсеместно высокая (192–363 мкг/л) (**рис. 22**). В августе во время периода «цветения» фитопланктона (*см. гл. 6*) содержание фосфатов в миксолимнионе близко к аналитическому нулю. В этот период незначительная концентрация фосфатов (10–11 мкг/л) отмечается в приустьевых участках рек, индицируя терригенный сток.

В отличие от фосфатов вертикальное распределение кремния ранней весной характеризуется сравнительно равномерным распределением по вертикали. На поверхности содержание кремния варьируется от 400 мкг/л в западной части озера до 2 700–3 100 мкг/л в восточной части. На горизонте 10 м концентрация кремния по всей акватории озера составляет 3 300–3 500 мкг/л, а на горизонте 20 м – 2 900–3 400 мкг/л.

В начале лета, когда наблюдается бурное развитие диатомовой микрофлоры – основного потребителя кремния (см. гл. 6) – однородное весеннее распределение элемента с глубиной нарушается. В миксолимнионе концентрация кремния уменьшается до 890–1 330 мкг/л, а в нижнем абиотическом слое возрастает до 4 750–7 050 мкг/л за счет опада мертвого фитопланктона.

Летом, когда в структуре фитопланктона наблюдается переход к доминированию синезеленых и снижается потребление кремния, вертикальное распределение кремния носит достаточно сложный характер. Отмечается чередование слоев с высоким содержанием кремния (3 000–6 000 мкг/л) со слоями, где концентрации кремния близки к аналитическому нулю. В нижнем слое продолжается накопление кремния при разложении мертвой органики – 2 600–4 540 мкг/л.

В августе, когда развитие основных потребителей кремния – диатомовых водорослей – ингибируется синезелеными и их значение в структуре фитопланктона чрезвычайно мало, содержание кремния в миксолимнионе довольно высоко и составляет 920–1 160 мкг/л. В водной толще кремний распространен сравнительно равномерно без ярко выраженных экстремумов.

Процессы деструкции органического вещества в холодный период года ослаблены, поэтому концентрация соединений азота в апреле подо льдом в верхнем 15-метровом слое незначительна. Содержание нитритного азота в слое миксолимниона варьируется в пределах 1–3 мкг/л, аммонийного азота – в пределах 22–94 мкг/л. Только непосредственно подо льдом в слое вытаявания концентрация аммонийного азота несколько выше – 109–266 мкг/л.

Летом в результате процесса нитрификации органического вещества происходит образование нитритного азота, который прослеживается в миксолимнионе вплоть до поверхности с концентрацией 5–10 мкг/л. При этом наибольшая концентрация  $\text{NO}_2$  (около 1 000 мкг/л) наблюдается ниже слоя скачка – 20 м, видимо, практически из-за полного отсутствия кислорода на больших глубинах (рис. 23). Аммонийный азот, как и нитритный, вовлечен в процессы фотосинтетической деятельности фитопланктона, поэтому его концентрация также возрастает с глубиной ниже термо- и галокрина (рис. 24). В результате разложения органики в анаэробной среде, на глубинах более 15–17 м содержание  $\text{NH}_4$  достигает более 100 мкг/л, а на глубинах более 20 м увеличивается на порядок и превышает 1 000 мкг/л.

Отмечаются определенные изменения концентрации биогенов в водах оз. Тунайча в процессе изменения его гидрологического режима из-за строительства автодорожного моста и на современном этапе

(табл. 3). К наиболее заметным изменениям следует отнести повышение содержания кремния в поверхностном слое, что, видимо, связано со снижением значимости диатомовых водорослей и ростом влияния цианобактерий. Этой же причиной, вероятно, объясняется снижение, относительно 1990 г., содержания аммонийного азота по всей толще воды (в полтора-два раза летом и в три раза весной), а также полуторократное увеличение содержания фосфатов.

В целом, приведенные данные по биогенам в связи с единичностью следует считать недостаточно достоверными (в 1990 и 2003 гг. измерения концентрации биогенов проводились только два раза в год, причем в профундали – только на одной станции). Об этом же говорит разнонаправленность процессов минерализации органического вещества по аммонию и фосфору.

## ГЛАВА 5. МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО

Александра Владимировна Полтева

### Некоторые характеристики микробного сообщества

Первые данные по структуре микробных комплексов озера были получены в августе 2001 г. Диапазон численности эвтрофной группы изменялся по озеру от  $6,0 \times 10$  до  $2,1 \times 10^3$  кл./мл, олиготрофной – от  $5,0 \times 10$  до  $4,0 \times 10^3$  кл./мл, микроорганизмов, ассимилирующих аммонийный азот, – от  $5,8 \times 10^2$  до  $4,5 \times 10^3$  кл./мл. Максимум численности микроорганизмов отмечался в зоне смешения озерных вод с пресными водами оз. Свободное (станция 9). На всех участках озера наблюдалась более высокая, по сравнению с эвтрофной группой, численность нитрифицирующих бактерий, что свидетельствовало об активно протекавших процессах минерализации органических веществ (**рис. 25**).

Сезонные изменения в структуре микробного сообщества удалось проследить в 2002 и 2003 гг.

В мае 2002 г. численность микроорганизмов эвтрофной группы, ведущих начальные этапы минерализации органического вещества (РПА), в пробах воды озера составляла десятки клеток в 1 мл. Максимальная численность эвтрофной группы микроорганизмов –  $2,3 \times 10^2$  кл./мл – была отмечена в северной части Малой Тунайчи (станция 1). Общая численность гетеротрофных бактерий (РПА:10) по озеру варьировалась от 95 до  $5,5 \times 10^2$  кл./мл (**рис. 26**). К концу лета, в августе, средняя численность эвтрофной группы возросла до  $8,0 \times 10^2$  кл./мл, а максимальная составила  $1,4 \times 10^3$  кл./мл. На порядок выше весенней была численность ГБ, растущих на РПА:10, среднее их значение составило  $1,7 \times 10^3$  кл./мл, минимальное –  $1,0 \times 10^3$  кл./мл, максимальное –  $2,6 \times 10^3$  кл./мл. По срав-

нению с весенним периодом возросла и численность нитрифицирующих микроорганизмов, составляя в среднем  $4,9 \times 10^2$  кл./мл, с максимальным значением, равным  $9,9 \times 10^2$  кл./мл (см. **рис. 26**). Осенью показатели численности гетеротрофных бактерий снизились, однако превышали значения весеннего периода.

Диапазон численности эвтрофной группы находился в пределах  $9,0 \times 10 - 4,4 \times 10^2$  кл./мл, гетеротрофных бактерий, растущих на РПА:10, –  $9,1 \times 10^2 - 1,6 \times 10^3$  кл./мл. Концентрация нитрифицирующих микроорганизмов не превышала двух сотен кл./мл, составляя в среднем  $9,7 \times 10$  кл./мл (см. **рис. 26**).

Погодные условия весной 2003 г., в частности высокая (более  $20^\circ\text{C}$ ) температура воздуха, обеспечили уже к концу мая прогрев верхних слоев воды, что способствовало более активному развитию микробного сообщества, по сравнению с весенним периодом предыдущего года. Если в мае 2002 г. максимальная численность эвтрофной группы планктонных гетеротрофных бактерий не превышала трех сотен клеток в миллилитре, то в аналогичный период 2003 г. на различных участках акватории озера численность достигала значений свыше тысячи клеток в миллилитре. Еще более высокими были значения численности группы ГБ, растущих на РПА:10. Средняя численность этой группы по озеру составила  $1,6 \times 10^4$  кл./мл, минимальная –  $6,3 \times 10^3$  кл./мл (станция 19), максимальная –  $2,6 \times 10^4$  кл./мл (станция 30) (см. **рис. 26**). Численность нитрифицирующих микроорганизмов, потребляющих аммонийный азот, была сравнима с численностью эвтрофной группы и не превышала значений  $1,5 \times 10^3$  кл./мл.

Анализ структуры планктонных микробных комплексов в сентябре показал, что накопление органических веществ в толще воды происходило интенсивнее в Большой Тунайче. Здесь отмечались более высокие концентрации аммонифицирующих бактерий и группы микроорганизмов, растущих на РПА:10. Средняя численность эвтрофной группы составила  $6,4 \times 10^4$  кл./мл, ОЧГБ –  $2,3 \times 10^5$  кл./мл (см. **рис. 26**). В Малой Тунайче средняя численность гетеротрофных групп микроорганизмов была ниже: эвтрофной группы – почти вдвое ( $3,5 \times 10^4$  кл./мл), ОЧГБ – более чем в 5 раз ( $4,6 \times 10^4$  кл./мл). Численность нитрификаторов не превышала по численности эвтрофную группу ГБ по всей акватории озера. В ноябре с падением температуры воды численность микроорганизмов снизилась. Средняя численность эвтрофной группы составляла десятки клеток в 1 мл. ОЧГБ была на порядок выше. Группа нитрифицирующих микроорганизмов не превышала значений  $5,0 \times 10^2$  кл./мл (см. **рис. 26**).

В марте 2005 г. были получены количественные характеристики микробного сообщества подледной воды (**рис. 27**). На участке озера,

расположенном в прибрежной зоне (станция 12), микробное сообщество было более многочисленным, чему могли способствовать локальные гидрохимические условия. Анализ вертикального распределения микроорганизмов показал сравнительно однородное распределение бактериального населения в толще воды. Численно доминировала группа олигокарбофильных бактерий, развитие которой в водоемах обуславливают главным образом автохтонные органические вещества. Весной поставщиком легкоокисляемых органических веществ обычно является активно развивающийся фитопланктон.

Донное сообщество гетеротрофных бактерий в озере по численности превосходило планктонное. Значения численности эвтрофной группы изменялись в период исследований от  $2,0 \times 10^3$  до  $2,3 \times 10^6$  кл./г, группы, развивающейся на РПА:10, – от  $6,5 \times 10^3$  до  $1,9 \times 10^6$  кл./г, нитрифицирующих бактерий – от  $1,0 \times 10^3$  до  $2,6 \times 10^6$  кл./г (рис. 28). Заметным сезонным изменением численность микроорганизмов в грунте, видимо, не подвержена. Однако утверждать это в полной мере не представляется возможным, так как посезонно пробы грунта не отбирались ни в один из годов исследований. Дважды – весной и осенью – пробы грунта были отобраны в 2003 г. Сезонные колебания численности бентосных ГБ были в пределах одного порядка. Показатели численности и соотношение гетеротрофных групп бентосного сообщества микроорганизмов свидетельствовали об активно протекающих процессах разложения органических веществ на начальных его стадиях, т. е. процессах аммонификации.

Литературные данные свидетельствуют о том, что численность эвтрофной группы в природных незагрязненных водах изменяется в диапазоне от десятков до нескольких тысяч клеток в 1 мл (Вербина, 1980; Вотинцев, 1986). В водоемах «антропогенного» происхождения – водохранилищах, группа сапрофитов может достигать нескольких десятков тысяч клеток в 1 мл (Копылов и др., 2000; Дзюбан и др., 2001; Дзюбан, 2005; Кондратьева, Чухлебова, 2005). Высокая численность ГБ – от 100 тыс. до 1 млн клеток в 1 мл – обнаруживается в водоемах при выраженных процессах эвтрофирования (Микроорганизмы в экосистемах..., 2000).

Диапазон численности эвтрофной группы бактерий в период исследований, проведенных в 2001–2003, 2005 гг., находился в пределах от нескольких десятков до нескольких тысяч клеток в 1 мл, что по трофо-сапробиологическим показателям соответствует олигомезотрофной характеристике вод (ГОСТ 17.1.2.04-77, 1977). Ксеносапробная зона с минимальным содержанием ОВ была зафиксирована в центральной и южной части Большой Тунайчи (станции 16, 19, 61) в мае 2002 г.

Сезонное повышение трофности водоема произошло в сентябре 2003 г. В этот период численность эвтрофной группы возросла до зна-

чений в десятки тысяч клеток в мл, что изменило качество воды до «грязной» (ГОСТ 17.1.2.04-77, 1977; Оксюк и др., 1993).

Развитие гетеротрофных микроорганизмов в озере контролировалось в основном температурой и поступлением автохтонных органических веществ.

Температура является одним из главных абиотических факторов, влияющих на развитие микроорганизмов в водных экосистемах. Теплые сезоны года, как правило, характеризуются увеличением численности микроорганизмов различных групп и активизацией процессов, осуществляемых ими. Аналогичному сезонному изменению подвержена и численность гетеротрофных микроорганизмов в оз. Тунайча. В 2002–2003 гг. более высокие значения численности гетеротрофных бактерий регистрировались летом и ранней осенью, в период максимального прогрева водных масс (рис. 29). Такой характер сезонной динамики численности микробных сообществ характерен для различных типов водных экосистем (реки, озера, водохранилища, моря). Другим важным, а в некоторых ситуациях определяющим фактором, влияющим на развитие микроорганизмов в водоемах, является концентрация взвешенных и растворенных органических веществ. В водоемах основным источником автохтонной легкоокисляемой органики, которая в первую очередь активно потребляется микроорганизмами для роста и развития, является вегетирующий и отмерший фитопланктон, наряду с зоопланктоном и макрофитами (Вербина, 1980). Характерное формирование высокой численности бактериопланктона одновременно или вслед за вспышкой численности фитопланктона описано в ряде работ (Матаруева, Матаруев, 1972; Коновалова, 1980; Fenchel, 1982; Epstein, 1997).

Вероятно, в результате активного развития первичных продуцентов фитопланктона в озере ранней весной и в середине лета (Мотылькова, Коновалова, 2003) гетеротрофное сообщество микроорганизмов обеспечивается в достаточной мере легкоокисляемыми органическими веществами, которые в свою очередь стимулируют рост численности и активность микроорганизмов, его использующих. Начало весеннего периода в оз. Тунайча характеризуется обильной вегетацией кокколиптофорид. В середине мая к ним присоединяется зеленая *Ankistrodesmus convolutus* Corda. В летний период наблюдается массовое развитие синезеленой *Anabaena spiroides* Kleb. (см. гл. 6).

Органические вещества распределяются неравномерно в толще воды, что определяет очаговый характер, микроразнообразие в распределении гетеротрофных микроорганизмов. Анализ данных по численности гетеротрофных микроорганизмов в озере выявил участки с более высокой численностью этих микроорганизмов, что могло свидетель-

ствовать о повышенных концентрациях автохтонных или аллохтонных органических веществ. Более высокие показатели численности эвтрофной группы микроорганизмов отмечались в разные годы на станциях, расположенных в прибрежной зоне (станции 1, 46), куда поступают аллохтонные органические вещества с терригенным стоком. На станции 9 воды озера дополнительно обогащались органикой, привносимой через протоку из оз. Червячное. В пр. Красноармейская (станция 10) на численность эвтрофной группы ГБ влияли органические вещества антропогенного происхождения, поступавшие с хозяйственно-бытовыми стоками с. Охотское.

Данные по численности отдельных групп гетеротрофных бактерий, утилизирующих азотсодержащие ОВ, позволяют получить характеристики для оценки качества воды и самоочищающей способности экосистемы. Это индекс трофности (ИТ) и коэффициент минерализации (КМ). Увеличение индекса трофности происходит при активизации процессов самоочищения и снижении концентрации легкоокисляемых органических веществ, уменьшение наблюдается при эвтрофировании водных экосистем вследствие их первичного и вторичного загрязнения. В высокотрофных загрязненных водах этот показатель равен 2–3, в малотрофных составляет 10–100, может достигать больших значений (Руководство по гидробиологическому..., 1992).

Полученные значения ИТ в исследованный период свидетельствуют о сезонных изменениях качества вод оз. Тунайча. Значения ИТ весной 2002 и 2003 гг. соответствовали невысокой трофности озерных вод и указывали на достаточно активные процессы самоочищения на начальных стадиях деструкции органического вещества почти на всей акватории озера (табл. 4). Снижение индекса трофности, а следовательно, и ухудшение качества вод наблюдались в августе 2002 г. и сентябре 2003 г.: значения ИТ изменялись в интервале от 1,34 до 3,28 и от 0,29 до 3,9 соответственно. В летний период при активном функционировании всех звеньев экосистемы озера происходило значительное поступление автохтонных органических веществ в водоем. В результате чего нагрузка на микробное сообщество возрастала, а деструкционный потенциал бактериопланктона снижался, что влияло на изменение трофности озера. В сентябре 2002 г. значения ИТ остались на уровне августа, однако на отдельных участках озера наблюдалось улучшение качества воды (станция 16 – ИТ 10,1). В ноябре 2003 г., согласно значению ИТ, качество вод озера соответствовало малотрофным водным экосистемам. Активно осуществлялся процесс разложения органического вещества психрофильными гетеротрофными деструкторами в холодный период. В марте 2005 г. ИТ имел значения, сравнимые со значениями весны (табл. 5).

Рост коэффициента минерализации свидетельствует о завершающих этапах деструкции ОВ. Активность микроорганизмов, минерализующих органические вещества, в разных участках озера в течение одного сезона была различной (август 2002 г.: станция 10 – КМ 4,19; станция 61 – КМ 0,34). Интенсивность минерализации, вероятно, зависит от конкретных формирующихся сезонных условий в водоеме. Известно, что активность функционирования бактериальных сообществ имеет обратную связь с концентрацией субстрата (Микроорганизмы в экосистемах..., 2000) и не зависит напрямую от численности микроорганизмов. В августе 2001 г. при невысокой численности всех групп микроорганизмов значения коэффициента минерализации были достаточно высокими и изменялись от 2,44 до 33,7. В сентябре 2003 г. при значениях численности на несколько порядков выше и вероятном значительном поступлении органического вещества от скоплений биомассы фитопланктона процессы минерализации практически не шли – значения не превышали 0,01. Температурный фактор также не оказывал заметного влияния на интенсивность минерализации. Сравнительно высокими значения КМ были и ранней весной в марте 2005 г.: 3,67 – подо льдом, 6,5 – на глубине 5 м. В целом, полученные значения КМ отражали слабую интенсивность процессов минерализации в озере.

Как показывает сравнительный анализ полученных данных по численности микроорганизмов различных гетеротрофных групп, а также показателей качества воды и самоочищающей способности экосистемы оз. Тунайча, функционирование его микробных комплексов зависит от сезонного изменения абиотических и биотических факторов. Вследствие этого изменяется уровень трофности озерных вод от «малотрофных» до «высокотрофных», или «загрязненных». В целом, характер сезонной динамики численности планктонного гетеротрофного сообщества в озере был достаточно устойчив: отмечалось увеличение численности от весны к лету и снижение поздней осенью.

#### Морфологические и физиолого-биохимические характеристики гетеротрофных бактерий

Проведенный в 2002 г. анализ физиолого-биохимических свойств 276 штаммов микроорганизмов, выделенных из воды и донных отложений озера, выявил у планктонных бактерий, растущих на РПА:10, способность к утилизации белковых субстратов. 62,3% штаммов, выделенных в весенний период, и 51,5% штаммов – осенью, активно разжижали желатин. Большая часть планктонных штаммов не окисляла и не ферментировала глюкозу на среде Хью-Лейфсона. Значительное число штаммов (30,6%), окислявших глюкозу, было выделено из воды

в августе (см. **рис. 29**). Аналогично планктонным, большая часть бентосных штаммов не сбрасывала и не окисляла глюкозу, 40,8% штаммов активно разжижали желатин (**рис. 30**).

Бактериальное «население» озера было представлено в основном двумя формами клеток – палочковидными и кокковыми. Доминировали палочковидные формы (см. **рис. 29**). Большая часть штаммов планктонных бактерий обладала подвижностью. Весной среди олиготрофных бактерий преобладали неподвижные формы.

Бентосные гетеротрофные бактерии, растущие на РПА:10 (76 штаммов), также были представлены в основном палочковидными формами клеток (93,4%). Подвижность была отмечена у 43% выделенных штаммов (см. **рис. 30**). 62% палочковидных форм окрашивались по Граму отрицательно, кокковые формы – положительно.

Некоторые исследователи считают, что мелкие кокковидные клетки, как правило, доминируют в водоемах на более поздних стадиях деструкции и минерализации органических веществ, когда в них появляются низкомолекулярные легкодоступные соединения (Хажинов и др., 2005). Преобладание среди планктонных бактерий палочковидных форм свидетельствует о протекании в водоеме процессов деструкции органических веществ на начальных стадиях.

Как отмечалось ранее, интенсивность процессов минерализации в оз. Тунайча в 2002 г. была невысокой, о чем свидетельствовала и морфологическая структура микробного сообщества. В пробах воды преобладали палочковидные бактерии – показатели присутствия слабоминерализованных органических веществ, которые накапливаются в водоеме в результате слабой активности микроорганизмов, осуществляющих минерализацию субстратов различной природы.

Накопление в донных отложениях водоемов трудноминерализуемых фракций органических веществ стимулирует развитие микробных комплексов, в которых доминируют споровые палочки, актиномицеты и микроскопические грибы (Студеникина и др., 2002). Аналогичная структура микробного комплекса с преобладанием перечисленных групп сапрофитных микроорганизмов наблюдалась в донных отложениях озера весной 2002 г.: количество споровых (36,8%) и мицелиальных (6,6%) форм суммарно превышало содержание бесспорных палочек (40,8%).

Известно, что в водных экосистемах часто встречаются пигментированные микроорганизмы. Пигменты бактерий разнообразны по химическому составу, и на их образование могут влиять физико-химические условия водоема (Микроорганизмы в экосистемах..., 2000). Характерной чертой микробного сообщества озера является доминирование пигментированных бактерий. В 2002 г. они составляли 83% от

общего количества выделенных культур и при росте на твердых агаровых средах формировали колонии желтой, кремовой и белой окраски. Преобладали в посевах желтоокрашенные колонии, встречались красные, оранжевые, розовые, голубоватые. Большая часть как планктонных, так и бентосных бактерий на твердых средах формировали прозрачные колонии.

Пигменты у многих микроорганизмов представляют собой вторичные метаболиты. Они являются производными обычных метаболитов или структурных компонентов клетки. Некоторые пигменты обладают антибиотическими свойствами, а многие пигментированные микроорганизмы являются продуцентами антибиотиков. Принимая во внимание существующее утверждение о том, что между пигментацией и образованием вторичных метаболитов существует тесная корреляция (Шлегель, 1987), можно с большой долей вероятности ожидать образования антибиотиков и других биологически активных веществ у пигментированной части гетеротрофных микроорганизмов озера.

#### Нефтеокисляющие и фенолрезистентные бактерии

Известно, что высокая численность микроорганизмов, разрушающих нефтяные углеводороды и фенольные соединения, формируется обычно в местах интенсивного загрязнения водоемов такими соединениями. В связи с чем обе группы рассматриваются исследователями в качестве индикаторов загрязнения водных объектов нефтью и фенолами или выявления зон с повышенным содержанием этих веществ (Миронов, 1971; Гусев и др., 1980; Квасников, Ключникова, 1981; Коронелли и др., 1987; Dimitrieva et al., 1997; Dimitrieva, 1999). Некоторые авторы указывают на корреляцию между численностью микроорганизмов, разрушающих нефтяные углеводороды и фенольные соединения, и уровнем содержания соответствующих загрязняющих веществ в природных водах (Димитриева, 1995). Нефтеокисляющие бактерии составляют до 7% от общего количества сапрофитных микроорганизмов в микробном сообществе в чистых водах, 50–80% – в загрязненных и в 5–6 раз превышают количество сапрофитных бактерий в сильнозагрязненных районах (Студеникина и др., 2002).

Микробиологический анализ гетеротрофного планктонного и бентосного микробного сообщества озера, проведенный весной 2002 г., показал, что доля нефтеокисляющих микроорганизмов в составе сапрофитной группы не превышала 7%. Распространение нефтеокисляющих микроорганизмов в приповерхностных водах озера было мозаичным. На отдельных участках озера эта группа индикаторных микроорганизмов отсутствовала (табл. 6).

Относительный максимум численности нефтеокисляющих микроорганизмов был зафиксирован в центральной части озера (станция 19). Локальное повышение численности нефтеокисляющих микроорганизмов в поверхностных водах озера могло вызвать кратковременное поступление нефтепродуктов от маломерного флота. В прибрежье (станции 1, 10) причиной накопления нефтеуглеводородных соединений в донных осадках, на что указывало присутствие в них индикаторных микроорганизмов, могли быть хозяйственные стоки.

Фенолрезистентная группа микроорганизмов была обнаружена в двух пробах донных отложений численностью  $2,0 \times 10^2$  и  $5,6 \times 10^3$  кл./г. В донных осадках чистых, незагрязненных фенольными соединениями антропогенного происхождения водоемов численность группы обычно не превышает значений в  $10^5$  кл./мл (Виноградов и др., 2002).

Показатели численности индикаторных групп были низкими, характерными для незагрязненных акваторий. Деятельность, в результате которой в экосистему озера могли бы поступать в значительных количествах техногенные фенолы и нефтеуглеводороды, в районе озера не ведется. Присутствие нефтеокисляющих и фенолрезистентных микроорганизмов в структуре микробных комплексов мы связываем с процессами самоочищения, главным образом от автохтонных углеводов и соединений фенольной структуры, которые присутствуют в озере в виде продуктов жизнедеятельности биоценоза.

## ГЛАВА 6. ФИТОПЛАНКТОН

Наталья Владимировна Коновалова,  
Ирина Викторовна Мотылькова

До 2001 г. оз. Тунайча в альгологическом отношении практически не исследовали. Имеются некоторые сведения о качественном и количественном составе фитопланктона в работе Н. П. Усовой с соавторами (Усова и др., 1980). По их данным, альгофлору оз. Тунайча летом 1977 г. формировали 54 вида и внутривидовых таксона из пяти систематических групп: Bacillariophyta (38 видов), Chlorophyta (7), Cyanophyta (5), Chrysophyta (2), Rynophyta (2). Диатомовые были представлены в основном факультативно-планктонными формами (*Asterionella*, *Melosira*, *Tabellaria*). Среди зеленых преобладали виды рода *Scenedesmus* и *Pediastrum*, среди синезеленых – *Anabaena* и *Microcystis*. Пресноводные представители составляли 35,2%, пресноводно-солонатоводные – 38,9%, солонатоводные – 11,1%, морские – 9,3%, эвригалинные – 3,7%, солонатоводно-морские – 1,8% от общего видового состава. Среди отделов наибольшего развития достигали диатомовые и синезеленые водоросли (средняя плотность перечисленных отделов составляла 34,5 и 31,5 тыс. кл./л соответственно, биомасса – 0,405 и 0,372 г/м<sup>3</sup>). По наличию видов-индикаторов сапробности (*Cyclotella comta* (Ehrenberg, 1844) Kützing, 1849, *Melosira italica* (Ehrenberg) Kützing, 1844, *Pediastrum duplex* Meyen, 1829, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson in Brébisson & Godey, 1835, *Anabaena scheremetievii* Elenkin, 1909 и др.) воды оз. Тунайча были отнесены к β-мезосапробной зоне, т. е. к относительно чистым.

В 1989–1991 гг. по договору между Дальневосточным государственным университетом и Сахалинским отделением ТИНРО были

проведены комплексные гидроэкологические исследования, в т. ч. донной диатомовой флоры озера. Анализ проводился на основе двух съемок по акватории озера, которые были выполнены в весенний (май) и летний (июль) сезоны 1990 и 1991 гг. (Геоморфолого-экологические исследования..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991).

В результате в планктоне и поверхностном слое донных осадков было обнаружено 123 таксона диатомовых водорослей, из которых планктонные диатомеи составляли лишь 8,1% от общего количества таксонов. Отмечено большое число пресноводных форм, преобладающих в прибрежной зоне. В массе развивались три вида: *Coscinodiscus jonesianus* (Greville) Ostensfeld, 1915, *Chaetoceros* sp. и *Achnanthes taeniata* Grunow, 1880. Повсеместно был встречен и преобладал в большинстве проб *C. jonesianus* (36–60%).

Бентосные диатомеи: *Pinnularia* (10 видов), *Navicula* (10), *Cymbella* (8), *Diploneis* (6), *Eunotia* и *Gomphonema* (5) составляли 91,9% от общего количества видов. Господствующее число диатомей (более 70%) принадлежало к типичным пресноводным видам, солоноватоводные виды составляли 14%, морские – 8,2%.

На основании данных исследований, был сделан вывод о второстепенной роли диатомовых фитопланктона оз. Тунайча по сравнению с синезелеными (Геоэкология озера..., 1991). Однако комплексное изучение фитопланктона озера и изучение роли других групп микроводорослей, особенно таких значимых, как синезеленые, не проводилось.

В результате исследований ФГУП «СахНИРО» в фитопланктоне оз. Тунайча в 2001–2003 гг. был обнаружен 301 вид и внутривидовой таксон микроводорослей, относящихся к семи отделам: Bacillariophyta, Dinophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Euglenophyta (прил. 1). Среди отделов по количеству видов выделялись диатомовые, составляя 70% от общего числа видов. Вклад динофитовых и зеленых составлял 13 и 8% от общего числа видов соответственно. Менее существенный вклад в формирование видового состава вносили синезеленые – 4%, криптофитовые – 2%, золотистые и эвгленовые – по 1,5%. Распределение видов по отделам в 2001–2003 гг. оставалось практически на одном уровне, что свидетельствует об относительной постоянности гидрологических и гидрохимических условий в озере на современном этапе. Гидрологические особенности озера влияют на распределение донных форм микроводорослей. В планктонных пробах обнаружены представители фитобентоса: донные формы родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Diatoma*, *Rhoicosphenia*, *Surirella*, *Cocconeis*, *Synedra*, *Diploneis*; водоросли перифитона: *Gomphonema*, *Achnanthes*,

*Cocconeis*, *Spirogira*, которые, отрываясь от субстрата при волновом воздействии, заносятся в толщу воды.

Из случайно планктонных видов диатомей наиболее богаты видами были роды *Navicula* (20 видов), *Nitzschia* (16), *Achnanthes* (12), *Gomphonema* (10) и *Eunotia* (9). Истинно планктонные представители этого отдела отличались меньшим видовым разнообразием. Лидирующими среди них были роды *Melosira* (6 видов), *Chaetoceros* (6) и *Thalassiosira* (5). Почти все виды *Chaetoceros* и *Thalassiosira* заносились с притоком морских вод через пр. Красноармейская и развития в озере не получали. Среди динофитовых, которые были представлены в основном морскими формами, наибольший вклад во флористическое богатство водорослей вносили *Gymnodinium* (9) и *Amphidinium* (7), среди зеленых – *Koliella* (4 вида) и *Ankistrodesmus* (3).

К типичным представителям фитопланктона озера относились: диатомеи *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira proschkinae* Makar., *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *Aulacoseira subarctica* (O. Muller) Haworth, *Melosira varians* Ag., *Coscinodiscus jonesianus* (Crev.) Ostf., *Rhoicosphaenia curvata* (Ktz.) Grun.; зеленые *Ankistrodesmus convolutus* Corda, *Ankistrodesmus arcuatus* Korschik., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Tetraselmis* sp.; синезеленая *Anabaena spiroides* Kleb.; динофитовая *Peridiniella catenata* (Lev.) Balech.; цисты кокколитофорид; криптофитовая *Plagioselmis punctata* Butch.

#### Краткая характеристика основных доминирующих видов в озере

##### *Anabaena spiroides* Kleb.

Встречается в планктоне стоячих, реже – текучих вод. Один из самых распространенных в России видов (Голлербах и др., 1953). На Сахалине был обнаружен во многих водоемах. Является олигобетамезосапробионтом (S=1,35) (Баринова, Медведева, 1996).

В оз. Тунайча *A. spiroides* развивается в летние месяцы, вызывая «цветение» воды. В годовом ходе численности отмечается два пика, первый из которых приходится на начало июля (численность достигает 6,4 млн кл./л), второй – на конец августа (45,31 млн кл./л).

##### *Ankistrodesmus convolutus* Corda

Пресноводный, широко распространенный вид, особенно в прудах и небольших озерах (Баринова, Медведева, 1996). В сахалинских водах встречается повсеместно.

В оз. Тунайча в мае–июне является видом-субдоминантом с максимальной численностью 422,05 тыс. кл./л.

*Fragilaria crotonensis* Kitt.

*F. crotonensis* – широко распространенный в планктоне пресных и слегка солоноватых вод, в чистых водах часто встречается в массе. Индекс сапробности равен 1,4, что относит этот вид к группе олигобетамезосапробионтов. По системе Т. Ватанабе является эврисапробом (индекс толерантности D=44,5) (Баринова, Медведева, 1996).

Максимальное развитие в оз. Тунайча было зарегистрировано в июне 2003 г., когда численность вида достигала 873,51 тыс. кл./л.

*Coscinodiscus jonesianus* (Grev.) Ostf.

Является морским эвригаллиным видом, характерным для планктона южных морей России: Каспийского, Азовского и Черного, в которых он достигает большого количественного развития (Диатомовые водоросли, 1974; Макарова, 1985). На Дальнем Востоке России был найден И. А. Киселевым (Киселев, 1931, 1937) в Амурском лимане, чаще всего он отмечал его во II, сильно опресненном районе (1–15‰).

Единичные экземпляры *C. jonesianus* встречались в оз. Тунайча начиная с июня, но заметный вклад в создание общей биомассы фитопланктона этот вид вносил в октябре–ноябре (до 3,7 г/м<sup>3</sup>).

Основную часть видового списка составляли пресноводные виды (37% от общего числа видов), в равной степени были представлены морские и пресноводно-солоноватоводные (24 и 23% соответственно), а также солоноватоводные и солоноватоводно-морские (по 8%). Доля морских видов немного увеличилась на станциях, расположенных в пр. Красноармейская и вблизи нее.

Пресноводные виды в любой год исследований играли ведущую роль в создании общей плотности (**рис. 31**). В среднем численность пресноводных видов в 2002 г. составляла 384 тыс. кл./л (92% от общей численности), в 2003 г. из-за более сильного «цветения» *A. spiroides* – 910 тыс. кл./л (94%). Максимального развития пресноводные виды достигали в июле 2002 г. и августе 2003 г. (**рис. 32**). В формировании биомассы пресноводные виды также имели большое значение, но не круглогодично. В апреле – начале мая их абсолютная биомасса достигала 182,5 мг/м<sup>3</sup> (90%). В конце мая доля пресноводного фитопланктона снижалась до 15–30%, возрастала роль морских видов, создающих в среднем до 35% общей биомассы, и пресноводно-солоноватоводных (до 40%). В июне пресноводные виды доминировали по всей акватории озера, составляя до 70% от общей биомассы, исключая станцию в пр. Красноармейская. В данном районе биомассу создавали пресноводно-солоноватоводные (48%) и морские виды (40%). В июле такая тенденция сохранялась. В августе–сентябре вновь доминировали лишь

пресноводные (до 100%). В осенний период, как и весной, колебания биомассы зависели от развития солоноватоводно-морских видов (рис. 33).

В фитогеографическом отношении 77% от числа видов с известной экологической принадлежностью приходится на космополитов и широко распространенные виды. Второе место по разнообразию (14%) занимают бореальные виды. Роль прочих фитогеографических групп незначительна: бореально-арктические (5%), аркто-альпийские (3%) и тропическо-бореальные (1%). Тропическо-бореальные виды были встречены единожды в районе пр. Красноармейская.

Анализ соотношения различных групп микроводорослей в оз. Тунайча показал, что в разные периоды исследований доминировали различные группы. Для определения облика пелагической альгофлоры в период мониторинга выделялась существенная часть флоры, составляющая более 50% плотности и биомассы. Выделение значимой части распределения проводили путем расчета среднеквадратичного отклонения (Зайцев, 1984).

В марте 2002 г. в роли доминантов выступали диатомовые, синезеленые, криптофитовые и зеленые. Но значимую часть в создании численности, согласно диаграмме распределения, вносили лишь зеленые и синезеленые микроводоросли (рис. 34А), в создание биомассы – синезеленые, динофитовые и диатомовые (рис. 35А). Далее на смену им пришли золотистые, которые доминировали в течение всего весеннего периода (с апреля по май) при максимальной температуре 4,7 °С (рис. 34Б, 35Б). В мае с повышением температуры до 7,1–8,5 °С в середине месяца доля золотистых уменьшилась, и к концу весеннего периода (с прогревом вод до 13,7 °С) они были вытеснены из списка доминирующих групп зелеными (по численности) и динофитовыми (по биомассе). В среднем к концу мая наблюдалось снижение численности почти в два раза (от 582,759 до 299,11 тыс. кл./л в поверхностном слое и от 434,927 до 272,496 тыс. кл./л в слое 10 м). Аналогичная ситуация проявлялась и в отношении биомассы (от 253,8 до 130,84 мг/м<sup>3</sup> в поверхностном слое и от 195,08 до 149,26 мг/м<sup>3</sup> на глубине 10 м). В весенний период основную роль в сообществе играли золотистые и зеленые водоросли.

Летом, с дальнейшим прогревом воды, начинают в массе развиваться синезеленые водоросли. И в начале июля при установившейся стратификации в результате летнего прогрева наблюдалось их массовое развитие с переходом на доминирующее положение. Начало преобладания синезеленых водорослей, в свою очередь, означает наличие условий эвтрофирования водоема (Сиренко, 1981). Количественные по-

казатели фитопланктона в этот период были максимальными за 2002 г. Дальнейшая вегетация синезеленых была не столь обильной, но доминирующее положение в сообществе фитопланктона они сохранили и в последующие месяцы (**рис. 34В, 35В**). Наряду с синезелеными заметную роль в доминировании общей биомассы играли диатомовые. С похолоданием в октябре значения количественных показателей снизились. Наблюдалось доминирование золотистых (до 71% на некоторых участках) и диатомовых (до 90% от общей численности).

В 2003 г. наблюдалась несколько иная картина. В феврале доминировали криптофитовые и диатомовые микроводоросли (*см. рис. 34А, 35А*). В мае доминирующее положение принадлежало диатомовым и золотистым микроводорослям (*см. рис. 34Б, 35Б*). Такая картина наблюдалась на протяжении всего июня, а к концу июля в группу доминирующих вошли синезеленые, роль которых возрастала к августу. Их относительная численность в этот период достигала почти 100% (*см. рис. 34В*), относительная биомасса – 46% (*см. рис. 35В*). Вместе с ними по биомассе доминировали диатомовые. В сентябре вклад синезеленых в общую численность составлял около 100%, в общую биомассу – 51%. В октябре численность синезеленых сильно снижалась, они доминировали лишь на двух станциях. На всем остальном пространстве диапазон колебания общей численности сообщества определялся уровнем развития диатомовых (27% от общей численности) и золотистых (29%), а общей биомассы – диатомовых (90% от общей биомассы) и динофитовых. В ноябре доминировали диатомовые, относительная численность которых составляла 21%, относительная биомасса – 99% (**рис. 35Г**), по численности также преобладали криптофитовые (75%) (**рис. 34Г**).

В течение периода исследований численность фитопланктона варьировалась в пределах от 0,0003 (зимний период) до 40 млн кл./л (август 2003 г.), а биомасса – от 0,0002 (зимний период) до 4,5 г/м<sup>3</sup> (август 2003 г.). Средняя численность и биомасса фитопланктона составляли соответственно 0,46 млн кл./л и 148,5 мг/м<sup>3</sup>.

В динамике численности и биомассы по годам стандартно отмечается три пика (весенний, летний и осенний), соответствующие трем фазам развития фитопланктонного сообщества. Переход от одной фазы к другой сопровождался изменением температуры и понижением количественных показателей фитопланктона (почти в пять раз), которые достигали максимума в середине каждой фазы развития (**рис. 36**).

Первая фаза (весенняя) наиболее продолжительная – длится с марта по июнь. Заканчивается при наступлении биологического лета, когда миксолимнион прогревается до 12,6 °С. Вторая фаза развития фитопланктона (летняя) протекает в относительно короткий пери-

од времени и длится приблизительно месяц (июнь–июль холодного 2002 г.) или почти четыре месяца (конец июня – начало октября теплого 2003 г.). Максимального своего развития фаза достигает при повышении температуры до 16,4–20 °С. Несмотря на кратковременное существование второй фазы, этот период характеризуется максимальными концентрациями фитопланктона. Именно в этот период зарегистрированы высокие значения хлорофилла *a*, численности и биомассы микроводорослей. При понижении температуры воды до 12 °С наблюдается наступление третьей фазы (осенней). Начало ее приходится на октябрь, а завершение приурочено к зимнему периоду – после установления ледового покрова.

**Весенняя фаза.** Ранней весной в озере начинают вегетировать золотистые кокколитофорида. По литературным данным, эта группа, как и большинство золотистых водорослей, является холодноводной, развивается в холодное время, в начале весны, вскоре после паводка (Денисова, Шкундина, 2005). В силу действия определенных факторов – таких, как ветровые и стоковые течения, наряду с кокколитофоридами в пробах обнаружены крупные факультативно-планктонные формы диатомей, но их роль в создании совокупной биомассы фитопланктона невелика. В этот период преобладают кокколитофорида (до 66% от общей численности, до 53% от общей биомассы). Активная вегетация кокколитофорида приходится, в зависимости от климатических условий года, на конец апреля или конец мая, при температуре воды 2,5–4,7 °С. Именно в это время отмечается первый пик – весенний – развития фитопланктона.

Доминирующие виды и отделы микроводорослей в течение фазы могут меняться. Такая замена произошла в конце весенней фазы 2002 г., когда наблюдалось превалирование зеленых водорослей по численности и динофитовых по биомассе над золотистыми. В это время по всей акватории превалировали зеленая *A. convolutus* (25–70% от общей численности) и динофитовая *P. catenata* (20–61% от общей биомассы). Только в районе Малой Тунайчи в прибрежном мелководье обильно развивалась диатомовая *Diatoma vulgare* Borg (23–58% от общей численности, 20–40% от общей биомассы). Несколько иная картина с доминирующими видами отмечена в 2003 г., когда наряду с кокколитофоридами в фитопланктоне доминировали диатомовые *Thalassiosira* sp. (относительная численность 31–54%, относительная биомасса 54–94%) и *F. crotonensis*, составлявшая 31–83 и 22–80% соответственно. *F. crotonensis* – индикатор высокой трофности, теплолюбивый вид, наиболее приспособленный к условиям устойчивой термической стратификации (Денисова, Шкундина, 2005).

В весеннюю фазу предельные величины численности микроводорослей в 2002–2003 гг. достигали 0,84–1,35 млн кл./л, биомассы – 802–1 290 мг/м<sup>3</sup>. Несмотря на столь высокие показатели предельных величин, в среднем весной численность, равно как и биомасса фитопланктона, была невысокой и составляла 0,51 млн кл./л, 224,44 мг/м<sup>3</sup> соответственно в 2002 г. и 0,66 млн кл./л, 428,65 мг/м<sup>3</sup> соответственно в 2003 г.

**Летняя фаза.** При установившейся летней стратификации водоема в озере активно вегетируют синезеленые микроводоросли. В этот период четко выделялся второй пик развития фитопланктонного сообщества – летний. Он отмечается в начале июля и обусловлен цветением синезеленой *A. spiroides*, которая доминирует на всей акватории озера летом. Вклад *A. spiroides* в создание общей численности и биомассы в летнюю фазу на некоторых участках достигал почти 100%. Наиболее полная картина распределения *A. spiroides* получена в летней съемке 2001 г. Повышенной активностью вегетации анабены отличались два участка – центральный район озера и мелководный район Малой Тунайчи, где численность вида достигала 2,5 млн кл./л. В течение двух последующих лет максимальные концентрации *A. spiroides* отмечены в районе Малой Тунайчи. Главным фактором, влияющим на неравномерность распределение *A. spiroides* по акватории озера, является ветровое воздействие. В 2002 г. численность *A. spiroides* достигала 6,68 млн кл./л, биомасса – 1,04 г/м<sup>3</sup>. В 2003 г. в хорошо прогреваемом районе Малой Тунайчи эти характеристики были намного выше – до 45,31 млн кл./л и до 5,12 г/м<sup>3</sup>. Следует признать, что эти показатели являются максимальными за весь период исследований в озере. К концу июля 2002 г. показатели обилия фитопланктона снижались и численность не превышала 234,26 тыс. кл./л, фаза шла к завершению. В теплом 2003 г. летняя фаза была долговременной. В августе–сентябре было отмечено повторное увеличение численности *A. spiroides*, но предельные значения численности (794,9 тыс. кл./л), в отличие от июля, были почти в два раза ниже.

Кодоминантами по биомассе *A. spiroides* на некоторых участках в этот период являлись диатомовая *Chaetoceros subtilis* Cleve (28–68%), динофитовая *Diplopsalis lenticula* Berg (31–61%) и крупная центрическая диатомея *C. jonesianus* (31–92% от общей биомассы). В результате диатомовые микроводоросли играли заметную роль в создании общей биомассы. В сравнительном аспекте средние значения численности и биомассы летнего фитопланктона в 2001 и 2002 гг. вполне сопоставимы. Средняя численность в 2001 г. составляла 683,48 тыс. кл./л, в 2002 г. – 506,88 тыс. кл./л, биомасса – 140,24 мг/м<sup>3</sup> и 147,19 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Однако летний фитопланктон теплого 2003 г. отличил-

ся наибольшими величинами описанных параметров. В пользу этого говорят высокие осредненные значения численности – 2,07 млн кл./л и биомассы – 1,21 г/м<sup>3</sup>. В целом, летняя фаза характеризовалась относительно высокими количественными показателями фитопланктона.

**Осенняя фаза.** Начинается обычно в октябре, когда в результате осенне-зимней конвекции происходит охлаждение поверхностных вод до 12 °С. Vegetация *A. spiroides* к этому моменту завершается, и диапазон колебания общей численности фитопланктонного сообщества в этот период определяется уровнем развития диатомовых водорослей (27% от общей численности) и золотистых (29%), а по вкладу в общую биомассу – диатомовых (90% от общей биомассы) и динофитовых. Численность клеток фитопланктона в октябре 2002 и 2003 гг. была низкой (от 13,77 до 43 тыс. кл./л). Биомасса снизилась примерно в 5 раз и в среднем составляла 140,05 мг/м<sup>3</sup>. На протяжении октября 2002 г. количественные характеристики постоянно снижались, и в ноябре они не превышали 39,83 тыс. кл./л и 94,86 мг/м<sup>3</sup>. А в 2003 г. из-за высокой температуры (в октябре она составляла 15,7 °С) произошел заметный рост развития диатомовой *C. jonesianus* и криптофитовых *Cryptomonas* sp., *P. punctata*. В результате максимальные показатели количественных характеристик составили: численность – 316,2 тыс. кл./л, биомасса – 3,1 г/м<sup>3</sup> (в среднем 126,42 тыс. кл./л и 1,58 г/м<sup>3</sup> соответственно). Видами-доминантами являлись золотистые кокколитофориды (20–65% от общей численности), криптомонада *Cryptomonas* sp. (22–40%) и диатомея *C. jonesianus* (20–31%). На некоторых станциях заметный вклад в биомассу вносила перидиния *D. lenticula* (21–42%).

Количественное распределение микроводорослей по вертикали в зависимости от сезона было неодинаковым. Весной, при температуре воды от 4 °С (в апреле) до 12,8 °С (в начале июня), в озере комплекс фитопланктона формировался в основном диатомовыми (30–45% от общей численности), зелеными (15–21%) и золотистыми (24–41%) микроводорослями. Доминировали в это время золотистые кокколитофориды и зеленая *A. convolutus*. Комплекс диатомовых, численность которых в разные периоды весенней фазы колебалась от 81,94 до 708,247 тыс. кл./л, был представлен факультативно-планктонными бентическими формами, что отразилось в свою очередь на картине его распределения. В районе Большой Тунайчи и у о. Птичий с увеличением глубины в миксолимнионе значение этой группы возрастало. На глубине 20 м при низких температурах (4–5 °С) и повышенной солености (13–16‰) зарегистрированы самые низкие показатели фитопланктона за весенний период (101,86 тыс. кл./л), плотность диатомовых не превышала здесь 37 тыс. кл./л.

Светолюбивые зеленые с численностью от 14,945 до 446,85 тыс. кл./л у поверхности и от 31,06 до 293,92 тыс. кл./л на горизонте 10 м тяготели, напротив, к верхним слоям воды. Золотистые распределялись по всей толще воды от 0 до 10 м относительно равномерно, в зависимости от ветрового воздействия, с незначительным увеличением в поверхностном слое или с глубиной. Плотность клеток этой группы достигала 492,2 тыс. кл./л у поверхности и 622 тыс. кл./л на нижней границе 10-метрового слоя. В это же время в районе Малой Тунайчи распределение фитопланктона происходило по-иному. Вследствие интенсивного перемешивания вод в мелководной протоке (до 3 м) водоросли равномерно развивались от поверхности до дна. В конце мая в структуру альгофлоры оз. Тунайча заметный вклад вносили криптофитовые *Cryptomonas* sp. и *P. punctata*, но концентрировались они преимущественно в нижнем горизонте (10 м).

Летняя вспышка фитопланктона в озере, при температуре 14–20,5 °С, определялась синезелеными с доминированием *A. spiroides*. Доля зеленых, криптофитовых, динофитовых, диатомовых и эвгленовых в формировании структуры фитопланктона была незначительной. Наряду с *A. spiroides* по численности преобладала колониальная *Coelosphaerium kuetzingianum* Nag. f. *kuetzingianum*. Ее распространение ограничивалось районом Малой Тунайчи и о. Птичий. В целом, район Малой Тунайчи отличался повышенными концентрациями синезеленых микроводорослей. Их численность в поверхностном слое достигала 3 399,095 тыс. кл./л, на глубине 5 м – 2 647,274 тыс. кл./л. Из-за малых глубин синезеленые в этом районе распределялись более-менее равномерно в слое 0–5 м, в среднем составляя 1 194,746 тыс. кл./л у поверхности воды и 1 142,589 тыс. кл./л на глубине 5 м.

В районе Большой Тунайчи в слое 5–10 м количественные показатели преобладающих синезеленых микроводорослей сокращались почти в три раза по сравнению с поверхностным слоем. Средние значения численности составляли у поверхности 396,23 тыс. кл./л, в слое 5–10 м – 106,68 тыс. кл./л. Помимо *A. spiroides* в августе в восточной части озера доминировала криптофитовая *Cryptomonas* sp. (23–32% от общей численности, 23–37% от общей биомассы), обильное развитие которой наблюдалось в центральной зоне озера у поверхности. Эта зона характеризовалась максимальной плотностью фитопланктона в целом – 2 590,71 тыс. кл./л. Минимальное количество клеток – 209,82 тыс. кл./л – было отмечено в литорали восточной части Большой Тунайчи, где значительное влияние на формирование структуры сообщества оказывали реки, впадающие в озеро. Существенный вклад в численность и биомассу здесь вносили случайно-планктонные водо-

росли (76% от общей численности, 99% от общей биомассы), представленные в большей степени бентическими диатомеями родов *Navicula*, *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Synedra*.

У о. Птичий, как и в Большой Тунайче, численность синезеленых с увеличением глубины уменьшалась почти в три раза, составляя 1 382,2 тыс. кл./л у поверхности и 384,27 тыс. кл./л у нижней границы 10-метрового слоя. Очевидно, что *A. spiroides*, также как и *C. kuetzingianum* f. *kuetzingianum*, тяготели к верхним слоям водной толщи, где в тихую безветренную погоду их численность достигала 4 100 тыс. кл./л. При сильном волнении отмечалось опускание скопленных микроводорослей в нижние слои, где их концентрация достигала 2 477 тыс. кл./л (10 м).

В осенний период структура фитопланктона определялась диатомовыми, золотистыми, зелеными, синезелеными, криптофитовыми. В число структурообразующих видов входили центрическая диатомовая *C. jonesianus*, золотистые кокколитофориды, а также летние *Cryptomonas* sp., *P. punctata*, *A. convolutus* и *A. spiroides*. Vegetация последних двух видов шла к завершению и их количественные показатели к этому времени были заметно снижены. В октябре в слое 0–10 м, при температуре воды 10–12 °С, фитопланктон был распределен равномерно. Плотность клеток в поверхностном горизонте в этот период составляла 10 тыс. кл./л, в придонном – 14 тыс. кл./л. В ноябре при понижении температуры поверхностного слоя до 7,3–8,3 °С количественные показатели фитопланктона были несколько выше за счет вегетирования *C. jonesianus* и *P. punctata*. Распределение *C. jonesianus* было равномерным по всему столбу воды, *P. punctata* тяготела к поверхности, что обусловило увеличение численности фитопланктона почти в два раза в верхнем горизонте (77 тыс. кл./л), в отличие от нижнего слоя (40 тыс. кл./л).

Таким образом, характер вертикального распределения фитопланктона в озере в разные сезоны его развития определяется структурой сообщества, степенью развития преобладающих видов, воздействием гидродинамических факторов, главными из которых являются ветровые и стоковые течения. В мелководном районе Малой Тунайчи при перемешивании воды в результате ветрового воздействия микроводоросли, независимо от сезона, распределялись равномерно во всей толще. В более глубоких районах, у о. Птичий и в Большой Тунайче в верхнем гомотермном слое 0–10 м, наблюдалось явное преобладание микроводорослей у поверхности воды.

Суточные миграции фитопланктона наблюдали в августе 2001 г. Для этого были взяты три станции, отличающиеся друг от друга ги-

дрологическими условиями. На относительно неглубокой (6 м) суточной станции № 7, расположенной в юго-восточной части озера, средняя численность фитопланктона у поверхности воды составляла 84,91 тыс. кл./л, в придонном – 85,8 тыс. кл./л. Вследствие активного перемешивания воды в поверхностном слое и незначительных градиентов температуры, рН и солености в данной точке не отмечались вертикальные суточные миграции фитопланктона. Распределение его в слоях воды было равномерным (рис. 37). Отмечено два пика численности: в 15:30 и в 23:20, минимальное количество клеток зафиксировано в 19:20. По численности, как и по биомассе, преобладала синезеленая водоросль *A. spiroides*, по биомассе кодоминантами являлись динофитовые *Gonyaulax* sp., *D. lenticula*.

Вертикальная миграция микроводорослей четко прослеживается на станции 30 на границе плесов Большая Тунайча и Малая Тунайча (см. рис. 37). В вечернее время, с 18:30 до 19:45 микроводоросли с поверхности (0 м) мигрировали в нижнюю часть поверхностного слоя воды (10 м). Это происходило параллельно изменению температуры воды и рН, которые в поверхностном слое (0–10 м) увеличивались (при обратной картине на глубине 19 м). Обратная миграция микроводорослей происходила с 00:30, когда отмечалось падение гидрохимических показателей в поверхностном слое воды. Доминировали по численности синезеленые *A. spiroides* и *C. kuetzingianum*, по биомассе – перидиней *Gonyaulax* sp., *D. lenticula*.

На самой мелководной, более прогретой станции 43, расположенной в пр. Красноармейская, наблюдалось относительно равномерное распределение фитопланктона по всей толще воды. Здесь основную роль в изменении структуры фитопланктона и его количественных характеристик играли приливоотливные явления. Максимумы численности зарегистрированы в 16:00 и в 07:30, во время отлива, когда преобладал сток опресненных вод из основной акватории озера, минимум приходился на 23:30, на время прилива, когда в протоке преобладали трансформированные солоноватые воды. Доминировали по численности синезеленые *A. spiroides* и *C. kuetzingianum*, являющиеся доминантами и по биомассе. Кроме них в группу доминантов по биомассе входила динофитовая *D. lenticula*.

Общим для всех годов исследований являлся пик цветения синезеленых микроводорослей с конца июля по сентябрь, который определялся не распреснением озера, а совокупностью действия двух факторов: повышением температуры воды в период летней стратификации и терригенным стоком биогенов из основных бассейновых рек оз. Тунайча – р. Комиссаровка и р. Подорожка. Проследить воздействие отдельных

факторов на отделы микроводорослей позволяет **таблица 7**. Наблюдается относительно высокая положительная корреляция между температурой воды и количественными характеристиками синезеленых микроводорослей, максимум которых совпадает с максимумом температуры. Полученная корреляция не является достаточно достоверным отображением действительности, так как ее занижают переходные периоды между фазами развития фитопланктонного сообщества. Обратную зависимость от температуры показывают золотистые, которые с повышением температуры исчезают из сообщества.

Высокие отрицательные значения корреляции отмечены между отделом синезеленых водорослей с золотистыми и диатомовыми. В первом случае это объясняется косвенным воздействием температуры, повышение которой, как было сказано выше, является лимитирующим фактором развития микроводорослей из отдела золотистых. Во втором случае, когда температура не лимитирует размножение диатомовых, можно смело говорить об ингибирующем воздействии синезеленых на диатомовую флору. К сожалению, у нас отсутствуют данные по динамике биогенов по станциям и сезонам, что не позволило статистически оценить воздействие этого значимого фактора на фитопланктон. Некоторые выкладки по влиянию фитопланктона на концентрацию биогенов в воде и обратно содержатся в **главе 4**.

Исследованиями последних лет (Баринова, Медведева, 1996) установлено, что даже при незначительных ухудшениях условий развития альгофлоры в водоеме синезеленые приобретают тенденцию к доминированию, увеличивая продолжительность продуктивного сезона. Объясняется это следующими причинами:

- **синезеленые водоросли способны фиксировать растворенный в воде атмосферный азот и таким образом противодействовать условиям лимитирования азотом;**
- **они интенсивно развиваются при низком соотношении азота и фосфора ( $N/P=5$ ), в оз. Тунайча это соотношение равно 5;**
- **они обходятся меньшим по сравнению с другими водорослями количеством растворенного в воде диоксида углерода;**
- **они выделяют вещества, приостанавливающие рост других водорослей;**
- **это довольно крупные водоросли, их не поедают хищники-фильтраторы;**
- **поднимаясь с глубины, благодаря расширению газовых вакуолей, они вытесняют менее плавучие водоросли.**

Сравнить полученные нами данные с результатами исследований прежних лет не представляется возможным, так как в качестве резуль-

татов предыдущих исследований был представлен лишь список видов (Отчет по обследованию..., 1956; Усова и др., 1980; Геоэкология озера..., 1991). По результатам опытов и анализа данных ряда ученых, обобщенных в работе Г. В. Кравцовой (Кравцова, 1989), для большинства изученных видов пресноводного фитопланктона (видов родов *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Microcystis* и др.) соленость порядка 10‰ является, по существу, предельной для продуктивного роста. Следовательно, при принудительном возвращении вод озера Тунайча к прежнему режиму солености (6–7‰) видовой состав и соотношение доминирующих групп будут близкими к существующим в настоящий момент. Для прогнозирования фитопланктонного сообщества при значительном увеличении солености обратимся к той же работе Г. В. Кравцовой (Кравцова, 1989): по степени увеличения галотолерантности массовые виды фитопланктона можно расположить в следующий ряд: *Scenedesmus quadricauda*–*Oscillatoria agardhii*–*Aphanothece clathrata*–*Oocystis parva*–*Merismopedia punctata*. То есть при осолонении вод оз. Тунайча смена доминирующих видов будет проходить в вышеуказанном порядке.

Санитарно-биологическое состояние озера оценивали по водорослям-индикаторам сапробности. Таких водорослей в альгофлоре был найден 91 вид (30% от общего количества видов). Среди найденных форм большинство относится к  $\beta$ -мезосапробам (32 вида, или 35%),  $\alpha$ -мезосапробных организмов значительно меньше (11 видов), полисапробных видов обнаружено не было (табл. 8). В систематическом отношении максимальное количество индикаторов отмечено для отдела диатомовые (91%). Доминирующие по численности виды – кокколитофориды ( $S=1,0$ ), *A. spiroides* ( $S=1,35$ ), *F. crotonensis* ( $S=1,4$ ), относятся к олигосапробионтам и олигобетамезосапробионтам, которые развиваются в относительно чистых водоемах. При расчете индекса сапробности для каждого сезона оказалось, что он колебался пределах 1,1–1,8. Таким образом, и по наличию видов-индикаторов, и исходя из расчета индекса сапробности воды оз. Тунайча в любой сезон исследований относились ко II–III классу чистоты или к  $\alpha$ -мезосапробной зоне самоочищения. Все изменения, происходящие в такой экосистеме, являются обратимыми.

### Производство фитопланктона

Концентрация хлорофилла *a* в воде оз. Тунайча в среднем по месяцам для 2003 и 2004 гг. была получена по данным спутниковой системы “TeraScan”. Динамика хлорофилла *a* отражена на рисунке 38.

Суммарная годовая продукция (сырая масса) варьировалась по годам от 947 064 г/м<sup>3</sup> (473,5 ккал/м<sup>3</sup>) в 2004 г. до 954 213 г/м<sup>3</sup> (477,1 ккал/м<sup>3</sup>) в

2003 г. В среднем она составляла 953 200 г/м<sup>3</sup>, что в пересчете на весь объем миксолимниона равно 1 006 579 т.

Таким образом, фитопланктон оз. Тунайча в 2001–2003 гг. характеризовался многообразием видового состава (301 вид и внутривидовой таксон, относящиеся к семи отделам: Bacillariophyta, Dinophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Euglenophyta). Наибольшее количество видов фитопланктона (201) было отмечено в 2002 г. Основу видового состава слагали главным образом пресноводные и пресноводно-солонатоводные виды.

В сезонной динамике сообщества фитопланктона озера отмечаются три фазы развития: весенняя, летняя и осенняя. Переход от одной фазы к другой сопровождается изменением температуры и понижением численности и биомассы фитопланктона, которые достигают максимума в середине фазы. Весной в массе развиваются кокколитофориды из отдела золотистых (до 54% от общей численности и биомассы). Весенняя фаза переходит в летнюю при температуре воды миксолимниона 12,6 °С. Летняя фаза определяется началом вегетации синезеленой водоросли *Anabaena spiroides*, которая достигает своего максимального развития к концу августа при повышении температуры до 16,4–20 °С. Температура, разграничивающая вторую и третью фазы, составляет 15,3–15,7 °С. Третья фаза (осенняя) завершается в зимний период (вероятно, после установления ледового покрова). В этот период основной вклад в создание численности и биомассы вносят диатомовые (27% от общей численности, 90% от общей биомассы) и золотистые микроводоросли (29%).

При высоких значениях температуры во время второй фазы наблюдалось «цветение» синезеленых в Малой Тунайче, что, кроме температуры, объясняется терригенным стоком биогенов из основных бассейновых рек оз. Тунайча – р. Комиссаровка и р. Подорожка. Во время «цветения» синезеленые водоросли угнетают развитие диатомей, вклад которых в общую численность и биомассу в этот период падает до нуля.

Сезонная динамика численности и биомассы в разные годы была сходной. Средние количественные характеристики находились приблизительно на одном уровне. Исключение составлял период конец августа – начало сентября 2003 г. В это время численность и биомасса были в несколько раз больше, чем в 2001 и 2002 гг. Средние показатели обилия в весеннюю фазу колебались в следующих пределах: численность – от 99,18 до 508,84 тыс. кл./л, биомасса – от 28,79 до 724,8 мг/м<sup>3</sup>; в летнюю – соответственно от 0,06 до 5,61 млн кл./л и от 0,022 до 3,5 г/м<sup>3</sup>. Осенью предельные величины численности составляли 13,77–129,2 тыс. кл./л, биомассы – 0,031–1,65 г/м<sup>3</sup>.

Характер вертикального распределения фитопланктона в озере в разные сезоны его развития определяется структурой сообщества, степенью развития преобладающих видов, воздействием гидродинамических факторов, главными из которых являются ветровые и стоковые течения. В мелководном районе Малой Тунайчи при перемешивании воды в результате ветрового воздействия микроводоросли, независимо от сезона, распределяются равномерно по всей толще. В более глубоких районах, у о. Птичий и в Большой Тунайче, в верхнем гомотермном слое 0–10 м наблюдается явное преобладание микроводорослей у поверхности воды. Годовая продукция фитопланктона во всем объеме миксолимниона составляет более миллиона тонн.

В составе видов-индикаторов сапробности воды оз. Тунайча в любой сезон исследований относились ко II–III классу чистоты, к *a*-мезо-сапробной зоне самоочищения. Все изменения, происходящие в такой экосистеме, являются обратимыми.

## ГЛАВА 7. ЗООПЛАНКТОН

Денис Сергеевич Заварзин

### Состав зоопланктона

Микро- и мезозоопланктон озера на современном этапе представлен четырьмя группами организмов: Rotifera (12 форм), Cladocera (5), Copepoda (15) и личинки моллюсков (2). Всего в пробах было отмечено 34 формы зоопланктеров, относящихся к 18 семействам (прил. 2). Из данных форм пять было определено до подвида, 24 – до вида, три – до группы видов и одна – только до рода.

Наибольшим разнообразием отличаются копеподы, представленные восемью семействами. Наибольшее число видов (7) отмечено для Cyclopoidea, Calanoida и Harpacticoida имеют по три вида, Pseudocyclopoida – два. По биомассе и численности из копепод в пелагиали озера преобладают *Sinocalanus tenellus* (Kikuchi, 1928) и *Eurytemora affinis* (Pope, 1880), прочие виды встречаются единично. Вклад Cyclopoidea, Harpacticoida и Pseudocyclopoida заметен только в прибрежной зоне. Последние представлены в озере тремя паразитическими видами рода *Ergasilus*, встречающимися в планктоне на свободноплавающих стадиях. Данные виды паразитируют на плавниках, поверхности тела и жабрах рыб. Довольно высокая численность эргасилид в планктоне (до 1 500 экз./м<sup>3</sup>) позволяет предполагать высокую зараженность ими рыб в оз. Тунайча, что подтверждается нашими исследованиями (см. гл. 9.3).

Коловратки представлены 12 формами из 6 семейств. Большая часть видов *Rotifera* озера относится к литоральным и встречается только в прибрежье. Среди них наиболее богато видами семейство Lecanidae

с тремя видами одного рода – *Lecane*. По численности и биомассе в прибрежных биотопах наиболее заметна роль представителей рода *Euchlanis*, имеющего в водах озера двух представителей – *Euchlanis dilatata lucksiana* Hauer, 1930 и *E. dilatata dilatata* (встреченная в озере форма указывается Кутиковой как  $\beta$ -*larga* Kutikova, 1959). Наибольшую численность и биомассу образуют эупланктические пелагические формы. Состав коловраток пелагиали в озере заметно меняется в течение года. Весной, до начала июня в озере наиболее многочисленна *Synchaeta lakowitziana* Luck, 1912, летом и осенью – *Keratella eichwaldi* (Levander, 1894). В теплые годы (2001, 2003 гг.) в конце лета заметное развитие получает *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834), в годы с холодным летом (2002 г.) данный вид в озере не отмечается, встречаясь только в небольших и хорошо прогреваемых пресноводных придаточных водоемах бассейна.

Кладоцеры в озере немногочисленны и представлены всего двумя семействами – Bosminidae и Chydoridae. Bosminidae (*Bosmina longirostris* s. lato O. F. Müller, 1785) отмечены только единожды в устье протоки оз. Свободное. Представители данной группы видов являются обычными для придаточных пресноводных водоемов системы. Все прочие встреченные в озере ветвистоусые относятся к сем. Chydoridae. Наиболее многочисленным среди кладоцер озера является *Chydorus sphaericus* s. lato (O. F. Müller, 1776), вклад которого в формирование общей численности зоопланктов озера наиболее заметен в прибрежных зарослях макрофитов. В период массового развития крупных форм диатомовых он также встречается в пелагиали. Прочие кладоцеры встречаются в планктоне водоема лишь единично и никогда – в пелагиали. В целом, необходимо отметить низкую численность организмов данной группы в планктоне озера.

Группа моллюсков в планктоне представлена велигерами двустворки *Corbicula japonica* Prime, 1864 и гастроподы *Assiminea lutea* A. Adams, 1861. Корбикула имеет промысловое значение, но в озере на данный момент, несмотря на значительный запас (Лабай и др., 2003), не добывается, что связано в первую очередь с природоохранным статусом озера (памятник природы областного значения). Вид тепловодный, присутствует в планктоне только в августе–сентябре теплых лет (2001, 2003 гг.), это позволяет констатировать, что данный вид в озере размножается не каждый год. Личинки *A. lutea* в озере отмечаются с июня по ноябрь, массово развиваясь как в пелагиали, так и в прибрежных частях водоема.

При описании зоогеографического характера компонентов зоопланктона для форм континентального происхождения были рассмотрены

схемы, предложенные для пресноводных рыб (Таранец, 1938; Берг, 1962), моллюсков и высших раков (Старобогатов, 1970, 1986; Kruglov, Starobogatov, 1993; Starobogatov, 1995), а также ктенопод (Коровчинский, 2004).

Исходя из схемы, предложенной для ихтиофауны, оз. Тунайча располагается в Южно-Сахалинском районе Приморского округа Амурской переходной области. По схеме Н. Д. Круглова и Я. И. Старобогатова (Kruglov, Starobogatov, 1993), озеро размещено в Анивской провинции Японской подобласти Китайско-Индийской области. Н. М. Коровчинский (Коровчинский, 2004) относит юг Сахалина, а соответственно и оз. Тунайча, к Восточно-Азиатской подобласти Средиземноморско-Азиатской области.

На наш взгляд, для организмов зоопланктона, обладающих большой способностью к расселению, более подходящим является деление, предложенное для ихтиофауны и основанное на значительной вагильности рыб. Схема Н. М. Коровчинского, хотя и является единственной из перечисленных составленной для планктонных животных, слабо подходит для деления зоопланктона в целом в связи со своей узкой нацеленностью на ктенопод, полностью отсутствующих в озере.

К солоноватоводным видам, имеющим исходно морское происхождение, применяли зоогеографическое деление, предложенное для морских акваторий (Кафанов, Кудряшов, 2000), так как заселение данными видами континентальных водоемов шло со стороны моря (в межледниковую номскую фазу плейстоцена Японское и Охотское моря были солоноватоводными (Линдберг, 1972)). По данной классификации, оз. Тунайча относится к Айнской подобласти Тихоокеанской бореальной области.

Согласно выбранным схемам, на данный момент в планктической фауне озера обнаружено 10 космополитических видов, 10 – широко распространенных в Палеарктике, четыре – в Голарктике, пять солоноватоводных тихоокеанских приазиатских субтропическо-низкобореальных, один тихоокеанский приазиатский широкобореальный и два амфибореальных (см. прил. 2).

Большая часть коловраток озера относится к формам континентального происхождения, и только *K. eichwaldi* относится к палеарктическим видам солоноватых вод морских побережий. Среди коловраток было отмечено максимальное для групп зоопланктеров озера число космополитов – семь.

Обитающие в данный момент в озере кладоцеры относятся исключительно к формам континентального происхождения. Для данной группы в водоеме указано две космополитические формы (*B. longirostris* s. lato и *C. sphaericus* s. lato), на самом деле являющиеся группами труд-

но различимых видов, каждый из которых, вероятно, имеет гораздо более узкий ареал. Остальные три вида имеют голарктическое распространение.

Группа копепод наиболее разнородна в зоогеографическом плане. Все циклопы (за исключением *Halycyclops* sp.) – формы континентального происхождения, в то время как эргазилиды и каляниды – морского. К космополитам можно отнести только *Diacyclops bicuspidatus* (Claus, 1857). Прочие виды циклопов относятся к палеарктам. К амфибореальным формам морского происхождения относятся калянида *E. affinis* и гарпактицида *Leptocaris trisetosus* (Kunz, 1935). Эргазилиды и остальные каляниды относятся к тихоокеанским приазиатским бореальным формам.

Оба представленные в планктоне озера моллюска относятся к формам морского происхождения с тихоокеанским приазиатским субтропическо-низкобореальным ареалом (ареал корбикулы в настоящий момент расширился за счет активной интродукции практически до космополитического).

Эндемичных для озера видов в зоопланктоне не обнаружено.

Таким образом, пресноводный компонент зоопланктона озера представлен широко распространенными в Голарктике видами, форм, специфичных для Приморского округа Амурской переходной области, в водоеме не обнаружено. Солоноватоводный же компонент, кроме широко распространенных видов (*E. affinis*, *K. cruciformis*), состоит из гораздо более специфичных форм – эндемиков солоноватых вод бассейнов дальневосточных морей (*S. tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus* Burckhardt, 1913, *Ergasilus wilsoni* Markewitsch, 1933, *Ergasilus hypomesi* Yamaguti, 1936, *C. japonica*, *A. lutea*). В результате наиболее значимым из зоогеографических делений для зоопланктона оз. Тунайча необходимо признать деление, принятое для морских акваторий.

#### Характеристика массовых видов зоопланктона

##### *Sinocalanus tenellus* (Kikuchi, 1928)

*S. tenellus* – тихоокеанско-приазиатско-низкобореальный вид. На Сахалине повсеместно распространен в солоноватых водах морских лагун, устьев рек, впадающих в море, солоноватых и пресноводных озер морских побережий. Экземпляры из оз. Тунайча морфологически ничем не отличаются от приведенных в определителе (Боруцкий и др., 1991). По данным наших сборов отмечен в опресненных участках заливов Пильгун, Чайво, Ныйский, Луньский, солоноватоводных озерах Невское, Меря и Тунайча, по литературным данным – в озерах Айнское и Выселковое (Боруцкий, Богословский, 1964).

В оз. Тунайча держится в основном в открытой пелагиали, где в период с июня по ноябрь является преобладающим видом зоопланктона. Размножается, по-видимому, непрерывно в течение всего года, о чем говорит постоянное наличие в пробах науплиев данного вида, а также самок, несущих сперматофоры. В течение года наблюдается три пика численности науплиев, приходящиеся на конец мая, конец июня и август – начало сентября, что позволяет говорить о трех генерациях синокалянуса в год. Японские исследователи (Asami, Ito, 2003; Asami, 2004) в оз. Абашири (о. Хоккайдо) также отмечают три пика численности науплиев, примерно совпадающих по срокам с таковыми для оз. Тунайча. Первый пик в годы с холодной весной (2003 г.) может отсутствовать. Максимальная численность науплиев зависит от температуры воды и, в зависимости от температурных максимумов, приходится на второй (2002 г.) или третий (2003 г.) пики.

*Eurytemora affinis* (Poppe, 1880)

*E. affinis* – амфибореальный вид. Распространен в солоноватых водах и в пресных, имеющих связь с морем водоемах. По рекам может проникать вглубь континентов (Боруцкий и др., 1991). На Сахалине встречается повсеместно в пресных и солоноватых озерах и опресненных участках заливов. По данным наших сборов и литературным данным (Боруцкий, Богословский, 1964), отмечен практически во всех водоемах, где встречается *S. tenellus* (не обнаружена в оз. Лебяжье). Также отмечен в пресноводном оз. Сладкое (северо-западный Сахалин) (Заварзин, Сафронов, 2001).

Особи из оз. Тунайча (рис. 39) несколько отличаются от описания в определителях (Heron, 1964; Боруцкий и др., 1991). Базиподит левой ноги P5 самца не с угловидным выступом а, скорее, округло-расширенный, внутренняя лопасть второго членика экзоподита левой ноги округлая, а не заостренная, что характерно, скорее, для *Eurytemora affinis raboti* Richard, 1897. Однако большинство прочих признаков, и в первую очередь строение дистальных члеников P5 самца и генитального сегмента самки, без характерной для *E. affinis raboti* перетяжки, позволяют с известной долей уверенности отнести описываемые экземпляры к типичной форме.

Как и у *S. tenellus*, для *E. affinis* в оз. Тунайча в годовом ходе плотности отмечается три максимума численности науплиев, то есть данный вид также образует три генерации в год. Первый пик приходится на середину мая, в годы с холодной весной может отсутствовать, второй – на вторую половину июня (до 1 500 экз./м<sup>3</sup>), третий – самый значительный (до 7 000 экз./м<sup>3</sup> в годы с теплым летом (2003 г.)) – на

первую половину сентября. На зиму, в отличие от синокалянуса, видимо, откладывает покоящиеся яйца, о чем свидетельствует отсутствие науплиев подо льдом.

*Pseudodiaptomus inopinus* Burckhardt, 1913

*P. inopinus* – эндемик солоноватых вод бореальной части Дальнего Востока от России на севере до Китая и Японии на юге (Боруцкий и др., 1991). Встречается в устьях рек, солоноватых озерах. По нашим данным, обычен в лагунных заливах северного Сахалина. *P. inopinus* не относится к массовым формам оз. Тунайча, однако обнаруженные для этого вида особенности требуют обязательного упоминания. В озере встречаются половозрелые самки двух форм (рис. 40). Первые – типичные для вида экземпляры с шиповидными щетинками на фуркальных ветвях, вторые отличаются строением ветвей, характерным для самцов или пятой копепоидитной стадии. Самки с типичной для вида фуркой встречаются в пробах с июня по октябрь, с атипичной – с сентября по ноябрь. Аналогичное явление отмечено нами для заливов северо-восточного Сахалина. Самцы, встреченные в озере, имели «пальцеобразный» (thumb-shaped) морфотип P5, в то время как в заливах северо-востока острова нами отмечались особи как с пальцеобразным, так и с «веслообразным» (paddle-shaped) морфотипом.

*Synchaeta lakowitziana* Luck, 1912

*S. lakowitziana* – стенотермный холодноводный вид (Кутикова, 1970). Распространен в пресных и солоноватых водах Палеарктической и Амурской областей. На Сахалине ранее никем не отмечался. Развивается в оз. Тунайча с марта по конец мая – начало июня, практически исчезает из планктона при температуре выше 12 °С. Максимальной численности (34 000 экз./м<sup>3</sup> в 2002 г. и 120 000 экз./м<sup>3</sup> в 2003 г.) достигает во второй половине мая.

*Keratella eichwaldi* (Levander, 1894)

*Keratella eichwaldi* ранее описывалась как подвид *Keratella cruciformis* (Thompson, 1892), которая встречается в морских (при солености до 30,26‰) и опресненных водах, обитает в Балтийском, Белом, Северном, Черном морях, в Атлантическом океане, отмечается в лагунах Японии (Asami, 2004). Для о. Сахалин, кроме оз. Тунайча, отмечена в оз. Айнское (Боруцкий, Богословский, 1964). Вероятно, как минимум часть этих указаний относятся и к *K. eichwaldi*. Данный вид (по Кутиковой *Keratella cruciformis eichwaldi*) встречается при пониженной солености (1,48–5,72‰) (Кутикова, 1970).

Экземпляры из оз. Тунайча (**рис. 41**) почти полностью (за исключением несколько большей длины средних шипов) соответствуют описанию формы в определителе (Кутикова, 1970) – длина панциря составляет 145–154 мк, ширина – 90–91 мк, средних шипов – 24–25 мк, промежуточных – 14–16 мк, боковых – 13–15 мк.

Встречается в озере круглый год. В годовом ходе численности отмечаются два пика, первый из которых приходится на середину июня – начало июля, второй – на начало августа. Максимальная численность отмечена для первого пика. Второй пик значительно меньше, и в годы с холодным летом (2002 г.) может быть совсем не выражен.

### Пространственная структура зоопланктона

В августе 2001 г. был проведен послыйный лов зоопланктона – над и под хемоклином. В результате обработки полученных проб было выяснено, что зоопланктон в монимолимнионе полностью отсутствует. В связи с однородностью миксолимниона как в гидрологическом, так и гидрохимическом аспектах, вызванных практически постоянным волновым перемешиванием, послыйного лова внутри миксолимниона не проводили.

По дендрограмме ценотического сходства (**рис. 42**) выделяется одно основное пелагическое и четыре прибрежных сообщества, объединенных на уровне сходства 30%.

Сообщество “*Sinocalanus tenellus*” занимало в августе всю пелагиаль водоема (**рис. 43**). Массовые виды именно этого сообщества (**табл. 9**) формировали основную биомассу зоопланктона озера, которая достигала максимальных значений – 1 744 мг/м<sup>3</sup> в восточном куту озера и минимальных – 5,11 мг/м<sup>3</sup> – на каменистой отмели у о. Птичий. Индекс видового разнообразия в сообществе – 0,86/0,84 бит/вид (здесь и далее по тексту при указании индекса видового разнообразия в числителе – значение показателя по численности, в знаменателе – по биомассе).

По численности преобладали старшие копеподиты и половозрелые особи синокалянуса. Доминирующий вид в среднем достигал 80,5% от общей биомассы и 79,5% численности сообщества. Отмечено высокое сходство картин распределения по озеру общей биомассы зоопланктона и численности синокалянуса, что позволяет считать последнего ключевым видом сообщества зоопланктона озера в этот период.

Субдоминанты (характерные виды II порядка) – *Ergasilus* spp. (с преобладанием *E. wilsoni*), *Alona rectangula* s. lato. Sars, 1862 и *E. dilatata dilatata* встречались наиболее массово в краевых участках сообщества, на границе с прибрежными. В целом, в сообществе пре-

обладали эупланктические и пелагические меропланктические формы. Температура, соленость и водородный показатель в связи с незначительными колебаниями значений по площади практически не оказывали воздействия на распределение зоопланктеров пелагиали по озеру. Основную роль, видимо, имели ветровое и волновое перемешивание, что подтверждается большими скоплениями зоопланктеров у южного (наветренного) берега озера.

Свободные от растительности или слабо заросшие рдестами мелководья занимало в основном прибрежное сообщество “Nagracticoida” (см. рис. 43; табл. 10). В сообществе преобладали различные гарпактициды (64,4% общей биомассы) с преобладанием *Schizopera paradoxa* (Daday, 1904) и *Nitokra* sp. Численность организмов в данном сообществе сильно колебалась – от 90 до 11 150 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0,9 до 29,2 мг/м<sup>3</sup>. По численности преобладали коловратки *Notholca acuminata* Oloffson, 1918 и *F. longiseta*, в сумме формируя до 43,7% общей численности сообщества. Индекс видового разнообразия сообщества составлял 1,52/0,81 бит/вид.

Близко к предыдущему сообщество “*Chydorus sphaericus*” (см. рис. 43; табл. 11), характерное для прибрежных зарослей макрофитов. Доминировал как по численности (76,7% от общей), так и по биомассе (84,5%) *Ch. sphaericus* s. lato. Численность организмов варьировалась от 25 170 до 54 700 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 2 667,7 до 893,7 мг/м<sup>3</sup>. Это единственное сообщество, где доминирующую роль играли кладоцеры. Видовой состав в нем был самый бедный среди выделенных сообществ – всего 7 видов. Индекс видового разнообразия составлял 0,78/1,21 бит/вид.

Сообщество “*Ergasilus*” (см. рис. 43; табл. 12) отличалось повышенной численностью (до 5 165 экз./м<sup>3</sup>) свободноплавающих копепоидов жаберных паразитов рыб рода *Ergasilus*, с преобладанием *E. wilsoni*. Оно было приурочено к зарослям макрофитов и кладофоры. Численность организмов колебалась от 9 530 до 18 400 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 28,4 до 52,8 мг/м<sup>3</sup>. По численности (44,9% от общей) в сообществе преобладали *E. dilatata dilatata*. Сообщество формировали 10 видов. Индекс видового разнообразия – 0,85/0,61 бит/вид. Существование в озере сообщества зоопланктеров с преобладанием паразитических копепоид позволяет говорить о высокой зараженности рыб водоема жаберными паразитами.

Близко к последнему сообщество “*Euchlanis dilatata*” (см. рис. 43; табл. 13), формировавшееся в основном в зарослях урути и роголистника. Особенно было развито в приустьевой части озера и в истоке пр. Красноармейская. От предыдущего отличается значительно мень-

шим количеством эргазилид (0,2%) и большей долей *E. dilatata dilatata* (92% общей численности и 70,1% биомассы). Численность организмов в пределах сообщества колебалась от 10 460 до 47 530 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 20,9 до 104,7 мг/м<sup>3</sup>. Индекс видового разнообразия – 1,89/1,27 бит/вид.

Прибрежные сообщества, приуроченные к зарослям макрофитов, занимают ограниченное пространство и не играют существенной роли в формировании общей биомассы зоопланктона озера. Основным сообществом озера является пелагическое.

В целом, в озере доминировали коловраты. Коловратки и ветвистые превалировали только в двух прибрежных сообществах. Максимальные биомассы отмечены для пелагического сообщества. Для литоральных сообществ характерны как прибрежные (*Ch. sphaericus* s. lato, *E. dilatata dilatata*), так и пелагические (*S. tenellus*) виды, с преобладанием первых.

Внутри сообществ виды также распределены весьма неравномерно. Неравномерность наиболее выражена в прибрежных частях, что связано с многообразием условий обитания на литорали озера, в то время как пелагиаль более однородна.

## Сезонная динамика зоопланктона

### Сезонная динамика пелагического сообщества

Сезонную динамику зоопланктона озера рассматривали только для пелагического сообщества озера как самого крупного и основного формирующего большую часть биомассы зоопланктона.

На графике сезонной динамики плотности (**рис. 44**) выделяются три пика численности организмов зоопланктона, разделенных периодами пониженных значений показателя, совпадающими со сменой доминирующих форм в сообществе. Выделяемые пики плотности соотносятся с тремя этапами сезонного развития пелагического сообщества микро- и мезозоопланктона озера.

#### Этап 1: “*Synchaeta lakowitziana*”

Длится, видимо, большую часть зимы и до достижения водами миксолимниона температуры 12 °С в конце мая – начале июля (см. **рис. 44; рис. 45**). На этом этапе развития зоопланктонного сообщества пелагиали доминируют коловратки *S. lakowitziana* (**табл. 14**). В целом, как по численности (95,4%), так и по биомассе (94,4%) в этот период в сообществе превалируют коловратки. Средняя по станциям численность организмов подо льдом составляет 1 100 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,9 мг/м<sup>3</sup>. После таяния льда показатели обилия зоопланктона повышаются, достигая максимума к середине мая (до 127 620 экз./м<sup>3</sup> и 100,7 мг/м<sup>3</sup> в

2003 г.). К концу мая – началу июня, по достижении верхними слоями воды температуры 12 °С, из планктона исчезают *S. lakowitziana*, численность организмов резко снижается, что знаменует завершение этапа. Видимо, именно момент перехода температуры активного слоя через 12 °С можно признать для озера началом биологического лета.

#### Этап 2: “*Keratella eichwaldi* – *Sinocalanus tenellus*”

На втором этапе развития зоопланктонного сообщества пелагиали в пробах встречается также 6 видов зоопланктона, но относящихся уже к трем группам (добавляются моллюски) (табл. 15). На этом этапе в сообществе по-прежнему доминируют коловратки (70,8% общей биомассы и 95,1% численности). Данный этап наблюдается всего около месяца – до первых чисел июля, но отличается крайне высокой численностью организмов (до 368 800 экз./м<sup>3</sup>), формирующейся коловраткой *K. eichwaldi*. Биомасса сообщества в середине июня достигает 250,6 мг/м<sup>3</sup>. С начала июня зоопланктонное сообщество постепенно трансформируется в следующую фазу. Основной доминант – *K. eichwaldi*, плавно снижаясь в численности, отмечается в планктоне до конца июля, позднее встречается единично.

#### Этап 3: “*Sinocalanus tenellus*–*Eurytemora affinis*”

Развивается с начала июля и до ледостава, существуя, вероятно, еще какое-то время подо льдом. Начало этапа совпадает с началом резкого роста численности велигеров *A. lutea* (табл. 16). В данный период сообщество включает 16 видов, относящихся к четырем группам, – к имевшимся в предыдущую фазу группам добавились кладоцеры. Основу плотности и биомассы сообщества формируют копеподы (72,1 и 94,3% соответственно). Доминантом сообщества, численность которого составляет 60,0% от общей (в основном за счет науплиев), а биомасса – 59,8% (в основном за счет копеподитов), в этот период является *S. tenellus*. С середины сентября плотность *S. tenellus* плавно снижается: к началу ноября из планктона исчезают его науплии, в середине ноября практически исчезают младшие копеподиты и остаются только половозрелые особи, но и их число снижается к концу ноября. Сходно с *S. tenellus* протекает развитие *E. affinis*, но ее количественные показатели ниже (12,0% по численности и 33,2% по биомассе). Как и у *S. tenellus*, пик численности сформирован в основном науплиями, биомассы – старшими копеподитами.

В более теплое 2003 г. с июля и почти до конца сентября в планктоне появлялись велигеры *A. lutea* (442 экз./м<sup>3</sup> в среднем по озеру). К середине октября численность *A. lutea* заметно снижалась, и в ноябре она

практически исчезла из планктона. Только в августе–сентябре теплых лет (2001, 2003 гг.) в озере встретились велигеры корбикулы, которые достигали численности 190 экз./м<sup>3</sup> и биомассы 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Динамика биомассы в Тунайче зависит от динамики температуры воды. Отмечена достоверная корреляция (0,66) кривых биомассы и температуры в 2002 г., максимум биомассы и температуры совпали. В 2003 г. с июня численность и биомасса зоопланктона росли вместе с повышением температуры, достигая максимума в июле, после чего температура продолжала расти, а количественные показатели зоопланктона начинали резко падать. Наиболее заметно это падение было в Малой Тунайче. Оно связано с наблюдавшимся бурным «цветением» в августе 2003 г. токсичной синезеленой водоросли *Anabaena spiroides* (до 4 млн кл./л), которое, в свою очередь, вызвало заморные явления, приведшие к резкому снижению численности организмов зоопланктона. В Малой Тунайче «цветение» было особенно выражено в связи с влиянием стока основных рек бассейна – Комиссаровки и Подорожки. Реки, принося заметное количество терригенного материала (как органического, так и минерального), способствуют вспышкам «цветения».

Анализируя сезонную динамику индекса видового разнообразия, можно заметить, что его пики приходились на периоды смены сезонных сообществ и на момент смены позиций доминантов в летнем сообществе. Именно в эти моменты численность доминирующих видов была минимальна, а видовое разнообразие – максимально за счет повышения роли второстепенных видов и, соответственно, увеличения выравненности. Наоборот, для стабильного периода существования сообществ в озере было характерно большее количество доминант, незначительная роль второстепенных видов и, соответственно, низкая выравненность и минимальные значения индекса видового разнообразия.

Роль моллюсков особенно повышалась в теплые годы. В отличие от 2003 г., в 2002 г. в пелагиали отсутствовали *F. longiseta*, *P. inopinus*, а также велигеры *C. japonica*. Отличия, вероятно, обусловлены разницей температуры активного слоя в теплый период года. Кладоцеры (*Ch. sphaericus*) не вносили заметного вклада в количественные показатели планктоценоза озера, встречаясь единично.

#### Сезонная динамика массовых групп зоопланктона озера

Для копепод весной и в начале лета наблюдалось относительно равномерное увеличение их численности по акватории водоема до августа, несколько нарушаемое, вероятно, неравномерным ветровым перемешиванием вод миксолимниона (**рис. 46**). Начиная с августа в водах Малой Тунайчи резко понижалась численность копепод. Понижение

связано с «цветением» синезеленых по всей акватории Малой Тунайчи, наблюдавшимся также в западной части Большой Тунайчи. В результате количество копепод возрастало по направлению к восточному куту Большой Тунайчи. Особенно заметно сказывалось «цветение» на численности копеподитов и половозрелых особей, количество науплиев снижалось незначительно, что говорит об их большей устойчивости к токсикантам, выделяемым *A. spiroides*. Численность и биомасса копепод зависят от температуры миксолимниона озера, наблюдается достоверная корреляция кривых средней температуры с кривыми средних по озеру численности и биомассы копепод: для зуритеморы – 0,67 и 0,60 соответственно; для синокалянуса – 0,76 и 0,62.

Протока Красноармейская, будучи достаточно мелководной, прогревается несколько раньше самого озера, и весной рост численности копепод начинается в ней несколько раньше (на неделю-две). Протока – система динамичная, в результате ход численности копепод в ней значительно осложняется течениями, волнением и постоянным изменением русла в месте отбора проб. Наибольшее количество копепод в ней было отмечено в августе (2002 г. – первая половина месяца, 2003 г. – вторая половина месяца) и второй половине сентября. Заморные явления, характерные для августа–октября в Малой Тунайче, здесь не проявляются, в результате августовская численность копепод здесь близка к таковой для восточного кута озера.

Развитие коловраток в озере можно разделить на два периода – в первый в озере резко преобладает *S. lakowitziana*. В небольших количествах данный вид встречается подо льдом. После освобождения акватории озера ото льда вместе с ростом температуры начинается рост численности коловратки, достигающий максимума (66 020 экз./м<sup>3</sup> в 2002 г. и 179 200 экз./м<sup>3</sup> в 2003 г.) в середине мая при повышении температуры миксолимниона до 7 °С. Дальше, с продолжающимся ростом температуры, численность *S. lakowitziana* снижается, и при достижении миксолимнионом температуры 12 °С вид почти полностью исчезает из озера. В течение всего оставшегося года данный вид встречается единично на отдельных станциях. Распределение по озеру у коловратки довольно равномерное, однако в 2002 г. она несколько преобладала в Малой Тунайче, а в 2003 г. – в Большой Тунайче. Отмечена достоверная корреляция (0,68) кривых годового хода численности *S. lakowitziana* и золотистых водорослей, которая, видимо, определяется одинаковым отношением коловраток и микроводорослей отдела к температуре воды.

Рост численности *K. eichwaldi* начинался в начале мая, но до достижения водами миксолимниона температуры 12 °С (до окончания первого этапа развития зоопланктонного сообщества) количество ко-

ловраток увеличивалось незначительно (до 10 060 экз./м<sup>3</sup>). По завершении первого этапа развития сообщества (исчезновение из озера *S. lakowitziana*) численность керателлы начинала резко расти, достигая в середине июня – начале июля в Малой Тунайче 130 000 экз./м<sup>3</sup>. В Большой Тунайче численность керателлы в указанный период составляла 500 000 экз./м<sup>3</sup> в 2002 г. и 300 000 экз./м<sup>3</sup> в 2003 г. В пр. Красноармейская в 2003 г. в это время отмечена рекордно высокая численность *K. eichwaldi* – до 1 500 000 экз./м<sup>3</sup>; в 2002 г., как и в Малой Тунайче, показатель не превышал 130 000 экз./м<sup>3</sup>. Ко второй половине июля количество особей резко снижается почти до нуля (отмечаются единичные экземпляры). С первых чисел августа в 2003 г. отмечен второй подъем численности, не такой значительный, как первый, – к первой половине сентября в восточной части Большой Тунайчи численность достигла 148 000 экз./м<sup>3</sup>, на прочей акватории находилась в пределах 40 000–70 000 экз./м<sup>3</sup>. В 2002 г. подъем был выражен слабо и наиболее заметен только в середине августа в пр. Красноармейская. С начала октября и до конца ноября (т. е. до ледостава) коловратка встречалась единично на отдельных станциях.

Таким образом, численность коловраток первого этапа развития сообщества зоопланктона практически полностью формировалась синхетой, а второго – керателлой. Значение коловраток на третьем этапе невелико (рис. 47).

Среди моллюсков к массовым формам планктона можно отнести только велигеров *A. lutea*. Личинки данного вида в период исследований в оз. Тунайча имели невысокую численность (максимум – до 2 358 экз./м<sup>3</sup>). Распределение велигеров по озеру носило неравномерный характер, связанный, видимо, с неравномерным размножением моллюсков в разных частях озера (рис. 48).

Появляться в планктоне личинки ассиминей в 2003 г. начинали в протоке, где к середине июля достигали численности 1 570 экз./м<sup>3</sup>, в самом озере в это время их численность была невелика и не превышала 100 экз./м<sup>3</sup>. В 2002 г. рост численности в протоке не отмечен. На основной акватории озера в 2002 и 2003 гг. велигеры начинали заметно развиваться с начала июля, знаменуя наступление третьего этапа развития сообщества. Наиболее массовое скопление в 2002 г. отмечено в Малой Тунайче (до 330 экз./м<sup>3</sup>), а в 2003 г. – в центральной части Большой Тунайчи (до 560 экз./м<sup>3</sup>). Максимум численность личинок достигала в первой половине августа в краевых частях (станции 30 и 6) Большой Тунайчи.

Проведенный анализ сезонной динамики численности и биомассы позволил выявить корреляцию кривых плотностей для ряда видов.

Корреляция кривых численности и биомассы разных видов говорит об их сходном реагировании на факторы среды и позволяет выделить экологически сходные виды. Сходство выражено с помощью графов (рис. 49). Виды, имеющие корреляцию кривых от 0,55 до 0,75, соединены одной линией, более 0,75 – двумя.

#### Трофическая характеристика зоопланктона и его продукция

По типу принятия пищи на основе типизации А. В. Монакова (Монаков, 1998) в планктоне озера можно выделить: а) фильтраторов – все Calanoida и Cladocera, велигеры моллюсков; б) собирателей – Harpacticoida и, вероятно, сфагнофильные Cyclopoida (*Diacyclops nanus* Sars, 1863, *D. languidoides* Lilljeborg, 1901, *D. crassicaudis* Sars, 1863); в) хватателей – пелагические и литоральные Cyclopoida (*Mesocyclops leuckarti* Claus, 1857, *D. bicuspidatus*, *Halicyclops* sp.), вероятно, к этой же группе относятся коловратки, способные активно захватывать и удерживать пищу (*S. lakowitziana*); г) вертикаторов – большая часть коловраток.

Достоверные данные по пищевому предпочтению для многих зоопланктеров оз. Тунайча отсутствуют. Можно только предположить тип питания по строению ротового аппарата при сопоставлении с близкородственными видами. По пищевому предпочтению в озере резко преобладают нехищные формы (фито-, триптоно- и детритофаги), к факультативным зоофагам, по аналогии с близкими видами рода, можно, вероятно, отнести *E. affinis*. Часть литоральных коловраток и циклопов (вероятно, *D. languidoides* и *D. nanus*) относятся к полифагам. Обязательных хищников можно найти только на литорали, среди зарослей водной растительности – это половозрелые особи *D. bicuspidatus* и *M. leuckarti* (молодь данных видов, скорее, относится к полифагам), а из коловраток – *Trichocerca capucina* (Wierzejski et Zacharis, 1893).

На современном этапе развития озера в планктоне открытой пелагиали отсутствуют облигатные хищники. Ранее в водоеме в больших количествах обитали хищные морские литоральные кладоцеры – *Podon leuckarti* Sars, 1862 и *Evadne nordmani* Loven, 1835, но в связи с опреснением вод озера ниже пределов критической солености на данный момент все морские виды полностью выпали из планктона озера. В пресноводных озерах, имеющих связь с оз. Тунайча, нами отмечена *Leptodora kindtii* Focke, 1844. Этот факт, с известной долей вероятности, позволяет утверждать, что при продолжающемся снижении солености отсутствие в водах озера хищных планктеров – явление временное, связанное с недавним выходом вод озера из хорогалинной зоны.

В планктоне озера также встречаются паразитические копеподы рода *Ergasilus* (преобладает *E. wilsoni*) на свободноплавающей стадии.

Расчет точных значений величины продукции сообществ зоопланктона озера на сегодняшнем этапе изучения водоема затруднено. Это связано с отсутствием четких представлений о сезонных циклах большинства организмов зоопланктона озера и точных данных по трофической структуре сообществ и их пищевых цепях. В результате, очень приблизительные данные о продукции зоопланктона пелагиали озера можно получить, только рассчитав физиологическим методом продукцию доминирующих форм. Как было установлено ранее, доминируют в зоопланктоне озера в разное время четыре вида – *S. lakowitziana*, *K. eichwaldi*, *S. tenellus* и *E. affinis*. Учитывая, что *E. affinis* – эврифаг, продукцию сообщества в целом будем считать, вычитая половину рациона ее половозрелых особей и старших копеподитов из суммарной продукции доминирующих видов.

Кривые хода суточной продукции видов во многом повторяют кривые их биомасс, однако соотношение значений продукции между видами несколько иное, чем соотношение биомасс. Как и для сезонной динамики плотности, для сезонной динамики продукции доминантов характерны те же тенденции – на первом этапе развития сообщества по величине продукции доминирует *S. lakowitziana*, на втором – *K. eichwaldi*, а на третьем этапе лидерство переходит к копеподам, с ведущей ролью *S. tenellus*.

Продукция первого этапа развития сообщества более чем на 90% формируется коловраткой *S. lakowitziana*. Для нее характерны невысокие показатели продукции, в среднем не превышающие в 2002 г. 2,0 кал/м<sup>3</sup> в сутки, а в 2003 г. – 6,6 кал/м<sup>3</sup> в сутки. Наибольшие значения величины продукции для этого вида (9,8 кал/м<sup>3</sup> в сутки) были отмечены в 2003 г. в восточном куту озера.

Максимальных значений в годовом ходе достигает продукция коловраток на втором этапе развития зоопланктонного сообщества – *K. eichwaldi* – в среднем 21,7 кал/м<sup>3</sup> в сутки в 2002 г. и 22,1 кал/м<sup>3</sup> в сутки в 2003 г. Наибольшие значения отмечены в западной части Большой Тунайчи – 33,9 кал/м<sup>3</sup> в сутки, а в пр. Красноармейская – даже 119 кал/м<sup>3</sup> в сутки.

На протяжении всего третьего этапа по продукции доминируют копеподы. Максимум продукции синокалянуса приходится на конец июля – первую половину августа, в 2002 г. она в среднем достигает 13,1 кал/м<sup>3</sup> в сутки, в 2003 г. – 15,9 кал/м<sup>3</sup> в сутки. Наибольшее значение (32,8 кал/м<sup>3</sup> в сутки) отмечено в озере в начале сентября в центральной части Большой Тунайчи. В пр. Красноармейская в начале августа 2003 г. были отмечены еще большие значения, чем в озере, – 82,4 кал/м<sup>3</sup> в сутки.

Показатели продукции эуритеморы заметно ниже, чем у синокалянуса. В 2002 г. максимум продукции *E. affinis* (в среднем 3,8 кал/м<sup>3</sup> в сутки) выпал на середину сентября, в 2003 г. – на первую половину августа (в среднем 7,3 кал/м<sup>3</sup> в сутки), достигая в центральной части Большой Тунайчи величины 13,2 кал/м<sup>3</sup> в сутки, а в пр. Красноармейская – 33,8 кал/м<sup>3</sup> в сутки.

Биологическая весна полностью совпадает с первой фазой развития сообщества. Половозрелые особи эуритемор присутствуют в планктоне единично, не вызывая заметного снижения продукции сообщества. Продукция сообщества в этот период (55,23 кал/м<sup>3</sup> в 2002 г. и 205,48 кал/м<sup>3</sup> в 2003 г.) приблизительно равна суммарной продукции всех видов (55,62 кал/м<sup>3</sup> и 217,93 кал/м<sup>3</sup> соответственно).

Период биологического лета включает в себя вторую и часть третьей фазы развития сообщества. Максимальные значения суточной продукции, как уже отмечалось выше, отмечены для *K. eichwaldi*, однако непродолжительный период вспышки численности этого вида не позволяет отвести ему лидирующую роль в формировании летней продукции зоопланктона пелагиали. Максимальную среди прочих видов продукцию формирует *S. tenellus* – 801,93 кал/м<sup>3</sup> в 2002 г. и 1 000,53 кал/м<sup>3</sup> в 2003 г. Летом повышается количество половозрелых особей и старших копеподитов *E. affinis*, соответственно повышается доля рациона факультативных хищников в сообществе. Увеличивается разница между суммой продукции доминантов (1 494,15 кал/м<sup>3</sup> в 2002 г. и 2 293,64 кал/м<sup>3</sup> в 2003 г.) и продукцией сообщества (1 102,38 кал/м<sup>3</sup> и 697,52 кал/м<sup>3</sup> соответственно). Разница особенно заметна в 2003 г., что связано с большей численностью эуритемор.

Наибольшей разницы суммарная продукция (286,69 кал/м<sup>3</sup> в 2002 г. и 423,95 кал/м<sup>3</sup> в 2003 г.) и продукция сообщества (38,78 кал/м<sup>3</sup> и 87,26 кал/м<sup>3</sup> соответственно) достигают осенью, когда доля *E. affinis* в численности сообщества максимальна, что особенно заметно в начале осени, после августовского «цветения» синезеленых водорослей.

#### Изменения зоопланктонного сообщества озера в процессе опреснения

Для анализа изменения видового состава зоопланктона составлен сводный список видов (табл. 17), полученный путем объединения таковых для всех имеющихся в литературе источников за хорогалинский период. Если отбросить встреченные в устьях рек пресноводные виды и допустить, что указанная в литературе *Synchaeta* sp. соответствует найденной при современном состоянии озера *S. lakowitziana*,

*Keratella cruciformis* – *K. eichwaldi*, *Ergasilus* sp. – *E. wilsoni*, личинки Gastropoda – *A. lutea*, сходство видовых списков по Жаккару–Алехину составит 28,2%. Надо учитывать, что приведенные списки не полны, и проведенное сравнение нужно рассматривать как весьма приблизительное.

К наиболее важным изменениям, произошедшим после расплескивания вод миксолимниона ниже пределов критической солености, относится выпадение из планктоценоза всех морских неритических видов – кладоцер *P. leuckarti* и *E. nordmani*, гарпактицид рода *Tachidius* и каляниды *Eurytemora thompsoni* Willey, 1923. С исчезновением из озера указанных выше хищных ветвистоусых планктон пелагиали озера остался без облигатных хищников. Для пресноводных хищников (*L. kindtii*), обитающих в придаточных водоемах озера, соленость вод озера все еще слишком высока. С исчезновением морских кладоцер в водоеме резко уменьшилась доля мезопланктона; из обитающих сейчас в озере планктеров размеры более 1 мм (до 1,3 мм) имеют только половозрелые особи копепод. Преобладает микропланктон. В отчетах по съемкам 1989–1990 гг. (Геоморфолого-экологические исследования..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991) приводится вид *Eudiaptomus gracilloides* (Lilljeborg, 1888) (достигающий в пелагиали озера численности до 960 экз./м<sup>3</sup>), отсутствующий в собранных нами пробах. В тех же отчетах не указана отмеченная нами *P. inopinus*. Нужно отметить, что *E. gracilloides* – скорее, пресноводный вид, а *P. inopinus* – эвригалитный. Произошедшее снижение солености не могло привести к исчезновению первого и появлению второго вида. Наиболее вероятным нам кажется ошибочное определение авторами указанных выше отчетов *P. inopinus* как *E. gracilloides*. Ошибка определения, возможно, была вызвана наличием в водоеме описанных нами атипичных форм самок *P. inopinus* без характерных шипов на фурках.

Сравнивая графики хода численности доминирующих копепод – *S. tenellus* и *E. affinis* по стадиям за 1989 г. с таковыми для 2002 и 2003 гг. (рис. 50–53), можно отметить заметное сходство кривых. Особенно ярко выражено сходство для кривых численности половозрелых особей обоих видов за 1989 и 2003 гг. (корреляция кривых численности для *S. tenellus* составляет 0,69, для *E. affinis* – 0,78) и науплиев синокалянуса (корреляция с кривой численности – 0,70). Разброс вершин пиков находится в пределах межгодовых изменений для 2002 и 2003 гг. Бóльшее сходство с кривыми 2003 г. объясняется схожими погодными условиями в эти годы – и в 1989 г., и в 2003 г. отмечались холодная весна и теплое лето, в 2002 г., наоборот, весна была солнечной и теплой,

а лето – дождливым и холодным. В конце июля 1989 г. была отмечена температура миксолимниона 25 °С, температура во время наших исследований не превышала 18 °С. С более высокими летними температурами связана и более высокая численность копепод во время летних пиков 1989 г.

В целом, необходимо отметить, что понижение солёности вод озера не повлияло сколько-нибудь заметно на сезонную динамику численности массовых эвригалинных веслоногих раков. Межгодовые отличия кривых численности и биомассы данных видов в значительной мере обусловлены разницей хода температур миксолимниона в разные годы.

Сравнивая динамику плотности моллюсков в 1989, 2002 и 2003 гг., отметим очень высокую численность (до 6 300 экз./м<sup>3</sup>) в 1989 г. велигеров двустворчатых моллюсков, тогда как в 2002 г. они встречались лишь единично в конце августа, а в 2003 г. достигали численности только 181 экз./м<sup>3</sup> в сентябре, полностью отсутствуя все оставшееся время года. Только в августе теплого (температура миксолимниона составляла до 25 °С) 2001 г. отмечена средняя по станциям численность велигеров 150 экз./м<sup>3</sup> (на отдельных станциях до 1 020 экз./м<sup>3</sup>). В 1989 г. велигеры двустворок начали появляться в планктоне с начала июня. Можно указать две возможные причины резкого снижения численности личинок моллюсков в последние десятилетия.

Первая причина – наличие в водоеме в хорогалинный период трех видов двустворок – *S. japonica* (42,6% от общей численности двустворок в бентосе озера), *Potamocorbula amurensis* (Schrenck, 1867) (19,8%) и *Macoma balthica* (L., 1758) (37,6%) (Иванков и др., 1999). Все три вида имеют планктонную личинку. С понижением солёности вод до олигогалинных второй и третий виды почти полностью исчезли из озера.

Вторая причина – размножение единственного оставшегося в озере вида двустворок – корбикулы – привязано к высоким температурам воды (более 17 °С) (Лабай и др., 2003). В холодном 2002 г. температура не превышала 17,5 °С, и размножение корбикулы практически не наблюдалось. Два других, ныне почти вымерших в оз. Тунайча вида, менее теплолюбивы и способны размножаться при гораздо меньших температурах воды, что подтверждается их широкой встречаемостью в заливах северного Сахалина (Кафанов и др., 2003). Вероятно, именно их велигеры развивались в 1989 г. с первых чисел июня, когда вода прогревалась только до 7 °С.

В результате, высокая численность велигеров *Bivalvia* в планктоне озера в 1989 г. объясняется теплым летом (температуры 17 °С воды миксолимниона достигают уже в начале июля) и, соответственно, массовым размножением в теплое время года *S. japonica*, а также присут-

ствием в течение всего лета в планктоне личинок еще двух видов, один или оба из которых начинают размножаться уже в июне.

Личинки Gastropoda представлены в планктоне озера только велигерами эвригалинной *A. lutea*. Сколько-нибудь значительных изменений в связи со снижением солености в популяции данного вида не отмечено. Во второй половине июля 1989 г. численность личинок брюхоногих моллюсков достигала 640 экз./м<sup>3</sup>. В 2002 г. отмечена численность 230 экз./м<sup>3</sup>, а в 2003 г. – 440 экз./м<sup>3</sup> в среднем по станциям, достигающая на отдельных станциях значений 520 и 2 360 экз./м<sup>3</sup> соответственно.

Таким образом, к изменениям, произошедшим в результате понижения солености вод миксолимниона, следует отнести выпадение из биоценоза озера морских двустворок – *P. amurensis* и *M. balthica*, приведшее к заметному понижению доли личинок *Bivalvia* в планктоне.

Состав коловраток пелагиали с понижением солености, судя по отчетам Э. Р. Чернышевой (Материалы по зоопланктону..., 1978; К исследованию зоопланктона..., 1981), заметных изменений не претерпел. Как и в наше время, в 1977–1980 гг. в пелагиали озера отмечались *K. cruciformis* (вероятно, *K. eichwaldi*), *Synchaeta* sp. (вероятно, *S. lakowitziana*), *Polyarthra dolichoptera dolichoptera* Idelson, 1925. Кроме перечисленных видов в пелагиали озера тех лет был отмечен *Brachionus budapestiensis* Daday, 1885, не встреченный нами в пробах 2001–2003 гг. Данному факту трудно найти объяснение, поскольку данный вид характерен для пресных эвтрофных водоемов (Кутикова, 1970), и понижение солености не могло напрямую привести к его исчезновению из вод озера.

В целом, данные по коловраткам озера в хорогалинный этап крайне фрагментарны. Э. Р. Чернышева (Материалы по зоопланктону..., 1978; К исследованию зоопланктона..., 1981) для пелагиали озера тех лет отмечает следующие значения численности коловраток: июль 1977 г. – 130 экз./м<sup>3</sup>, июнь 1980 г. – 200 экз./м<sup>3</sup>; для литорали: июль 1977 г. – 40 экз./м<sup>3</sup>, 1978 г. – 1 000 экз./м<sup>3</sup>, июнь 1980 г. – 6 300 экз./м<sup>3</sup>. По нашим данным, в пелагиали озера в июне 2002 г. отмечается средняя численность коловраток 349 638 экз./м<sup>3</sup>, в июле – 37 558 экз./м<sup>3</sup>, в 2003 г. в июне – 8 130 экз./м<sup>3</sup>, а в июле – 268 800 экз./м<sup>3</sup>. Именно на этот период приходится массовое развитие *K. cruciformis*.

Столь значительные расхождения между нашими данными и данными Э. Р. Чернышевой могут быть вызваны рядом причин:

1) Использование разных орудий лова (мы использовали для отбора коловраток батометр, Э. Р. Чернышева – малую модель сети Джели с газом № 68) не может полностью объяснить такой разницы.

2) Наличие в то время в озере хищных кладоцер, способных частично выедать коловраток.

3) Вероятная пищевая конкуренция с велигерами ныне исчезнувших из озера видов двустворчатых моллюсков. Данные объяснения не выходят за рамки гипотез или предположений.

В результате сукцессии видовой состав претерпел заметные изменения, связанные в первую очередь с выпадением из сообществ всех морских видов, не способных выдержать соленость ниже критической. Вместе с тем состав доминирующих видов не изменился – доминантом, как и до опреснения, является *S. tenellus*. Его численность, а также численность *E. affinis* в результате опреснения практически не изменилась, отличия вполне укладываются в рамки межгодовых колебаний численности, связанных в основном с различием температуры воды миксолимниона разных лет. Все это позволяет утверждать – биомасса зоопланктона озера после опреснения заметных изменений не претерпела.

## ГЛАВА 8. МАКРОБЕНТОС

Вячеслав Степанович Лабай,  
Михаил Геннадьевич Роготнев

В 1989–1991 гг. ДВГУ совместно с Сахалинским отделением ТИНРО провел комплексные геолого-экологические исследования оз. Тунайча (Геоморфолого-экологические исследования..., 1989; Гидрохимические и гидробиологические..., 1990; Геоэкология озера..., 1991). Именно по результатам этих исследований составлено первое и в то же время достаточно полное описание донной биоты озера (Иванков и др., 1999).

Во время исследований 1989–1991 гг. было отмечено, что прибрежная полоса озера шириной в несколько сотен метров занята зарослями макрофитов, произрастающих на глубине от 0,5 до 5–8 м; преобладали рдесты и уруть, на которых эпифитами произрастали зеленые нитчатые водоросли. Зарослевая фауна была представлена сообществом бокоплавов (преимущественно *Eogammarus*), изопод *Gnorimosphaeroma*, гастропод, двустворок и личинок хирономид, плотность которых превышала 60 000 экз./м<sup>2</sup>\*. Средняя плотность организмов бентоса на грунтах, поросших макрофитами, достигала 83 000 экз./м<sup>2</sup>, а на участках без растительности – 22 000 экз./м<sup>2</sup>. Минимальные количественные показатели характеризовали илистые грунты, на которых обнаружены олигохеты, нематоды и личинки хирономид – 2 000 экз./м<sup>2</sup>; 2 г/м<sup>2</sup>. Максимальная биомасса отмечена для песчаных грунтов – до 1,3 кг/м<sup>2</sup>, что обусловлено массовым развитием японской корбикулы. Наибольшие количественные

---

\* Здесь и далее количественные данные более ранних авторов приводятся с учетом мейобентоса.

показатели обилия отмечены на мелководье среди зарослей растительности – до 83 000 экз./м<sup>2</sup>. Основное количество гидробионтов в зарослях образуют олигохеты, нематоды, изоподы и брюхоногие моллюски.

### Общая характеристика макробентоса

Основной задачей исследований макробентоса ФГУП «СахНИРО» в августе 2001 г. было описание изменений видового состава бентоса, основных донных сообществ и количественных характеристик бентоса на современном этапе развития озера.

Во время исследований в августе 2001 г. было обнаружено 57 видов и форм донных организмов. В действительности видовое разнообразие донных организмов было значительно больше, так как часть систематических групп (олигохеты, турбеллярии и др.) видовой идентификации не подвергались.

Морфологические части озера мало отличались друг от друга по видовому составу макробентоса (**рис. 54**), что обусловлено равномерностью распределения основных факторов среды в миксолимнионе. Действительное различие наблюдается единственно между составом донного населения на станциях 43, 49, 50, относящихся к северной, выходящей к морю части пр. Красноармейская, и на прочей акватории озера.

Различие видового состава выделенных кластеров объясняется различием гидрологическо-гидрохимического режима основной акватории озера и нижней, прилегающей к морю части протоки, где при смешении распресненных вод озера и морских вод образуются солоноватые воды, населенные специфичными солоноватоводными гидробионтами, представителями которых являются зеленые водоросли *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag., морская трава *Zostera nana* Roth, песчаный шримс *Crangon septemspinosa* Say, 1818 и др.

Прибрежные станции 33 и 38 (западный берег Малой Тунайчи) довольно сильно отличались по видовому составу бентоса от прочих. На этих станциях обнаружено присутствие ритробентоса, сносимого из рек Комиссаровка и Подорожка (личинки ручейников рода *Ecclisomyia*), а на ст. 38 достаточно велика роль насекомых – обитателей гниющей органики – личинок и куколок двукрылых насекомых семейств Psychodidae и Sepsidae, что, возможно, указывает на присутствие органического загрязнения.

Выделение основных донных сообществ макробентоса озера основано на дендрограмме сходства донных станций по ценолитическому индексу сходства (**рис. 55**). Было выделено 7 донных сообществ. Большинство из них (6) наблюдалось в прибрежном мелководье и в поясе

растительности. Основным донным сообществом озера, занимавшим большую часть его акватории, было сообщество с превалированием *Corbicula japonica* Prime, 1864.

#### **Сообщество “*Corbicula japonica*”**

Основным донным сообществом оз. Тунайча, по исследованиям в августе 2001 г., являлось сообщество “*Corbicula japonica*” (кластер 13, 37, 1, 36, 43, 39, 44, 9, 17, 8.1, 35, 21). Основополагающая роль сообщества в озере объясняется чрезвычайно широкой экологической валентностью доминирующего вида – японской корбикулы. Сообщество наблюдалось по всей акватории озера на глубинах от 0,4 до 12 м на грунтах всех типов при солености от 1,9 до 8,7‰.

Основу плотности донных беспозвоночных в сообществе формировали личинки комаров-звонцов (2 000 экз./м<sup>2</sup>, 38,9%) и двустворчатые моллюски (1 180 экз./м<sup>2</sup>, 23,0%). Основу биомассы сообщества создавали исключительно двустворчатые моллюски (613 г/м<sup>2</sup>; 91%). Преобладающим видом сообщества являются двустворчатые моллюски *C. japonica* (90,2% от общей биомассы). Среди характерных видов наиболее значительный вклад формирует рдест *Potamogeton pectinatus* L. (5%). К характерным видам относятся также нитчатые водоросли, рдесты *Potamogeton richardsonii* (A. Ben) Rydl., брюхоногие моллюски *Assiminea lutea* (A. Adams, 1861) и бокоплавы *Eogammarus kygi* (Derzhavin, 1923). Доминирующие, характерные и второстепенные виды первого порядка образуют ядро сообщества (99% общей биомассы; 15 видов). В целом, осредненные количественные характеристики сообщества составляют 5 135 экз./м<sup>2</sup>; 673 г/м<sup>2</sup>; 41 вид и форма.

Следующие сообщества относятся к зарослям макрофитов.

#### **Сообщество “*Myriophyllum spicatum*”**

В центральной части Большой Тунайчи в опресненных бухтах (ст. 27) наблюдались редкие заросли урути *Myriophyllum spicatum* L. (1,4 г/м<sup>2</sup>) при общей осредненной биомассе бентоса, равной 2 г/м<sup>2</sup>. Зарослевая фауна была представлена бокоплавами *E. kygi* и личинками хирономид *Psectrocladius* sp. и *Glyptotendipes gripekoveni* (Kieffer, 1913). Осредненная плотность составляла 238 экз./м<sup>2</sup>.

#### **Сообщество «рдестов»**

На отдельных участках Большой и Малой Тунайчи (ст. 34) формируются заросли водной растительности, где по биомассе преобладают 4 вида рдестов (95% от общей биомассы бентоса). Зарослевая фауна была представлена ракообразными, среди которых наиболее массовы

разноногие раки *E. kygi* (3,3% общей биомассы) и мизиды *Neomysis awatschensis* (Brandt, 1851) (0,3%), личинками комаров-звонцов с преобладанием *Gl. gripekoveni* (0,5%). Интегральные осредненные показатели обилия данного сообщества составляли 21 вид, 5 078 экз./м<sup>2</sup>, 191,119 г/м<sup>2</sup>.

#### **Сообщество “*Ceratophyllum demersum*+*Potamogeton richardsonii*”**

В южной части протоки, выше моста (ст. 46), заросли водной растительности сформированы роголистником и рдестом Ричардсона (общая биомасса составляла 99% от общей биомассы бентоса), из других компонентов значительный вклад вносили двустворчатые моллюски *C. japonica* (0,8%). Неизменным компонентом зарослевых группировок остаются бокоплавы *E. kygi*, изоподы *Gnorimosphaeroma ovatum* (Gurjanova, 1933), личинки комаров-звонцов с преобладанием *Gl. gripekoveni* и мелкие брюхоногие моллюски *A. lutea*. Данное сообщество слагали 14 видов донных гидробионтов с общей осредненной плотностью 3 620 экз./м<sup>2</sup> и биомассой 4 408 г/м<sup>2</sup>.

#### **Сообщество “*Zostera nana*”**

В приустьевой части протоки, ниже моста, в зоне воздействия осолоненных трансформированных вод основу зарослей макрофитов формировала *Z. nana* (95% от общей биомассы бентоса). Зарослевая фауна была представлена ракообразными: разноногими раками *E. kygi* (3,4% от общей биомассы) и изоподами *G. ovatum* (1,4%), личинками комаров-звонцов с преобладанием *Gl. gripekoveni* (0,5%). Осредненные количественные характеристики бентоса составляли: 14 видов, 3 859 экз./м<sup>2</sup>, 376 г/м<sup>2</sup>.

Несмотря на различия в составе доминирующего растительного компонента, основу зарослевой фауны рассмотренных группировок составляли ракообразные, преимущественно бокоплавы *E. kygi*, и водные стадии комаров-звонцов, среди которых преобладали *Gl. gripekoveni*.

Еще одна группа сообществ локализована на литорали озера.

#### **Сообщество «нитчатых водорослей»**

На литорали Тунайчи на песчаных – песчано-галечно-гравийных грунтах, при диапазоне солености от 0,9 до 2,3‰ наблюдалось сообщество с преобладанием нитчатых водорослей (кластер 15, 45, 4, 33, 38, 8.2). Основу численности донных беспозвоночных в сообществе формировали личинки комаров-звонцов (66%). Однако основной вклад в общую биомассу характеризовали нитчатые водоросли (95% от общей биомассы). Сообщество формировали 38 видов и форм донных

гидробионтов с интегральной осредненной плотностью 2 397 экз./м<sup>2</sup>, биомассой 178 г/м<sup>2</sup>. Преобладающей формой сообщества были нитчатые водоросли, преимущественно *Cladophora glomerata* (L.). Среди характерных видов наиболее значителен был вклад двустворчатых моллюсков *C. japonica* (3,8%). Доминирующие, характерные и второстепенные виды первого порядка формировали ядро сообщества (99,8%; 13 видов и форм).

#### **Сообщество “*Oligochaeta+Potamogeton richardsonii*”**

На мысах, отграничивающих Малую Тунайчу от Большой (ст. 28, 32), на галечных – каменисто-галечных грунтах, на глубине до 0,6 м, при солености 2,2–2,4‰ обнаружено сообщество с преобладанием малощетинковых червей и рдеста Ричардсона. Основу плотности донных беспозвоночных в сообществе формировали малощетинковые черви (82,3%). Основу биомассы сообщества создавали высшие водные растения (47,8%) совместно с малощетинковыми червями (38,6% от общей биомассы). Среди характерных видов наиболее значима уруть (9,8%). В целом, количественные характеристики сообщества составляли: 1 388 экз./м<sup>2</sup>; 5,15 г/м<sup>2</sup>; 16 видов и форм.

На глубинах свыше 15 м на илистых грунтах организмов макробентоса обнаружено не было.

Таким образом, разнообразие донных сообществ на литорали и в поясе макрофитов объясняется сменой растительной доминанты при постоянстве состава зообентоса. На литорали, кроме того, состав и показатели обилия зависят от типа грунта. Полученные выводы позволили сформировать политику изучения донной биоты в исследованиях ФГУП «СахНИРО» 2002–2004 гг. Основным принципом явилось раздельное изучение водной растительности и зообентоса. При изучении сезонной изменчивости зообентоса наибольшее количество проб отбиралось в литорали, чтобы отследить изменчивость характеристик по разным биотопам.

#### **Макрофиты и макроформы перифитона**

Описание приведено по: Лабай, Роготнев (2005) с дополнениями.

Описание макрофитобентоса приводится по позднему лету, что позволяет принять полученную величину биомассы равной продукции макрофитов.

В соответствии с классификацией А. Г. Поползина (Поползин, 1967) оз. Тунайча по степени и характеру зарастания макрофитами относится к бордюроному типу, характерному для большинства озер, имеющих развитую литораль и глубоководную зону.

Видовой список макрофитобентоса и макроформ перифитона включает 25 видов водорослей различных отделов и цветковых растений (**прил. 3**). Заросли с высокой фитомассой образуют 8 видов: *Cladophora* spp., *Polysiphonia japonica* Harv., *M. spicatum*, *Ceratophyllum demersum* L., *P. pectinatus*, *Potamogeton bercholdii* Fieb. L, *P. richardsonii* и *Potamogeton perfoliatus* L.

Вертикальное распространение макрофитов ограничено изобатой 6–9 м, поэтому заросли макрофитов узкой полосой оконтуривают прибрежье озера (**рис. 56**). Низкая биомасса макрофитов отмечена на песчаной сублиторали: у северного берега Малой Тунайчи между устьем р. Подорожка и полуостровом Бауэра, к востоку от устья р. Комиссаровка, в зал. Открытый, в юго-восточном углу озера у протоки оз. Свободное и на участке побережья к востоку от оз. Раскопанное. Зоны высокой биомассы на отдельных участках формируются различными видами макрофитов.

В среднем по акватории на глубине до 1 м биомасса макрофитов составляла 96 г/м<sup>2</sup>; в диапазоне глубин 1–3 м – 243 г/м<sup>2</sup>; 3–5 м – 66 г/м<sup>2</sup>; 5–9 м – 5 г/м<sup>2</sup>. В целом, среди макрофитов доминировала кладофора, ее доля от средней фитомассы составляла 41%. Доля субдоминантных видов *P. pectinatus* и *P. richardsonii* составляла соответственно 20 и 32%. Соотношение осредненных биомасс отдельных видов представлено на **рисунке 57**. Доля доминирующей во всем диапазоне глубин кладофоры увеличивалась от 31,4% на глубине менее 1 м до 99,6% на глубине более 5 м. *P. pectinatus* формировал наибольшую долю от общей фитомассы на глубине менее 1 м (38,8%), затем его вклад плавно уменьшался до 7,7% на глубине 3–5 м, на больших глубинах данный вид отсутствовал. *P. richardsonii* создавал максимальную биомассу на глубинах 1–3 и 3–5 м (36,5 и 29,4% соответственно).

Кладофора – наиболее обычный, массовый и фоновый вид макрофитов в озере. Она отмечена от нижней границы прибойной литорали до нижней границы фотической зоны, является единственным видом макрофитов на глубинах более 6 м и наблюдается на максимальной для макрофитов глубине – 9 м. Обладая высокой скоростью роста, кладофора заселяет все подходящие естественные и искусственные субстраты (сети, затонувшие предметы) и вне зарослей рдестов формирует маты с биомассой до 2,9 кг/м<sup>2</sup>. На глубинах более 6 м представлена в основном генеративной стадией, разреженными кустиками. На максимальных глубинах находится в угнетенном состоянии и имеет биомассу менее 1 г/м<sup>2</sup>. В озере кладофора распространена вдоль всего побережья, где формирует четыре участка повышенной биомассы: на обширной отмели между м. Макарова и о. Птичий (до 2 000 г/м<sup>2</sup>),

между м. Меньшикова и оз. Раскопанное (до 1 500 г/м<sup>2</sup>), у восточного берега озера (1 000–1 500 г/м<sup>2</sup>) и близ южного берега озера к востоку от зал. Открытый (до 1 500 г/м<sup>2</sup>). На акватории Малой Тунайчи значимых скоплений кладофора не создает. Наибольшая ее биомасса отмечена в матах на глубинах от 0,3 до 4,5 м.

Для минерализованных озер равнинной территории России массовое развитие нитчатых зеленых водорослей рода *Cladophora* свойственно при концентрации солей в воде более 10‰ (Веснина и др., 1999). В оз. Тунайча преобладание кладофоры отмечено при средней солёности 2,2–2,4‰. Кладофора, объединив черты макрофитов и фитопланктона (так как хорошо вегетирует будучи оторванной от субстрата в плавающем состоянии) и ограничив условия питания последних, получила возможность наращивать фитомассу в течение всего вегетационного периода.

Запас кладофоры в озере, учитывая распределение биомассы по вертикали и площади дна в соответствующих интервалах глубин, составляет 2 286,35 т, при средневзвешенной биомассе в фотическом диапазоне изобат, равной 35 г/м<sup>2</sup>.

Суточный прирост кладофоры в опытах 19–21 сентября 2004 г. варьировался от 3,9 до 14,9%, при средней величине 8,97±0,26%. В пересчете на световой час это составляет 0,73%. Вегетация кладофоры происходит в основном в безледный период (230 дней, 3 096 световых часов), что позволяет нам определить годовой прирост (=продукция) в приповерхностных водах в 2 263%, при Р/В, равном 22,6. Нижней границей фотического слоя для кладофоры, как это было описано выше, является изобата 9 м (Р/В=0). Проведя несложные расчеты, получаем годовую продукцию кладофоры в озере, равную 37 162,153 т, при средневзвешенном Р/В, равном 16,3. Заметим, что полученная величина ниже действительной, так как в условиях эксперимента прирост биомассы обычно ниже имеющегося в природе (Алимов, 1989). Кроме того, нами недоучтены биомасса кладофоры и ее запас, так как достаточно значительная ее часть, будучи оторванной волнением, продолжает вегетировать, хотя и не учитывается стандартными гидробиологическими методами.

Конечно, вся продуцируемая биомасса кладофоры (как и других макрофитов) не входит в трофическую цепь озерной биоты, так как огромные ее количества выбрасываются волнением на берег, где формируют значительные валы, выносятся через протоку в море (озеро характеризуется положительным балансом) или оседает на дно в абиотической зоне.

*P. pectinatus* – самый распространенный вид рдестов в оз. Тунайча. Так же, как и кладофора, является фоновым видом макрофитов. Его

распространение по вертикали ограничено изобатой 5 м, а основные скопления приурочены к диапазону глубин от литорали до 3 м. Предпочитает смешанные песчано-гравийные грунты, но встречается как на каменистом грунте, так и на чистом песке. Участки с высокой биомассой вида отмечены вдоль северного побережья Большой Тунайчи, к югу от м. Макарова и на отмели между м. Макарова и о. Птичий, близ впадения в Малую Тунайчу пр. Красноармейская. Максимальная биомасса – более 1 000 г/м<sup>2</sup> – зафиксирована близ южного берега Малой Тунайчи и у о. Птичий на глубинах менее 1 м.

*P. richardsonii* – также вполне обычный вид, его вертикальное распространение ограничивалось изобатой 5 м. Встречаясь от литорали, данный вид наибольшие скопления (до 3 511 г/м<sup>2</sup>) формирует в пределах изобат 1–3 м. Он отмечен вдоль всего побережья озера с разрывом в северо-западном углу Малой Тунайчи. Высокую биомассу на акватории Большой Тунайчи создает только в нескольких локальных участках вдоль северного берега, с восточной стороны, на мелководье между м. Макарова и о. Птичий. Вдоль южного берега значительных скоплений не обнаружено, там его биомасса не достигает 100 г/м<sup>2</sup>. В Малой Тунайче участки высокой биомассы данного вида были более обширны: у м. Макарова, между устьями рек Комиссаровка и Подорожка, у п-ова Бауэра и вдоль восточного берега.

*P. perfoliatus* приурочен к защищенным от ветрового волнения бухточкам у выходов устьев рек и ручьев, где наблюдается на небольших глубинах – до 1 м. Максимальная биомасса данного вида (424 г/м<sup>2</sup>) отмечена в западной части южного побережья Большой Тунайчи.

*M. spicatum* встречается отдельными кустиками почти вдоль всего побережья Большой Тунайчи на глубине до 2 м; формирует скопления с биомассой до 900 г/м<sup>2</sup> у мысов, отграничивающих пр. Красноармейская от Малой Тунайчи и Малую Тунайчу от Большой Тунайчи.

*C. demersum* является индикатором Малой Тунайчи, где создает значительные по биомассе и протяженности заросли близ устья р. Комиссаровка (до 2 000 г/м<sup>2</sup>) и у пр. Красноармейская (до 1 200 г/м<sup>2</sup>), на акватории Большой Тунайчи обнаружен только у м. Меньшикова на глубине 1 м.

*P. japonica* – вполне обычный вид в прибрежье озера, где встречается в диапазоне глубин 0,2–4 м. На большей части акватории его биомасса не достигает 50 г/м<sup>2</sup>. Значительные скопления – до 409 г/м<sup>2</sup> – обнаружены в северо-восточной части озера на глубине 2 м.

*Scirpus tabernoemontani* с. с. Gmel. образует заросли от литорали до глубины 0,5–0,7 м. В целом, заросли камыша занимают около 2% от общей протяженности береговой линии озера. Плотность зарослей и

их проективное покрытие различны по участкам. В пределах полигона Большой Тунайчи было обследовано три отрезка побережья. На первом на протяжении 100 м берега на глубине 0,35–0,5 м встречено два участка зарослей камышей длиной по 5 м и шириной 3 м с проективным покрытием 2–5%. На втором на 50 м побережья на глубине 0,3–0,5 м обнаружено два участка зарослей камышей длиной по 10 м и шириной 4 м с проективным покрытием 50%. Третий участок расположен на мысу. На удалении в 30 м от берега на глубине 0,35–0,5 м встречено три куртины камышей и элеохариса длиной по 5, 15, 15 м и шириной 3–4 м с проективным покрытием 80–100%.

Дальнейшее описание выстроено на осредненных количественных характеристиках с учетом проективного покрытия. Весной (май) живая фитомасса камыша (корневища с побегами) варьируется по участкам от 27 до 4 585 г/м<sup>2</sup>, при среднем значении, равном 2 408 г/м<sup>2</sup>. Масса вегетирующих побегов составляет от 0,5 до 2%, в среднем – 0,9%. Масса отмерших (прошлогодных) побегов находится в пределах от 12 до 10 700 г/м<sup>2</sup>, при среднем значении, равном 2 145 г/м<sup>2</sup>. Летом (июль) значения живой фитомассы камыша находятся в пределах 38–17 155 г/м<sup>2</sup>, в среднем – 5 063 г/м<sup>2</sup>. От мая к июлю живая фитомасса увеличивается в 2,1 раза. Прирост биомассы объясняется преимущественным приростом вегетирующих побегов, фитомасса которых составляет от 15 до 13 375 г/м<sup>2</sup>, в среднем – 2 685 г/м<sup>2</sup>. Доля вегетирующих побегов от общей биомассы варьируется от 19 до 78%, при среднем, равном 40%. В ноябре вегетирующие побеги полностью отмирают.

*Eleocharis intersita* Zinsehl была отмечена только на одном из обследованных участков среди зарослей *S. tabernaemontani*, в июле средняя биомасса пушицы на этом участке составляла 660 г/м<sup>2</sup>.

Годовой продукцией водных макрофитов принято считать их максимальную биомассу (Алимов, 1989), что позволяет нам, зная распределение макрофитов по вертикали и площади акватории над различными глубинами, рассчитать средневзвешенную продукцию над 1 м<sup>2</sup>. Годовой Р/В-коэффициент для макрофитов, кроме кладофоры, составляет 1,2 (Руководство по методам..., 1983). Средневзвешенная биомасса погруженных макрофитов равна 63,8 г/м<sup>2</sup>, или 1 206,413 т на всю акваторию озера, продукция – 1 447,696 т.

Расчет тотальной биомассы макрофитов с надводными побегами (*Scirpus* и *Eleocharis*) проводился исходя из длины береговой линии, занятой зарослями (2%, или 2 000 м), средней ширины зарослей, равной 3,5 м, и средней суммарной биомассы побегов в июле, равной 2 768 г/м<sup>2</sup>. Общая биомасса (=годовая продукция) макрофитов с надводными побегами по всей акватории озера составляет 19,378 т.

Тотальный запас макрофитов и макроформ перифитона в озере (включая кладофору, погруженные формы и формы с надводными побегами) составляет 3 512 т, а годовая продукция – 38 629 т.

### Макрозообентос

Описание приведено по: Лабай, Роготнев, 2005 с дополнениями.

В составе макрозообентоса оз. Тунайча обнаружен 61 вид водных беспозвоночных (см. **прил. 3**). Наибольшим количеством видов представлены насекомые (29), ракообразные (11), малощетинковые черви (7) и моллюски (6). Представленный список не является полным перечнем всех видов донной макрофауны. Он может быть значительно расширен при более полном учете видов, сносимых в озеро из впадающих в него рек и ручьев, из придаточных озер и существующих на весьма ограниченной акватории вблизи устьев этих водотоков или проток. Еще одна группа – солоноватоводные формы, существующие в нижней, прилегающей к морю части пр. Красноармейская, была обследована нами только в августе 2001 г. и явно недоучтена в наших исследованиях.

Среди насекомых наибольшей длиной видового списка обладают двукрылые (20 видов) с доминантой хирономид (15 видов). Ручейники представлены 4 видами, жуки – 3 видами, ногохвостки – 2 видами. Ряд видов: представители семейств Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Sepsidae, личинки ручейников *Ecnomus* sp. и *Ecclisomyia kamtshatica* Martynov, 1914, были обнаружены только в Малой Тунайче близ устьев основных бассейновых водотоков озера – рек Комиссаровка и Подорожка, и, видимо, были снесены из рек в озеро, либо их существование в солоноватых водах обеспечивается пресноводным стоком этих рек.

Самым многочисленным по количеству обнаруженных видов отрядом ракообразных являются разноногие раки (5 из 11). Только один вид – *Eogammarus barbatus* (Tzvetkova, 1965) – был встречен исключительно в пр. Красноармейская, хотя он был обнаружен в желудках звездчатой камбалы, выловленной в зимний период как в Малой Тунайче, так и в Большой Тунайче у о. Птичий. Прочие виды распространены по всей акватории озера. Среди десятиногих раков только пресноводная креветка *Palaemon paucidens* (de Naan, 1841) обнаружена по всей акватории озера. Песчаный шримс *S. amurensis* наблюдается только в пр. Красноармейская, в зоне проникновения приливных морских вод. Японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* de Naan, 1850 является нагульным мигрантом, проходящим через пр. Красноармейская и Малую Тунайчу на нагул в реки Подорожка и Комиссаровка и в дру-

гие придаточные водоемы озера. Прочие отряды – кумовые, мизиды и равноногие раки – представлены каждый одним видом, распространенным по всей акватории озера.

Среди моллюсков брюхоногие и двустворчатые имели равную представленность – по 3 вида. Все виды брюхоногих моллюсков были обычны по всей акватории озера, среди двустворчатых только японская корбикула *C. japonica* и амурская потамокорбула *Potamocorbula amurensis* (Schrenck, 1867) обнаружены на всех морфологических участках озера. Балтийская макома *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) не была встречена в Малой Тунайче ни в 2001, ни в 2003 г.

Полихеты *Hediste japonica* (Izuka, 1908) за все время исследований наблюдались только в пр. Красноармейская и на акватории Малой Тунайчи.

### Основные сообщества макрозообентоса

По результатам кластерного анализа (**рис. 58**), в оз. Тунайча выделяется 4 сообщества макрозообентоса. Основное из них – с превалированием двустворчатого моллюска *C. japonica* – оккупирует площади дна по всей сублиторали озера в пределах биотической зоны. Остальные три, в которых основная роль принадлежит бентонектическим ракообразным, локализованы на малых глубинах (менее 0,5 м).

#### Сообщество “*Corbicula japonica*”

Сообщество отличается четкой монодоминантой японской корбикулы. Оно отмечено во все периоды съемок на глубинах свыше 0,5 м до максимальной глубины биотической зоны – 15 м – на всех представленных в озере типах грунтов.

Доминирующий вид характеризуется значительными осредненными количественными характеристиками: 99,68% от общей биомассы макрозообентоса. Вместе с тремя второстепенными видами первого порядка – мизидами *N. awatschensis*, олигохетами *Spirosperma velitinus* (Grube, 1879) и изоподами *G. ovatum* – корбикула формирует ядро данного сообщества: 4 вида, 1 986 экз./м<sup>2</sup>, 392,826 г/м<sup>2</sup>, 99,84% от общей биомассы бентоса. Прочие 49 видов значительного вклада в общую биомассу не имели (**табл. 18**).

#### Сообщество “*Eogammarus kygi*+*Corbicula japonica*”

Данное сообщество наблюдалось от уреза воды до глубины 0,3 м на гравийных и песчаных грунтах Большой и Малой Тунайчи весной и летом. Доминантами сообщества являлись бокоплав *E. kygi* и двустворчатые моллюски *C. japonica* (совместно – 93,6% общей биомассы)

(табл. 19). Субдоминанты – личинки хирономид *G. gripekoveni*. Вместе с двумя характерными видами второго порядка – гастроподами *A. lutea* и равноногими раками *G. ovatum* – они формируют ядро данного сообщества: 5 видов, 836 экз./м<sup>2</sup>, 26,133 г/м<sup>2</sup>, 99,9% общей биомассы.

#### Сообщество “*Eogammarus kygi*”

Сообщество с превалярованием бокоплавов *E. kygi* (89,8% от общей биомассы) сменяет предыдущее на всех типах грунтов близ уреза воды как в Большой, так и в Малой Тунайче осенью и частично проявляется летом (табл. 20). Другим массовым видом являются мизиды *N. awatschensis* (4,04%). Доля преобладавшей весной корбикулы снижается до 5,8%. В ядро сообщества входят также хирономиды *G. gripekoveni*. Перечисленные виды имеют интегральные характеристики: 292 экз./м<sup>2</sup>, 14,599 г/м<sup>2</sup>, 99,75%.

#### Сообщество “*Palaemon paucidens*+*Eogammarus kygi*”

Данное сообщество имеет четкую биотопическую привязанность – оно обнаружено в зарослях камышей преимущественно в весенний период. Наиболее значительным отличием данного сообщества от двух предыдущих является превалярование в нем креветок *P. paucidens* (53,3% от общей биомассы макрозообентоса) при кодоминанте наиболее массового на литорали элемента – бокоплавов *E. kygi* (25,6%) (табл. 21). Другие значимые в сообществе виды – изоподы *G. ovatum*, мизиды *N. awatschensis*, хирономиды *G. gripekoveni*, *Psectrocladius zelentzovi* Makarchenko, 2003 и *Paratanytarsus* sp. – формируют 20,8% от общей биомассы. В ядро сообщества входят 8 видов: 2 403 экз./м<sup>2</sup>, 29,404 г/м<sup>2</sup>, 99,8%.

Все описанные сообщества делятся на два типа – сублиторальный (сообщество “*Corbicula japonica*”) и элиторальный (сообщества с превалярованием бенто-нектических ракообразных). Из всех известных факторов среды ни соленость, ни температура придонного слоя воды, ни тип донных осадков не могут определять такое распределение. Только волнение и становление ледового покрова в холодный период года, оказывающие эрозионное воздействие на сообщество относительно малоподвижных корбикул, видимо, являются лимитирующими факторами среды.

#### Вертикальное распределение макрозообентоса

Распределение макрозообентоса по вертикали ограничено глубиной 15 м (граница раздела слоев воды в озере). В пробах, отобранных на глубине 17 м (полигон Большой Тунайчи), организмы макробентоса не обнаружены.

### Полигон Большой Тунайчи (2002 г.)

Основной особенностью вертикального распределения макрозообентоса является смена доминирующих групп и видов при переходе от элиторали к сублиторали. Если близ уреза воды основу биомассы составляют бокоплавывы *E. kygi* и креветки *P. paucidens*, то уже с глубины 0,5 м и далее до максимальной глубины распространения биотической зоны преобладают двустворчатые моллюски *S. japonica*. Среди бокоплавов доминирующий на малых глубинах *E. kygi* уже на изобате 4–5 м сменяется эндемичным для оз. Тунайча *Melita nitidaformis* Labay, 2003, который приурочен исключительно к зарослям макрофитов. Нижняя граница распространения бокоплавов совпадает с нижней границей распространения донной растительности. Массовый в прибрежье вид хирономид *G. gripekoveni*, начиная с изобаты 1 м, сменяется видом *Stictochironomus* sp. На больших глубинах возрастает роль кумовых раков *Lamprops korroensis* Derzhavin, 1923. Начиная с глубины 9–10 м появляются также солоноватоводные моллюски *M. balthica* и *P. amurensis*.

В изменении показателей обилия макрозообентоса и его составляющих с глубиной наблюдаются закономерности как общего плана, так и обусловленные сезонной изменчивостью. К первым можно отнести уменьшение разнообразия видов водных насекомых и ракообразных с глубиной (от 6–12 до 2–5 и от 6–7 до 2–5 соответственно). По распределению удельной численности и биомассы можно выделить несколько центров обилия. Два из них – на глубинах 2–3 и 9–10 м – характерны как для кривой численности, так и для кривой биомассы, один – на литорали – характерен только для кривой численности (рис. 59, 60). Существование пика численности близ уреза воды связано с высокой плотностью прибрежных видов ракообразных. Два других пика формируются сообществом корбикулы. Первый – на глубине 2–3 м – соответствует поясу макрофитов, второй – на изобате 9–10 м – соответствует максимальной глубине распространения промывных песчаных грунтов.

В сезонной динамике показателей наблюдаются две основные закономерности. Первая характеризует ситуацию смены зимней и летней формации сообществ: весной и осенью происходит концентрация численности и биомассы в центрах обилия; летом – некоторое рассредоточение показателей обилия, а, следовательно, и самих гидробионтов по смежным изобатам. На мелководье и больших глубинах число видов донных гидробионтов минимально весной (19 и 16 соответственно) и осенью (12 и 9), а в диапазоне глубин 2–3 м – летом (12). Еще одной частной закономерностью того же плана является уменьшение численности водных насекомых, представленных преимущественно хирономидами.

Вторая закономерность характеризует ситуацию теплого периода 2002 г. с экстремально холодным летом (по данным синоптика Сах-УГМС Г. П. Галкиной, в Корсаковском районе в 2002 г. средняя температура воздуха в июле была на 1 °С ниже среднестатистической, а в августе – на 3 °С). Преобладающие ветры юго-восточного и северо-западного направлений создавали благоприятные условия для максимального разгона волны вдоль озера и интенсивного перемешивания миксолимниона и активной придонной гидродинамики, что также ухудшало условия существования макробентоса. Происходил вынос малоподвижных форм на берег, при слабом восполнении за счет размножения.

Летом 2002 г. из-за низкой температуры воды вымета личинок корбикулы в воду не происходило (личинки корбикулы в планктоне практически не отмечены), поэтому закономерного осеннего увеличения численности за счет оседания спата наиболее массового вида гидробионтов также не наблюдалось. В динамике общей численности гидробионтов (осредненной по горизонтам) прослеживается закономерность снижения показателя от весны к осени (3 470 > 2 330 > 1 730 экз./м<sup>2</sup>): более резкое в первой половине теплого периода и менее выраженное – во второй. В динамике биомассы по всем глубинам прослеживается ее уменьшение от мая к ноябрю (в среднем по глубинам: 384 > 392 > 270 г/м<sup>2</sup>). Если в прибрежье разница биомассы макрозообентоса в мае и ноябре составляла около 16 г, то на больших глубинах – 135–154 г.

Анализ изменчивости АВС-показателя подтвердил и дополнил обнаруженные закономерности (**рис. 61А**). Максимальные значения показателя характеризуют диапазон глубин 2–3 м, следовательно, на данной изобате наблюдается центр сообщества макрозообентоса Большой Тунайчи, и здесь оно наиболее устойчиво. На глубине 9–10 м, где был отмечен второй центр обилия сублиторального сообщества, весной и осенью значения индекса минимальны. Летом наблюдается обратная ситуация: уменьшение показателя на глубине 2–3 м и увеличение на глубине 9–10 м. Следовательно, на глубине 2–3 м наблюдается центр устойчивости зимней формации сообщества, а на изобатах 9–10 м – летней.

Изменчивость индекса видового обилия Шеннона (по биомассе) (**рис. 61Б**) показала закономерность другого порядка: максимальные значения индекса характеризуют литораль в летний период. Данное явление вполне объяснимо – именно в это время происходит массовое размножение прибрежных форм ракообразных и хирономид, при массовом отмирании (или вылете) генерации прошлого года, в результате чего биомасса оказалась «распылена» достаточно равномерно по нескольким видам гидробионтов.

Наиболее устойчивое состояние сообщества и его максимальные количественные показатели характеризовали весенний период. Скорее всего, наибольшая устойчивость и показатели обилия макрозообентоса характерны для зимнего периода, а весенняя ситуация является следовой.

#### **Полигон Малой Тунайчи (2003 г.)**

На обследованной акватории наблюдались те же закономерности в смене видового состава и типов сообществ макрозообентоса, что и на полигоне Большой Тунайчи (см. выше). Но в распределении показателей обилия наблюдаются значительные отличия, связанные, в первую очередь, с распределением типов донных осадков. Если в Большой Тунайче промывные пески простирались вглубь до изобаты 10 м, то в Малой Тунайче на изобате 9–10 м наблюдаются уже илисто-песчаные грунты. Максимальное разнообразие видов в Малой Тунайче, как и в Большой, приходится на глубину 2–3 м (весна и осень – 13–17 м) или литораль (лето – 23 м), что подтверждает существование на этой глубине центра обилия. Однако по вертикальному распределению численности и биомассы данный центр проявляется слабо (рис. 62, 63), так как маскируется расположенным глубже вторым центром обилия – на изобатах 4–5 м. Формально он эквивалентен центру обилия на полигоне Большой Тунайчи, расположенному на глубине 9–10 м, так как локализован на максимальной глубине распространения промывных песчаных грунтов. Существование этого центра определяется необыкновенно высокими количественными характеристиками макрозообентоса (2 760–8 094 экз./м<sup>2</sup>; 1 936–4 065 г/м<sup>2</sup>) за счет массового развития корбикулы. Глубже, на илисто-песчаных грунтах, где корбикула обитает в неблагоприятных условиях, ее количественные характеристики были гораздо ниже (204–4 159 экз./м<sup>2</sup>, 80–1 949 г/м<sup>2</sup>).

Сезонная динамика определяется как причинами внешнего характера (температура), так и сменой зимней и летней формаций донного сообщества. Минимальное число обнаруженных видов характеризует май и ноябрь; максимальное – июль–август. Это связано как с увеличением количественных показателей макробентоса летом за счет активного размножения, что увеличивает вероятность встречаемости «редких» видов, так и с обнаружением сугубо летних форм – личинок некоторых амфибиотических насекомых.

В динамике общей численности гидробионтов прослеживается несколько любопытных закономерностей: на изобате 4–5 м общая численность снижается от мая к середине лета, а затем резко возрастает к ноябрю, в остальной сублиторали наблюдается возрастание показателя

от весны к осени; на открытой литорали наблюдается резкое возрастание плотности поселения от мая к середине лета, к ноябрю следует не менее значительное падение. Частичное объяснение полученным закономерностям уже было дано выше. Динамика плотности показывает становление двух структур донного сообщества – летней и зимней. Для зимы характерно запустение литорали из-за крайне низких температур воды и последующего становления ледового покрова; в сублиторали наблюдается концентрация организмов бентоса на глубине 4–5 м.

В динамике биомассы на литорали трудно выделить какие-либо закономерности, так как во многом она зависит от волнового выноса в литораль корбикулы с больших глубин; наиболее показателен ход биомассы для илистой литорали, где значение волновой миграции не так велико – здесь отмечено постепенное повышение интегральной биомассы гидробионтов от мая к ноябрю. В сублиторали кривые изменения биомассы тоже неравнозначны. В поясе макрофитов (глубина 2–3 м) отмечено постепенное увеличение биомассы макрозообентоса от мая к ноябрю. На изобате 5 м отмечаются снижение показателя от мая к середине лета и дальнейшее увеличение к ноябрю. Еще глубже (9 и 13 м) максимальная биомасса отмечена в июле–августе, хотя во всем диапазоне глубин сублиторали наблюдалась тенденция увеличения totalной биомассы от мая к ноябрю.

Объяснение обнаруженным тенденциям уже было дано выше и кроется в перестройке донного сообщества на летнюю и зимнюю структуру и вертикальное распределение. Динамика количественных показателей «осредненного» сообщества макрозообентоса полигона Малой Тунайчи определяется таковой для сублиторали и характеризуется уже отмеченными закономерностями: максимум обнаруженных видов макрозообентоса приходится на лето; общее увеличение плотности поселения и биомассы от весны к лету и далее к осени.

Максимальные значения АВС-показателя характеризуют диапазон глубин 2–3 и 13–14 м, а в центре обилия на глубине 4–5 м значения индекса были минимальны (**рис. 64А**). Таким образом, центр обилия на глубине 4–5 м в Малой Тунайче идентичен таковому на 9–10 м для полигона Большой Тунайчи и характеризует летнюю формацию сообщества. Изменчивость индекса видового обилия Шеннона (по биомассе) (**рис. 64Б**) также аналогична таковой для Большой Тунайчи: максимальные значения индекса характеризуют литораль в летний период.

Сравнивая изменчивость АВС-показателя, отметим ноябрь как период наибольшей устойчивости донного сообщества. Объясняется это переходом сообщества от «депрессивного» состояния после холодного лета 2002 г. к восстановленному после теплого лета 2003 г. (*см. ниже*).

Таким образом, наиболее устойчивое состояние сообщества макрозообентоса Малой Тунайчи и его максимальные количественные показатели характеризуют осенний период. Как и для полигона Большой Тунайчи, наименьшая устойчивость донного сообщества наблюдалась в летний период, когда происходят размножение донных гидробионтов и смена генераций.

При общем сходстве структуры макрозообентоса полигонов Большой и Малой Тунайчи наблюдаются определенные различия в количественных показателях. Для полигона Большой Тунайчи в 2002 г. колебания численности осредненного сообщества по сезонам составляли 1 730–3 470 экз./м<sup>2</sup>, при средней 2 509 экз./м<sup>2</sup>; биомассы – 270–392 г/м<sup>2</sup>. На полигоне Малой Тунайчи в 2003 г. плотность осредненного сообщества варьировалась в пределах 1 090–2 600 экз./м<sup>2</sup>, при средней 1 704 экз./м<sup>2</sup>; биомасса – 489–989 г/м<sup>2</sup>, при средней 731 г/м<sup>2</sup>. Наблюдались различия в распределении количественных показателей по изобатам: в Большой Тунайче максимальная биомасса макрозообентоса наблюдалась на глубине около 9 м, в Малой Тунайче – около 5 м.

Для того, чтобы объяснить существующие различия в цифрах, рассмотрим подробнее распределение и количественные характеристики доминирующего как по численности, так и по биомассе вида – японской корбикулы. Различия в количественных показателях макрозообентоса на полигонах в первую очередь определяются различиями в количественных показателях этого вида. Большие количественные показатели корбикулы в Малой Тунайче трудно объяснить гидрологическими факторами, так как распределение таких показателей, как соленость и температура воды, одинаково по сравниваемым акваториям. Скорее всего, значительную роль здесь играет кормовой фактор. В толще воды на акватории Малой Тунайчи наблюдается гораздо бóльшая концентрация биогенов, чем на акватории Большой Тунайчи, что определяется их выносом наиболее крупными бассейновыми водотоками – реками Комиссаровка и Подорожка и поставками вещества антропогенного происхождения с. Охотское и теми же бассейновыми водотоками. В свою очередь, избыток биогенов определяет бурное развитие фитопланктона, являющегося кормом для корбикулы: средняя численность микроводорослей за летний период 2003 г. в Малой Тунайче составила 1 406 тыс. кл./л, в Большой Тунайче – 828 тыс. кл./л.

В 2002 г. на полигоне Большой Тунайчи корбикула была распространена повсеместно; максимальные ее количественные показатели были приурочены к глубине 9–10 м (1 600 г/м<sup>2</sup>). В вегетационный период 2002 г. корбикула вступила после теплого 2001 г., что, принимая во внимание тепловодный характер вида, определило ее прекрасные

показатели на стартовом этапе: большое количество годовиков (21%), высокая биомасса и численность (Лабай и др., 2003). Однако вегетационный период 2002 г. оказался экстремально холодным (по сообщениям Сахалинского областного управления по гидрометеорологии, наиболее холодное лето за последние 5 лет). Максимальная температура активного слоя оз. Тунайча в этом году не превышала 15,2 °С, средняя температура с июня по сентябрь включительно составила 14,9 °С. Низкая температура воды стала причиной слабого роста корбикулы, повышенной элиминации и отсутствия нереста в 2002 г. (факт определен по отсутствию в планктоне озера велигеров корбикулы). Все это привело к снижению в течение периода наблюдений численности и биомассы корбикулы (осреднение по всему сообществу) от 1 610 экз./м<sup>2</sup> и 366 г/м<sup>2</sup> в мае до 1 280 экз./м<sup>2</sup> и 261 г/м<sup>2</sup> в ноябре.

В вегетационный период 2003 г. корбикула вступила в депрессивном состоянии: отсутствовали особи предыдущего года рождения, что определило низкую численность, по сравнению с предыдущим годом. Распределение корбикулы по глубинам совпадает с распределением количественных показателей макрозообентоса в целом: максимальные количественные показатели отмечены на изобате 4–5 м. Имеющаяся разница в вертикальном распределении корбикулы в Большой и Малой Тунайче, на наш взгляд, объясняется максимальной глубиной обнаружения рыхлых песчаных грунтов, которые являются наиболее комфортными для этого вида (Явнов, Раков, 2002).

На меньших глубинах, при сходстве донных отложений, лимитирующими факторами выступают волновая эрозия и значительные колебания температуры воды. Лето 2003 г. было гораздо более теплым, чем лето 2002 г. Максимальная температура миксолимниона озера в этом году достигала 18,6 °С, средняя – с июня по сентябрь включительно составила 16,2 °С. Разница между теплым сезоном 2002 и 2003 гг. (90 суток) составила 157 градусодней. Более высокие температуры воды летом 2003 г. определили рост количественных показателей корбикулы на полигоне Малой Тунайчи (осреднение по всему сообществу) от 896 экз./м<sup>2</sup> и 487 г/м<sup>2</sup> в мае до 1 686 экз./м<sup>2</sup> и 983 г/м<sup>2</sup> в ноябре.

#### Распределение, морфологические характеристики и биология массовых видов макрозообентоса

*Corbicula japonica* Prime, 1864 – японская корбикула

Описание приведено по: Лабай и др., 2003 с дополнениями. В оз. Тунайча корбикула наблюдается на всех глубинах от литорали до 15 м (вне нижнего обедненного кислородом слоя воды) на всех обследованных грунтах – от песчано-алевритового до каменистого. Моллюски почти

полностью закопаны в грунт в вертикальном положении; над поверхностью находится только сифональный край. У крупных экземпляров сифональный край обычно обрастает кладофорой, которая использует двустворок как субстрат и как источник биогенов, так как через выводной сифон моллюски удаляют продукты жизнедеятельности и неперевавленную массу.

Основу численности популяции корбикулы в 2002 г. составляли особи ранних возрастов. Кривая эволюции численности (**рис. 65**) показывает, что с увеличением возраста (размеров) смертность падает; кривая линии тренда описывается полиномом  $I=4,8312x^2-127,28x+846,02$ , при коэффициенте аппроксимации  $R^2=0,96$ , где  $I$  – численность,  $x$  – возраст в годах.

Распределение различных возрастных групп по глубинам в пределах обследованного полигона показало, что оседание личинок корбикулы проходит во всем диапазоне глубин, однако волновая эрозия и зимнее оледенение приводят к вымиранию сеголеток на глубинах менее 1 м, на прочих глубинах относительная доля сеголеток мало изменяется и составляет 20–23,4% (**рис. 66**). С возрастом моллюски мигрируют в сторону берега, что приводит к преобладанию на малых глубинах экземпляров с возрастом 7 лет и старше (в основном особи 7–12 лет) (см. **рис. 66**). Другим доказательством такой миграции является отсутствие на глубинах до 0,5 м моллюсков с возрастом до 5 лет, а на глубинах до 1 м – экземпляров младше 3 лет. На глубинах более 1 м основную долю от общей численности формируют особи ранних возрастов.

В среднем по полигону обнаружены следующие закономерности изменения количественных показателей корбикулы с глубиной:

- максимальная численность приурочена к интервалу глубин 9–10 м на песчаных грунтах (7 450 экз./м<sup>2</sup>); с увеличением глубины до 13–14 м численность падает до 2 400 экз./м<sup>2</sup>; снижение численности также отмечено при уменьшении глубины с минимальными показателями на литорали (до 0,4 м) – 15 экз./м<sup>2</sup> (**рис. 67**);

- ход кривой распределения средней биомассы аналогичен такому по численности – максимальная величина отмечена на изобатах 9–10 м (1 600 г/м<sup>2</sup>), минимальная – на литорали (14 г/м<sup>2</sup>) (см. **рис. 67**).

Следовательно, интервал глубин 9–10 м (нижняя граница фотической зоны в оз. Тунайча) является наиболее благоприятным для оседания личинок и развития корбикулы. При увеличении глубины возрастает вероятность влияния нижнего абиотического слоя, внутренние волны которого в восточной части озера могут достигать глубины 12 м (по данным съемки в 2001 г.), что неблагоприятно сказывается на существовании моллюсков.

Личинки корбикулы на стадии велигера наблюдаются в планктоне в августе–сентябре, когда миксолимнион наиболее прогрет и наблюдается вымет личинок в воду. В августе 2001 г. средневзвешенная по акватории численность велигеров была равна 2,1 экз./м<sup>3</sup>, что составляло около 2% от общей численности зоопланктона озера. В течение лета 2002 г. велигеры корбикулы в озере встречались только единично в августе, что, вероятно, объясняется аномально холодным летом. Личинки были встречены при температуре верхнего слоя воды, равной 15,2 °С, которая, по нашему мнению, является нижней термограницей размножения корбикулы в оз. Тунайча.

Моллюски из оз. Тунайча отличались относительно небольшими предельными размерами. Максимальный из обнаруженных экземпляров имел длину 29 мм при высоте 24,5 мм. Популяция корбикулы озера относится к тугорослым; наиболее крупные экземпляры имели возраст 14 лет, хотя в качественных сборах единично были отмечены пустые створки, возраст которых датировался 15 годами. Возраст моллюсков в 15 лет принят нами за предельно возможный для оз. Тунайча. Минимальный размер раковин отмечен для годовиков и составляет 0,7 мм. Полученные нами данные по длине ранневозрастных корбикул не согласуются с данными, полученными П. В. Раковым (Раков, 1999) для моллюсков из эстуария р. Гладкая и описываемыми С. В. Явновым и П. В. Раковым (Явнов, Раков, 2002) из других приморских водоемов. Годовики с юга Приморья отличались невероятно крупными размерами – 8 мм (в нашем случае такой размер характеризует экземпляры 5-го года жизни). Корбикула из оз. Невское (о. Сахалин) также характеризуется замедленными темпами роста (Лабай, Чижиков, 2008).

Полученные на основе обработки большого объема статистического материала закономерности изменения высоты раковины с возрастом (**рис. 68**) описываются полиномом  $H = -0,0048x^3 + 0,1424x^2 + 0,5983x + 0,5498$ , при коэффициенте аппроксимации  $R^2 = 0,999$ , где  $x$  – возраст в годах. Отношение возраста моллюсков к их массе также показано на **рисунке 68** и описывается полиномом  $M = 0,0028x^3 - 0,0122x^2 + 0,0045x + 0,0242$ , при коэффициенте аппроксимации  $R^2 = 0,99$ .

Более точным показателем является сухая биомасса. Кривые изменчивости высоты и длины моллюсков от сухой массы отражены на **рисунке 69** и описываются логарифмическими уравнениями:

$$L = 5,1744 \ln(M) + 19,334, \text{ при коэффициенте аппроксимации } 0,94;$$

$$H = 4,3341 \ln(M) + 16,325, \text{ при коэффициенте аппроксимации } 0,95.$$

Отношение массы влажных тканей к массе сухих тканей составляет  $5,7 \pm 0,22$ . Отношение массы раковины к сырой массе тканей –  $4,6 \pm 0,14$ . Отношение массы раковины к массе сухих тканей –  $26 \pm 1,3$ .

Отношение длины раковин к их высоте показано на **рисунке 70** и описывается прямолинейной зависимостью  $H=0,8589L+0,0344$ , при коэффициенте аппроксимации  $R^2=0,995$ .

Основным пищевым компонентом корбикулы, как моллюска-фильтратора, являются микроводоросли. Исследования пищеварительных трактов моллюсков, собранных в мае 2002 г., позволили выявить более 60 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к 5 отделам: диатомовые, зеленые, золотистые, синезеленые и динофитовые. Количество видов в кишечниках разноразмерных групп варьировалось от 5 до 20; наиболее представительны были диатомовые (50–92% от общего числа видов в пищеварительных трактах). Почти во всех кишечниках *C. japonica* встречались пеннатные диатомеи *Cocconeis placentula* Ehr., *R. curvata*, *Synedra pulchella* (Ralfs.) Ktz., зеленая *A. convolutus* и неидентифицированные клетки порядка кокколитофоридовых отдела золотистых. Качественный состав водорослей, обнаруженных в пищеварительных трактах моллюсков, был обусловлен сезонным развитием фитопланктона в озере.

Анализ соотношения различных групп по численности показал, что независимо от размеров и возраста моллюсков преобладали в одних случаях диатомовые (55–95% от общей численности клеток), в других – кокколитофоридовые (54–91%). Кроме этого, в некоторых кишечниках наряду с микрофитами вышеперечисленных отделов были обнаружены в большом количестве зеленые водоросли. Преимущественное питание диатомовыми характеризовало моллюсков, отобранных с глубины более 5 м; преобладание в ассортименте кокколитофорид было характерно для моллюсков из верхних отделов озерной сублиторали. Такое распределение моллюсков по ассортименту питания хорошо согласуется с преобладанием отмеченных таксонов фитопланктона по горизонтам исследования.

В целом, соотношение численности основных видов и отделов в фитопланктоне оз. Тунайча и состав микроводорослей в пищеварительных трактах моллюсков и в среде было сходным, что согласуется с литературными данными для других видов корбикул (Bol'tovskoy et al., 1995) и подтверждает неселективность питания корбикулы.

Основываясь на имеющихся данных распределения количественных показателей корбикулы по глубинам на акватории Малой Тунайчи, по аналогии с произведенными ранее вычислениями (Лабай и др., 2003) был произведен расчет численности и биомассы корбикулы в озере. Биомасса вида составила 133 890 т (при осреднении с данными по Большой Тунайче – 103 042 т); годовая продукция в пределах озера – 82 434 т.

## Массовые виды ракообразных

Ракообразные являются немаловажным элементом в макрозообентосе оз. Тунайча, занимая ведущие позиции на литорали. На акватории озера обнаружено 8 видов высших раков. Ниже приведены количественные и продукционные характеристики для наиболее обычных видов. Описание приведено по: Лабай, Роготнев (2005) с дополнениями.

### *Gnorimosphaeroma ovatum* (Gurjanova, 1933)

Западно-тихоокеанский субтропическо-низкобореальный вид. По результатам сборов 2002–2003 гг., в оз. Тунайча рачки обитают на различных типах грунтов в интервале глубин от 0 до 15 м. В Малой Тунайче в 2003 г. максимальные значения численности населения и биомассы наблюдались в летний период (июль, август) на глубине от 2 до 5 м (807 экз./м<sup>2</sup>, 1,747 г/м<sup>2</sup>). В мае и ноябре эти значения были меньше, по распределению максимальные значения количественных показателей приходились на интервал глубин от 2 до 5 м. Подобное распределение рачков по глубинам связано с характером грунтов. На глубинах от 2 до 5 м субстрат наиболее благоприятен для жизнедеятельности *G. ovatum* (крупная галька, щебень и крупный песок), другие горизонты характеризуются более мелкодисперсными грунтами (от 0 до 2 м – песок, от 5 до 15 м – ил). Сходные закономерности наблюдались в 2002 г. на полигоне Большой Тунайчи (Роготнев, 2003). Размеры особей не превышали 9 мм. Образование новых генераций и отмирание крупных рачков происходили во все три рассматриваемых периода. Максимальные значения численности и биомассы в 2003 г. приходились на размерную группу 5–7 мм весной и осенью, летом наибольшая численность отмечена для рачков размером 1–3 мм. Следовательно, можно сделать вывод об одногодичной структуре популяции. За весенне-осенний период появляется три поколения изопод (холодным летом 2002 г. образовалось только два поколения). Одна генерация (весенняя) достигает к осени максимального размера и отмирает, другая (летняя) к осени достигает размера 5–7 мм, зимует и дает начало весенней генерации, после чего отмирает. Осенняя генерация также зимует и дает начало летней генерации.

### *Neomysis awatschensis* (Brandt, 1851)

Тихоокеанский приазиатский бореальный вид. В оз. Тунайча мизиды обитают в интервале глубин от 0 до 15 м. В 2003 г. максимальные значения плотности и биомассы отмечены в ноябре на горизонте 2–5 м (117 экз./м<sup>2</sup>, 3,856 г/м<sup>2</sup>). В мае наибольшие показатели плотности и биомассы были приурочены к горизонту 2–5 м (7 экз./м<sup>2</sup>, 0,032 г/м<sup>2</sup>).

В июле–августе наибольшие величины показателей характеризуют горизонт 0–2 м (51 экз./м<sup>2</sup>, 0,236 г/м<sup>2</sup>). На полигоне Большой Тунайчи холодным летом 2002 г. отмечена обратная закономерность – весной и осенью рачки концентрировались в прибрежье, летом формировали скопления над большими глубинами (Роготнев, 2003). Возможно, это связано со значительной штормовой активностью летом 2002 г. Размеры особей *N. awatschensis* в 2003 г. были максимальными в ноябре – до 19 мм. За летний период отрождаются две генерации мизид, которые перезимовывают. Старшая генерация, достигнув весной размеров 11–13 мм, отмирает, а другая дает начало летним генерациям. Подобная тенденция обнаружена как в 2002, так и в 2003 г. Также, как и у изопод, жизненный цикл *N. awatschensis* в оз. Тунайча одногодичный.

*Eogammarus kygi* (Derzhavin, 1923)

Широко распространенный тихоокеанский бореальный приазиатский вид. В оз. Тунайча обитает на различных типах грунтов в интервале глубин от 0 до 15 м. В 2003 г. максимальные значения плотности населения и биомассы наблюдались в ноябре (265 экз./м<sup>2</sup>, 16,897 г/м<sup>2</sup>) на глубине от 0 до 2 м. Такие высокие показатели получены в основном за счет проб, отобранных на илистых с детритом грунтах (глубина 0,25 м), прочие типы грунтов – на горизонте от 0 до 2 м (крупный песок, крупная галька со щебнем) характеризовались гораздо меньшими значениями плотности и биомассы. Сезонное изменение плотности характеризуется пиком после размножения в летний период. Распределение этого вида по биотопам и глубинам и динамика его количественных показателей достаточно устойчивы по всей акватории озера, что объясняет сходство полученных в 2003 г. показателей с таковыми в 2002 г. (Роготнев, 2003). Максимальных размеров (29 мм) рачки достигают к весне. Формирование новых генераций и отмирание крупных особей происходили во все три рассматриваемых периода. Максимальные значения количественных показателей приходились на размерные группы 11–13 и 19–21 мм весной; летом отмечено три пика численности: для рачков размером 3–5, 19–13 и 15–19 мм; осенью – два пика: 1–3 и 11–15 мм. Можно сделать вывод об одногодичной структуре популяции. В теплые годы (2003) наблюдается три-четыре генерации, в холодные (2002) – две-три генерации. В теплые годы закономерно отмечаются лучшие показатели роста.

*Melita nitidiformis* Labay, 2003 (рис. 71)

Эндемик оз. Тунайча, где обитает при солености 1,2–4,9‰ на гравийно-галечных и песчаных грунтах в зарослях растительности от уре-

за воды до глубины 10 м (Labay, 2003). Маловероятно, что данный вид не обитал в озере во время гидробиологического обследования в 1989–1991 гг., скорее всего, имело место недостаточно квалифицированное определение видов ракообразных.

Исходя из распространения вида и условий его обитания в достаточно узких пределах варьирования солености воды, он должен быть внесен в Красную книгу Сахалинской области (как минимум) под статусом 2-й категории как редкий эндемичный уязвимый вид Сахалина.

*Lamprops korroensis* Derzhavin, 1923

Широко распространенный тихоокеанский бореальный приазиатский пресноводно-солонатоводный вид. На акватории Малой Тунайчи в 2003 г. *L. korroensis* обнаружен на различных типах грунтов в интервале глубин от 0 до 15 м. Максимальные значения плотности наблюдались в ноябре (44,4 экз./м<sup>2</sup>) на глубине от 2 до 5 м, а биомассы – в июле (0,094 г/м<sup>2</sup>) на горизонте от 0 до 2 м. В 2003 г. размеры особей были максимальными в июле. За летний период отрождается генерация рачков, которая перезимовывает и, достигнув весной размеров 5–7 мм, отмирает. Жизненный цикл *L. korroensis* в оз. Тунайча одногодичный.

*Palaemon paucidens* (de Naan, 1841)

Дальневосточный низкороборальный вид. В связи со слабой улавливаемостью креветок стандартными бентическими пробоотборниками описание их распределения выполнено по результатам неводных обловов при ихтиологической съемке в августе 2001 г., при этом учету поддавались только особи средних и крупных размеров. Пресноводная креветка является бенто-нектическим видом и наблюдалась по всей акватории озера и во всех придаточных водоемах. Распределение креветок по акватории неоднородно. Являясь обитателями побережья, они обычны в зарослях растительности и редки на открытых участках грунта.

Рострум без выпуклого дорсального гребня, почти прямой; его конец выдается примерно на 1/5 длины за передний край скафоцеритов; по верхнему краю рострума у сахалинских экземпляров – 5–6 шипов; по нижнему краю рострума – 2–3 (реже 4) шипа; острие рострума обычно двузубое; карапакс с одним шипом по срединной линии. Антенна I: два жгутика из трех срослись между собой 8–10-ю члениками. По морфологическим характеристикам *P. paucidens* оз. Тунайча относится к типу А (типизация выполнена японскими авторами на основании морфологического и генетического анализа: Chow, Fujio, 1985; Fidhiany et al., 1989).

В уловах мальковой волокушей встречались как самцы пресноводной креветки, так и самки. Отношение самцов к самкам составило 1:2,6.

По литературным данным (Kubo, 1942; Nishino, 1980), в постларвальном развитии *P. paucidens* выделяется две последовательные стадии – самцы и самки – различающиеся между собой строением плеопод 1-й и, особенно, 2–5-й пар. Проведенный автором морфологический анализ показал наличие в постларвальном развитии трех стадий: предсамки (prefemale) – креветки длиной до 40–42 мм (**рис. 72g, h**), самцы – длиной 40–48 мм (**рис. 72d, e, f**), самки – более 48 мм (**рис. 72a, b, c**). Предсамки характеризуются близким к самкам строением плеопод, но не несут репродуктивной функции.

Анализируя кривую изменчивости массы с длиной (для самок использовались значения массы без икры) (**рис. 73**) и соотношение размерных рядов самцов и самок, можно сделать предположение о наличии у данного вида протерандрического гермафродитизма: особи малых размеров обычно являются самцами, самки обладают более крупными размерами. Однако в оз. Тунайча размерный ряд самцов и самок перекрывается в довольно большом диапазоне: минимальная длина самок составляет 23 мм, а максимальная длина самцов – 48 мм. В целом по обловам максимальная длина креветок составляет 60 мм. Отношение массы креветок к их длине (см. **рис. 73**) описывается полиномом  $M=0,0015L^2-0,051L+0,5259$ , при коэффициенте аппроксимации  $R^2=0,956$ , где  $L$  – длина креветок (мм),  $M$  – масса креветок (г).

Самки достигают половой зрелости лишь на втором году жизни, имеют только один помет и вынашивают яйца около 2 месяцев при средней температуре 14,8 °С. Минимальная плодовитость самок в уловах составила 137 икринок, максимальная – 1 512 икринок, при средней 508 икринок на самку (для подсчетов использовались самки с икрой на плеоподах в стадии развития без глазка). Средний диаметр икринки на стадии отсутствия глазка составил 0,6 мм, при массе 0,00034 г; на стадии глазка – 0,66 мм, при массе 0,00093 мм.

Нерест пресноводных креветок, видимо, продолжается весь вегетационный период. В оз. Тунайча самки приступают к вынашиванию икры на плеоподах при минимальной длине 26 мм. Отношение нерестовых самок к яловым летом 2001 г. составляло 23%. В небольших придаточных озерах (оз. Червячное, оз. Крестоножка) самки с икрой отмечаются с мая по конец сентября.

На юге Курильских островов личинки проводят в планктоне около 10 дней (Дулупов и др., 1986). После терминальной линьки оседают на дно при размере 6–9 мм. В оз. Тунайча и в придаточных водоемах насчитывается 10 личиночных стадий, которые соответствуют описанным в литературе (Yokoуа, 1931). В пелагиали личинки плавают исключительно в вертикальном положении; голова ориентирована вниз, тельсон – вверх.

Основное отличие личинок *P. paucidens* из озер южного Сахалина от описанных в литературе – более длинный роstrum (рис. 74).

Пресноводные креветки всеядны – потребляют животную и растительную пищу, детрит. При наличии животной и растительной пищи всегда предпочитают животную.

В зарослях водной растительности креветки достигают максимальных количественных показателей (от 0,17 экз./м<sup>2</sup> и 0,16 г/м<sup>2</sup> до 5,3 экз./м<sup>2</sup> и 7,6 г/м<sup>2</sup>) (рис. 75). Сравнение двух близрасположенных станций в восточной части Большой Тунайчи показало, что на участках, обедненных водной растительностью (ст. 1), креветки менее обильны (0,42 экз./м<sup>2</sup>; 0,46 г/м<sup>2</sup>), чем в зарослях растительности (ст. 7: фоновый вид растительности – *C. glomerata*) (5,3 экз./м<sup>2</sup> и 7,6 г/м<sup>2</sup>). В северной части пр. Красноармейская в зоне влияния приливов (у моста) даже в зарослях растительности количественные показатели пресноводной креветки гораздо ниже, чем на основной акватории озера (0,06 экз./м<sup>2</sup> и 0,054 г/м<sup>2</sup>).

Во время исследований зарегистрировано два вида суточных миграций пресноводных креветок. На основной акватории озера в условиях стабильной солености (2,4–2,6‰) рачки в дневное время концентрируются в прибрежной зоне, а ночью рассредотачиваются по акватории (см. рис. 75). В протоке, где имеется влияние приливно-отливных явлений, в прибрежье в ночное время (отлив) обнаружена большая концентрация креветок, чем во второй половине дня (прилив), что, возможно, объясняется влиянием приливов.

#### *Crangon amurensis* Bražnikov, 1907

Тихоокеанский бореальный приазиатский вид. Песчаный шримс *C. amurensis* обнаружен только в районе пр. Красноармейская, где по количественным показателям превосходит пресноводную креветку (0,35 экз./м<sup>2</sup>; 0,17 г/м<sup>2</sup>). Так же, как и для пресноводных креветок, в прибрежье в ночное время (отлив) обнаружена большая концентрация креветок, чем во второй половине дня (прилив): 0,03 экз./м<sup>2</sup>; 0,029 г/м<sup>2</sup>.

В целом, по ракообразным в 2002 г. наблюдалось снижение численности группы: от 470–460 экз./м<sup>2</sup> в мае–июле до 210 экз./м<sup>2</sup> в ноябре; в динамике биомассы прослеживались падение от мая (12,9 г/м<sup>2</sup>) к июлю (4,8 г/м<sup>2</sup>) и дальнейшее увеличение к ноябрю (8,4 г/м<sup>2</sup>). Такая динамика показателей достаточно типична для популяций с одногодичным циклом, когда к лету отмирают крупные особи прошлогодней генерации, а генерации этого года малочисленны из-за воздействия неблагоприятных условий среды. В теплом 2003 г., наоборот, в течение всего вегетационного периода отмечался рост численности и биомассы; перегиб в

динамике биомассы, как и в 2002 г., объясняется элиминацией к июлю генераций предыдущего года и появлением генераций текущего года с незначительной индивидуальной биомассой.

Таким образом, для ракообразных, как и для двустворчатых моллюсков, основным фактором, регулирующим показатели обилия и генеративную структуру популяций, в оз. Тунайча выступает температура воды.

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что температура воды будет выступать регулирующим фактором в продукционных процессах для ракообразных. По данным В. И. Дулепова с соавторами (Дулепов и др., 1986), на о. Кунашир наиболее высокой скоростью продукции обладают виды, обитающие в прогреваемых озерах, что связано с более теплым температурным режимом, чем на литорали моря или в горных и предгорных водотоках.

Опираясь на приведенные выше описания, получаем для *N. awatschensis* за период весна–осень 2003 г. по оз. Тунайча продукцию 60 451,71 кг, биомассу – 34 615,31 кг. Р/В-соотношение было равно 1,75. В 2002 г. Р/В-соотношение составило 0,98 (Роготнев, 2003). За период с осени 2002 г. по осень 2003 г. продукция составила 76 970,12 кг, или 76,970 т.

Продукция *G. ovatum* составила за год 206 266,1 кг (206,266 т), за период весна–осень 2003 г. – 186 738,4 кг, биомасса за тот же период – 49 703,86 кг. Р/В-соотношение было равно 3,76. За аналогичный период 2002 г. Р/В-соотношение составило 0,23 (Роготнев, 2003).

Для *E. kugi* за период весна–осень 2003 г. продукция составила 213 179,2 кг (213,179 т), а биомасса – 75 644,54 кг. Р/В-соотношение равно 2,82. В 2002 г. Р/В-соотношение для *E. kugi* составило 1,41 (Роготнев, 2003). За период с осени 2002 г. по осень 2003 г. продукция составила 309 734,8 кг (309,734 т).

Продукция *L. korroensis* составила за год 5 017,277 кг (5,017 т), за вегетационный период 2003 г. – 2 171,201 кг, биомасса за тот же период – 1 745,58 кг. Р/В-соотношение было равно 3,76.

Осредненный годовой Р/В-коэффициент для перечисленных видов составил 3,3. По этому показателю была рассчитана годовая продукция ракообразных, которая составила 713,889 т при запасе, равном 214,06 т.

Таким образом, увеличение температуры воды в оз. Тунайча в 2003 г. по сравнению с 2002 г. привело к параллельному возрастанию Р/В-коэффициента для холодноводных бореальных видов (*N. awatschensis*, *E. kugi*) в 1,8–2 раза, а для тепловодного субтропического низкоборельного вида *G. ovatum* – в 16 раз!

Тотальная биомасса всех остальных донных беспозвоночных была несколько меньше, чем для ракообразных, и составила 194,745 т. Не имея возможности достаточно точно рассчитать продукцию для этого комплекса видов, мы приняли ее равной биомассе ( $P/V=1$ ), тем более что значимость этих видов в осредненном сообществе невелика.

Суммарная биомасса макрозообентоса в оз. Тунайча равна 103 450,877 т (средневзвешенная – 959,916 г/м<sup>2</sup>), а создаваемая им продукция немного больше таковой для корбикулы – 83 342,292 т. Общая биомасса макробентоса (включая фитобентос и зообентос) по озеру составляет 106 963 т, а его годовая продукция, как минимум, – 121 971 т.

#### Изменения в составе и структуре макробентоса, связанные с уменьшением солености воды

В литературе и архивных данных отсутствуют сведения о составе и структуре макробентоса оз. Тунайча до строительства моста, когда соленость его верхнего слоя составляла более 6‰. Однако имеющиеся данные о переходном периоде (Иванков и др., 1999) позволяют достаточно уверенно судить о направленности изменений в составе и структуре донной биоты. В полной мере оценить изменения видового состава нельзя, что связано с недостаточной полнотой обработки материала, собранного в конце 80-х гг. прошлого века. Например, описанные по сборам СахНИРО новые для науки виды *Psectrocladius zelentzovi* Makarchenko, 2003 и *M. nitidaformis* (Макарченко, 2003; Labay, 2003) вряд ли появились в озере после понижения солености, их отсутствие в списке видов связано именно с недостаточной полнотой обработки материалов. Тем не менее, некоторые закономерности можно обнаружить. Достаточно обычный в сборах конца 1980-х гг. вид бокоплавов *E. barbatus* в наших исследованиях достоверно был обнаружен лишь в пр. Красноармейская, где достаточно велико влияние приливных морских вод.

Более значимы изменения в структуре и количественных показателях макрозообентоса (табл. 22). Прежде всего отметим значительное увеличение общей биомассы донных беспозвоночных (более чем в 3 раза), обусловленное ростом биомассы доминирующего вида – корбикулы. Параллельно также росла биомасса видов и групп, связанных с олигогалинными и пресными водами: ракообразных, хирономид и брюхоногих моллюсков (в 3–10 раз). В то же время типично солоноватоводные виды – *P. amurensis* и *M. balthica* – характеризуются значительным падением биомассы (в 9–80 раз) и находятся на грани исчезновения из состава донной биоты.

Быстрое падение солености, имевшее место еще в конце 80-х гг. прошлого столетия (0,5‰ за год), прекратилось, и за все время исследований СахНИРО с 2001 по 2004 г. соленость поверхностного активного слоя не менялась, составляя 2,2–2,6‰. Следовательно, описанная нами структура донных сообществ является устоявшейся и, видимо, будет таковой и в будущем. Из прогнозируемых изменений возможно полное исчезновение солоноватоводных видов *P. amurensis* и *M. balthica* на акватории основной части озера, хотя в протоке в зоне смешения морских и пресных вод какая-то часть их популяции сохранится.

## ГЛАВА 9. ИХТИОФАУНА (РЫБЫ И КРУГЛОРОТЫЕ)

### 9.1. ФАУНА КРУГЛОРОТЫХ И РЫБ ОЗЕРА ТУНАЙЧА

Сергей Никитич Сафронов,

Виталий Дмитриевич Никитин,

Наталия Кирилловна Заварзина,

Эльза Рудольфовна Ившина,

Алексей Владимирович Метленков,

Вячеслав Степанович Лабай,

Владимир Иванович Марченко,

Юрий Иванович Игнатъев,

Кирилл Георгиевич Галенко,

Андрей Александрович Живоглядов,

Павел Константинович Гудков

#### Общая характеристика

Ихтиофауна оз. Тунайча насчитывает 39 видов рыб и круглоротых пресноводного и морского генезиса, адаптированных в разной степени к обитанию в водах с различной соленостью: от типично пресноводных до морских, подходящих к берегам только в теплое время года для нагула и нереста (**прил. 4**).

Начало формирования ихтиофауны лагуны следует отнести к концу эоцена – олигоцену, когда в условиях резкого и значительного похолодания климата (Лисицин и др., 1980; Кафанов, 1982) стали формироваться

представители современных холодноводных семейств Северного полушария. Происхождение крупных таксонов родового уровня датируется в основном миоценом, а видов – плиоплейстоценом (Данильченко, 1964; Ископаемые костистые..., 1980; Черешнев, 1996; Назаркин, 2000).

Самой многочисленной группой рыб Тунайчи являются широко распространенные высокобореальные виды арктического происхождения, южные популяции которых адаптировались к более теплым условиям. Виды этой группы ведут начало от низкобореальных тихоокеанских предков, мигрировавших в Арктику во время берингийской трансгрессии в среднем плиоцене (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), *O. keta* (Walbaum, 1792), *O. kisutch* (Walbaum, 1792), *Salvelinus laeicomensis* (Pallas, 1814)). Сформироваться в северной Пацифике высокобореальные виды не могли, так как в миоцене и начале плиоцена климат в регионе был более мягким, чем в настоящее время (Муратова, 1973; Бискэ, Баранова, 1976; Петров, 1976). Адаптация к высокобореальным водам, по-видимому, началась в первой половине плиоцена только в северной части Берингова моря, откуда ранне-среднеплиоценовым оптимумом фауна была вытеснена в Арктику (Douglas, Savin, 1971; Armentrout et al., 1978; Keller, 1978). В конце плиоцена нынешняя высокобореальная и бореально-арктическая фауна под давлением значительного похолодания мигрировала из Арктики в северную часть Тихого океана, где вдоль азиатского побережья расселилась до Японии (Долганов, 2001).

В оз. Тунайча присутствуют также адаптированные к более холодным водам широко распространенные преимущественно низкобореальные виды, обитающие от Восточно-Китайского моря до Камчатки (*Acipenser medirostris* Ayres, 1854, *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856), *Oncorhynchus masou* (Brevoort, 1856), *Pungitius sinensis* (Guichenot, 1869), южные популяции *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758)). Из низкобореальных видов лишь *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963 имеет ограниченный ареал. Происхождение этих видов связано с северной частью Тихого океана, где близкие к ним формы известны из отложений миоцена и плиоцена (Основы палеонтологии..., 1964; Зюганов, 1991; Черешнев, 1996; Назаркин, 2000). Особо следует отметить сахалинского тайменя – реликтовую форму, сохранившуюся с доледникового времени. В плейстоцене таймени обитали и вдоль американского побережья Тихого океана (Глубоковский, 1995).

## **Отряд PETROMYZONTYFORMES – МИНОГООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Petromyzontidae – миноговые**

1. *Lethenteron camshchaticum* (Tilesius, 1811) – тихоокеанская минога. Населяет северную часть Тихого океана от берегов Японии и Кореи

на юге до Анадыря и Аляски на севере. В России распространена от рек Пасвик и Тулома до р. Обь, а также в р. Амур, в Приморье, в реках северного побережья Охотского моря, в реках Анадырь и Камчатка. В крупных реках о. Сахалин встречается повсеместно. В водоемах юга острова наиболее широко распространена и воспроизводится в бассейнах крупных рек Лютога и Найба, а также в реках меньшей величины: Ай, Мануй, Лазовая, Очепуха, Мерея, Цунай, Таранай, Кура и др.

В оз. Тунайча тихоокеанская минога высокой численности не имеет. Половозрелые особи длиной 31–46 см отмечаются весной и в начале лета. Всего за период исследований в озере было отловлено 6 экз. половозрелых особей. Миноги отмечались на крупной кундже и проходных лососях. В р. Казачка были отловлены личинки («пескоройки») этого вида длиной 14–18 см, массой 6–9 г.

2. *Lethenteron reissneri* (Dybowski, 1869) – дальневосточная ручьевая минога.

Распространена в реках бассейна Тихого океана. В России – от рек Анадырь и Камчатка до о. Сахалин и рек, впадающих в зал. Петра Великого. Обычна во всем бассейне р. Амур: известна из рек Сунгари, Уссури. В бассейне оз. Ханка отмечена только в верхнем течении (Берг, 1948; Никольский, 1956).

Нами была отмечена в реках, впадающих непосредственно в оз. Тунайча: Казачка и Ударница. В июне 2009 г. в уловах мальковой волокуши присутствовала одна особь из р. Казачка длиной 19 см.

Хозяйственного значения не имеет.

## **Отряд ACIPENSERIFORMES – ОСЕТРООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Acipenseridae – осетровые**

3. *Acipenser mikadoi* Hilgendorf, 1892 – сахалинский осетр

Ранее этот вид объединяли с североамериканским зеленым осетром в один вид – *Acipenser medirostris* (Ayres, 1854) (Берг, 1948). Сахалинский осетр встречается в Татарском проливе и отдельных реках, впадающих в него. Область распространения этого вида ранее охватывала всю прибрежную акваторию вокруг о. Сахалин, а также морские воды вдоль побережья Приморского края. В настоящее время достоверно известна только одна река – Тумнин (Хабаровский край), где сохранилось его естественное воспроизводство. Возможно, в очень ограниченном масштабе вид размножается в р. Виахту (северо-западное побережье о. Сахалин).

В Сахалинской области попытки искусственного воспроизводства сахалинского осетра в целях восполнения природных запасов предпри-

нимались в бассейне оз. Тунайча на ЛРЗ «Охотский». Подращенная молодь осетра собственного разведения в количестве 30 экз. была выпущена в озеро в июне 2007 г. (Васильева, 2007; Микодина, Хрисанов, 2008). При сборе ихтиологического материала в том же месяце ставными сетями был пойман сахалинский осетр длиной 56 см. После измерения пойманный экземпляр был выпущен. В последующие годы исследований в уловах не было встречено ни одной особи.

Как вид, находящийся под угрозой исчезновения, сахалинский осетр занесен в Красные списки МСОП и СИТЕС (Красная книга..., 2000, 2001).

## **Отряд CLUPEIDAE – СЕЛЬДЕОБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Clupeidae – сельдевые**

#### **4. *Clupea pallasii* Valensiennes, 1847 – тихоокеанская сельдь**

Тихоокеанская, или малопозвонковая сельдь обитает в северной части Тихого океана, встречается в Белом и Баренцевом морях, в южных районах Карского моря. Тихоокеанская сельдь имеет сложную внутривидовую структуру и разделяется на экологические формы: морская, прибрежная и озерно-лагунная. Сельдь оз. Тунайча относится к озерным сельдям, выделяется в самостоятельную популяцию с небольшим запасом (Румянцев и др., 1958; Фролов, 1964; Kobayashi, 1993; Pushnikova, 1996; Рыбникова, 1999; Науменко, 2000; Трофимов, 2004, 2005). Озерные сельди встречаются в северной части Тихого океана в озерах о. Сахалин, п-ова Камчатка и Японии (о-ва Хоккайдо и Хонсю). Их нерест и зимовка проходят в озерах, нагул – на прилегающей морской акватории.

Нерест различных популяций тихоокеанской сельди у побережья о. Сахалин, в том числе озерных, проходит в мае–июне и длится, как правило, до 1–1,5 месяцев. Основным фактором, определяющим сроки нереста сельди, считается температурный режим (Фролов, 1968; Беренбейм, 1971; Душкина, 1988; Науменко, 2000; Hay et al., 2001a). Сельдь оз. Тунайча начинает нереститься с освобождением озера ото льда при температуре воды 1–2 °С в мае и заканчивает в конце июня. К концу нереста температура воды достигает 14,0–17,0 °С. Поскольку озеро практически полностью освобождается ото льда в первой декаде мая и уже во второй декаде мая (данные 2002 г.) в выбросах рдестов и кладофоры отмечается икра сельди, можно предполагать, что начало нереста сельди приходится на первую декаду мая (Пробатов, Фролов, 1951; Фролов, 1968; Мухаметова, 2005, 2008). Об этом свидетельствует и динамика развития гонад. Как показывают результаты исследований 2002 г., в конце апреля в уловах отмечались рыбы только в преднерестовом состоянии, а уже к 10–13 мая большинство рыб (50–70%) нерестятся. Окончание нереста, вероятно, приходится на конец июня – начало июля. В целом, сроки

нереста и его начала у тихоокеанской сельди могут варьироваться в разные годы в очень широком интервале. Нерестовый ход сельди всех популяций, в том числе оз. Тунайча, характеризуется довольно хорошо выраженным волновым характером подходов рыб – отмечается обычно два-четыре пика (Науменко, 2000).

Нерест тихоокеанской сельди наблюдается в прибрежной мелководной зоне на водорослевом субстрате. Икрометание сельди в оз. Тунайча проходит, по всей вероятности, вдоль всего побережья Большой и Малой Тунайчи на глубинах до 9 м, где есть подходящий нерестовый субстрат: рдесты рода *Potamogeton* и кладофора. Наиболее интенсивно икрометание протекает в Большой Тунайче (Румянцев и др., 1958; Науменко, 2000; Мухаметова, 2008). По данным О. Н. Мухаметовой (Мухаметова, 2008), выживаемость личинок сельди в опресненных озерах низкая. По нашим данным, нерест сельди в озере Тунайча интенсивен. За счет обширных мест нереста при низкой численности личинок сельди численность этого вида в озере находится на стабильно высоком уровне. После нереста рыбы мигрируют из озера в зал. Мордвинова для нагула. Вместе с отнерестившейся сельдью из озера в море выходит молодь. Активный нагул рыб в зал. Мордвинова обеспечивается за счет высокой продуктивности этой акватории (Пробатов, Фролов, 1951; Фролов, 1968; Маркина, Чернявский, 1984; Атлас количественного..., 2003).

В конце сентября – октябре сельдь совершает миграцию из моря в озеро на зимовку, миграция заканчивается после ледостава (Пробатов, Фролов, 1951). В зимний период сельдь, как предполагается, не образует плотных скоплений (Фролов, 1968). Так как в оз. Тунайча отмечается круглогодичная стратификация вод и пригодным для жизнедеятельности большинства гидробионтов считается поверхностный слой до глубины 15 м, можно предполагать, что именно в этом слое и проходит зимовка сельди.

Сельдь оз. Тунайча отличается минимальными размерами, по сравнению с представителями других популяций сельди о. Сахалин и озерных популяций о. Хоккайдо и п-ова Камчатка (Kanno, 1989; Kobayashi, 1993; Pushnikova, 1996; Науменко, 2000; Takayanagi, 2000; Hay et al., 2001; Трофимов, 2004). Длина и масса сельди оз. Тунайча в разном возрасте представлены в **приложении 5**. Зависимость длина (см) – масса (г) сельди оз. Тунайча описывается степенным уравнением:  $W=0,008*L^{3,0961}$  ( $W$  – масса,  $L$  – длина по Смитту).

Зависимость длина (см) – возраст (лет) соответствует уравнению роста Берталанфи:  $L_t=32,6[1-e^{-0,19(t+1,73)}]$ , где  $L_t$  – размер в возрасте  $t$ .

В период посленерестовой (в мае–июне) и зимовальной (в сентябре–ноябре) миграций сельдь в уловах отмечается обычно длиной от

10–12 до 30–32 см, в отдельные годы попадаются рыбы длиной до 35–37 см (рис. 76). Рыбы длиной менее 15 см и более 28 см в уловах составляют обычно не более 3–5%. Практически все рыбы в скоплениях половозрелые. Размерный состав сельди весной и осенью существенно не различается. Доминируют в скоплениях особи длиной 18–25 см, массой 50–200 г, в возрасте 3–6 лет.

В зимние месяцы в озере отмечены рыбы длиной от 14,4 до 27,7 см и массой 30–240 г, в возрасте от 1+ до 9+ лет. Доминируют в скоплениях рыбы длиной 20–23 см, массой 70–130 г, в возрасте 2+–4+ лет.

Сельдь оз. Тунайча по продолжительности жизни сравнима с сельдями, обитающими в озерах о. Хоккайдо и о. Хонсю. Сельди из озера п-ова Камчатка достигают возраста 15–18 лет, а с о. Хоккайдо – 5–7 лет (Науменко, 2000; Такауагаи, 2000; Трофимов, 2004). Предельный известный возраст сельди оз. Тунайча – 9 лет. В скоплениях мигрирующей сельди в мае–июне встречаются рыбы в возрасте от 2 до 9 лет, в октябре–ноябре – 1+–8+ лет. В осенних скоплениях преобладают рыбы 3+–5+, в весенних – 3–6 лет. В единичных экземплярах отмечаются сеголетки.

Массовое половое созревание наступает при достижении длины 19–21 см в возрасте 3 года, полное половое созревание – в 4 года. Первые созревающие особи появляются в возрасте 2 года при достижении длины 13–14 см (Pushnikova, 1996).

Средняя абсолютная индивидуальная плодовитость сельди оз. Тунайча изменяется в пределах от 6,8 до 100,1 тыс. икринок и в среднем составляет 30–35 тыс. икринок, что близко к плодовитости сельди де-кастринской популяции и сельди заливов северо-восточного побережья о. Сахалин (Пискунов, 1951; Пробатов, Фролов, 1951; Pushnikova, 1996). Изменения индивидуальной абсолютной плодовитости в одноразмерных и одновозрастных группах существенны, что характерно для рыб. Для сельди оз. Тунайча этот показатель более изменчив у рыб в возрасте 4–6 лет, при длине тела 19–23 см и массе 80–120 г.

Активное питание и основной соматический рост сельди приходится на летние месяцы, когда она нагуливается в море. В зимние месяцы озерная сельдь питается слабо, что обусловлено как особенностями физиологии, так и слабой обеспеченностью кормовыми организмами (Никольский, 1974; Трофимов, 2004). В феврале–марте 2003 г. только 2% рыб были накормленными, а в марте 1992 г. у всех отловленных рыб желудки были пустыми. Вероятно, в оз. Тунайча, как и в озерах п-ова Камчатка, сельдь в зимний период питается животными бентического и нектобентического происхождения отрядов Isopoda и Amphipoda. В оз. Тунайча эти гидробионты образуют скопления с относительно высокой биомассой, в отличие от планктонных организмов (см. гл. 8). В мае–июне и октябре–

ноябре, в период посленерестовой и зимовальной миграций сельдь также практически не питается. По осредненным данным 1970-х–2000-х гг., только 10% рыб в этот период имели в желудках пищу.

Промышленный лов сельди ведется в весенние месяцы в морском прибрежье в районе пр. Красноармейская. В оз. Тунайча добывается рыбаками-любителями в период подледного лова.

## **Отряд CYPRINIFORMES – КАРПООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Cyprinidae – карповые**

#### **5. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) – серебряный карась**

Областью естественного распространения серебряного карася являются пресные водоемы тихоокеанского побережья Евразии и бассейна р. Амур. В настоящее время его ареал простирается от Испании и Франции до Дальнего Востока, охватывая большую часть Европы и Азии. На о. Сахалин серебряный карась обитает в пресных и солоноватых водах с соленостью до 6‰. В пресных водоемах существуют исторически сложившиеся места его естественного обитания (бассейны рек Поронай и Тымь, северо-западная часть острова и др.). В основном они расположены в средней и северной частях острова. На юге острова карась повсеместно интродуцирован, в том числе в бассейны озер Тунайча, Вавайские и Айнское.

В водоемы юга Сахалина серебряный карась завезен из бассейна р. Амур. В конце 70-х гг. XX столетия вместе с сазаном карась из пресноводных озер через протоки проник в оз. Тунайча (Никаноров, 1960; Ключарева и др., 1964; Сафронова, Сафронов, 1980; Бровко, Сафронов, 1989; Сафронов, 1990), где к середине 80-х гг. XX века его биомасса значительно увеличилась и с конца 1990-х гг. находится на стабильном уровне.

В пресных озерах (Свободное, Добрецкое, Червячное и др.), соединяющихся протоками с оз. Тунайча, происходит нерест карася. В этих же водоемах наиболее часто встречается его молодь. Пресноводные озера являются основными местами воспроизводства карася и обитания его на младших стадиях онтогенеза. Не исключено, что на некоторых наиболее опресненных участках в оз. Тунайча существуют его нерестовые станции, однако эффективность размножения на них вызывает сомнения. Сроки нереста карася (конец мая – июль) в бассейне р. Амур и водоемах о. Сахалин в основном совпадают. Во время нереста карась, хотя и не интенсивно, но продолжает питаться (Никольский, 1956; Ключарева и др., 1964; Сафронов, Чан, 1994). Основной нагул половозрелой части популяции происходит непосредственно в озере.

В период нагула весной и летом серебряный карась встречается практически по всей прибрежной площади оз. Тунайча. В апреле наи-

большие скопления отмечаются в районе протоки, связывающей озера Тунайча и Свободное. Во второй половине весны – ранней осенью он распределяется уже по всему озеру. В летний период карась иногда образует скопления в местах, прилегающих к небольшим пресноводным озерам. Значительные скопления рыб отмечены на участках водоема в районе озер Свободное и Червячное. Они формируются в преднерестовый период. В озерах Свободное и Червячное расположены нерестовые площади карася.

Встречается карась как в зарослях водных макрофитов, так и на участках, свободных от них. Основные места обитания отмечены у берега на глубинах до 5 м (частота встречаемости – 64%). Во второй половине осени (октябрь–ноябрь) он наблюдается на глубинах только от 5 м, что, вероятно, связано с осенним охлаждением воды. Зимует карась на относительно больших глубинах, с песчано-илистым или илистым дном, свободным от растительности. В феврале 2003 г. в северо-восточной части озера на глубине около 10 м была отловлена одна особь. По опросным данным, в других районах озера карась неоднократно попадал в сети в январе. В весенне-осенний период карась неоднократно совершает миграции из придаточных озер в оз. Тунайча и обратно.

В уловах 1988–1993 гг. длина тела серебряного карася оз. Тунайча изменялась от 7 до 34 см. Основу (89,0%) составляли особи длиной 22–28 см и массой 300–900 г. Средняя длина рыб в уловах составила 25,2 см, масса – 525 г.

В 2007–2010 гг. отмечены рыбы длиной от 4,8 до 39,3 см (средняя – 26,4 см), массой 2,0–1 429,0 г (654,5 г) (**рис. 77**). Неполовозрелые особи имели длину от 4,8 до 6,4 см (средняя 5,4 см), массу 2,0–8,5 г (4,4 г). Преобладали особи длиной 26–28 см (29,5%), массой 600–800 г (37%).

В нерестовом стаде в 1988–1993 гг. было представлено семь возрастных групп – от 3 до 9 лет с преобладанием 6–8-годовиков (**прил. 6**). Во всех возрастных группах самки преобладали над самцами, а в возрасте 8 лет были представлены только самки. В целом, в нерестовом стаде карася оз. Тунайча самки составляли 75,9% общей численности. Основным типом размножения его в то время было гиногенетическое (Сафронов, Чан, 1994). Доминирование в нерестовой популяции карася по численности особей женского пола свидетельствовало о благополучном ее состоянии (Никольский, 1974, 1974а; Жуков, 1988). К концу 1980-х гг. в уловах в бóльшем количестве стали появляться самцы, а в середине 1990-х гг. их относительная численность достигла более 30%. На таком достаточно высоком уровне этот показатель оставался и до последнего времени, а в нерестовом стаде 2010 г. доля самцов составила уже 68,9%. Таким образом, в последние годы наблюдается процесс естественного

старения популяции карася, при котором нормальное соотношение полов в стаде с преобладанием самок над самцами меняется на обратное, что может привести к уменьшению общей биомассы и воспроизводительной способности (Никольский, 1974а). Основной причиной такой перестройки является высокая экологическая пластичность этого вида. В условиях повышения его численности, когда для оплодотворения стало не хватать самцов других видов, стало возрастать количество самцов своего вида. Увеличение доли самцов, которое происходило вместе с увеличением численности этого вида, отмечено и в других водоемах (Сафронов, Чан, 1994; Ковалев и др., 2001).

В 2002–2010 гг. по численности значительно преобладали 5–8-годовики, особи в возрасте 10–12 лет встречались в небольшом количестве (прил. 6). Серебряный карась оз. Тунайча имеет хороший линейный и весовой рост, мало отличающийся от роста карася из других водоемов Восточной Сибири и Дальнего Востока. Половозрелым становится в возрасте 3 и 4 полных лет.

В бассейне оз. Тунайча карась впервые созревает в трехлетнем возрасте (Сафронов, Чан, 1994). Мелкие, неполовозрелые особи в основном обитают в придаточных водоемах. В оз. Свободное, например, в уловах были отмечены преимущественно неполовозрелые рыбы длиной 11,7–18,0 см (75,8% общей численности). В период наблюдений 2010 г. 50,5% самцов и 47,3% самок находились на IV стадии зрелости гонад. На IV–V стадии были 11,7% самцов и 3,7% самок. Доля особей с текучими гонадами составила 18,0% среди самцов и 43,6% среди самок.

В настоящее время промышленный лов карася в оз. Тунайча не проводится в связи со статусом озера (памятник природы) и отсутствием промысловых участков. Около 10 т ежегодно, по экспертным оценкам, вылавливается браконьерским способом. Спортивное и любительское рыболовство незначительно.

#### 6. *Cyprinus rubrofuscus* La Cèpede, 1803 – сазан амурский

Амурский сазан населяет воды Китая, Монголии, Японии, бассейн р. Амур (Берг, 1948; Никольский, 1956). С момента выпуска сеголетков в 70-х гг. XX века широко расселился в озерах южного Сахалина (Вавайские, Чибисанские, Охотское, Русское, Хвалисекое, Хазарское, озера бассейна оз. Тунайча) и стал одной из наиболее ценных и быстрорастущих рыб местной ихтиофауны (Сафронова, Сафронов, 1980). Проникнув в оз. Тунайча естественным путем через протоку из оз. Свободное, сазан хорошо прижился здесь и в настоящее время характеризуется высоким темпом роста. В 1988 г. в оз. Тунайча облавливался амурский сазан длиной от 50,0 до 67,0 см, в среднем 59,6 см, с преобладанием особей дли-

ной 54,0–64,0 см (79,1%) (Сафронов, Демьяник, 1995). Масса тела рыб из уловов изменялась от 2,4 до 6,7 кг и в среднем составила 4,0 кг, доминировали рыбы массой 3,5–5,0 кг. В одноразмерных группах самки были крупнее самцов. Средняя масса самок составляла 4,3 кг (3,1–6,7 кг), что было выше средней массы самцов – 3,6 кг (2,4–5,3 кг). Возраст рыб в уловах варьировался от 3+ до 13+ лет. Средний возраст составил 10 лет, с преобладанием 10–13-летних рыб. Наличие рыб в уловах младше 13+ лет свидетельствовало о том, что в оз. Тунайча обитают не только привезенные сазаны, но и сазаны поколений 1976–1984 гг. местного рождения. В уловах СахНИРО в период с 2000 по 2010 г. в оз. Тунайча встречались особи длиной от 64,0 до 70,6 см, массой 5,4–8,9 кг.

Сравнение размеров одновозрастных сазанов из разных водоемов (табл. 23) показывает, что особи этого вида из оз. Тунайча превосходят в росте сазана из водоемов Средней Азии и почти соответствуют в росте рыбам из р. Амур, уступая, вероятно, лишь сазану Бухтарминского водохранилища и оз. Сладкое. Высокие показатели роста, как по длине, так и по массе тела, свидетельствуют о благоприятных кормовых условиях в озере.

Половой зрелости сазан озер южного Сахалина достигает на 3–4-м году жизни. Самцы созревают в 4-летнем, самки – в 5-летнем возрасте. Длина впервые созревающих самцов изменялась от 26,4 до 33,5 см, самок – от 29 до 36,5 см, а масса соответственно от 442 до 888 и от 536 до 1 066 г.

Сазан является типичным представителем группы фитофильных рыб. Основными нерестовыми биотопами сазана в р. Амур, по данным Г. В. Никольского (Никольский, 1956), служат заливы, затопленные участки суши и затишные участки озер. Икра откладывается на наземную травянистую растительность. Массовое икрометание происходит в первой-второй половине июня при температуре воды не ниже 19 °С. Иногда, при отсутствии нерестового субстрата, сазан может не выметывать икру, и она к осени претерпевает перерождение. Самки с невыметанными половыми продуктами встречались в уловах до конца июля. Плодовитость самок сазана размером от 53,5 до 67,0 см в среднем составляла 704,5 тыс. икринок с колебанием от 282,3 до 1 244,0 тыс. икринок.

В целом, условия размножения сазана в бассейне оз. Тунайча являются неблагоприятными. Большинство придаточных озер имеют мелководные протоки, которые к тому же довольно часто замыкаются (например, в оз. Открытое), на протоке одного из самых больших озер – оз. Свободное – стоит дамба. Единственный водоем, в котором, по-видимому, происходит нерест и где встречается молодь сазана, – это оз. Червячное: здесь в 2003 г. была поймана одна особь длиной 12 см.

Помимо отсутствия достаточного количества нерестилищ, отрицательным фактором является сильный пресс аборигенных видов рыб (красноперок, корюшек, колюшек и других), которые в большом количестве могут истреблять икру и личинок сазана. В настоящее время в бассейне оз. Тунайча сазан имеет низкую численность: в 2002–2004, 2007, 2008 гг. в уловах в течение года встречалось от 1 до 5 экз., а в некоторые годы особи этого вида в уловах вообще отмечены не были.

В бассейне р. Амур молодь сазана питается низшими ракообразными, личинками хирономид, водной растительностью и ее семенами, а взрослые особи – личинками хирономид, моллюсками и водной растительностью (Ловецкая, 1941; Константинов, 1952; Никольский, 1956). Такой состав пищи обычен для сазана и в других водоемах (Тугарина, Ельцова, 1974; Сафронова, Сафронов, 1980). В оз. Тунайча в желудках сазана отмечалась корбикула.

#### 7. *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) – белый амур

Естественный ареал белого амура – равнинные реки Восточной Азии на юг до р. Сицзян, в России – среднее и нижнее течение рек Амур, Усури, Сунгари, оз. Ханка. В водоемах северо-запада Сахалина – нагульный мигрант. Акклиматизирован в водоемах юга Европейской части бывшего СССР и в Средней Азии, во многих странах Западной Европы и Северной Америки. В 1981 г. в оз. Тунайча было выпущено 2 250 шт. двухлетков белого амура, в оз. Червячное – 250 шт. средней навеской 360 г. В настоящее время в озерах Тунайча и Червячное, а также в соседнем оз. Русское единично облавливаются акклиматизированные особи.

Белый амур достигает длины 70–80 см, иногда – 1,2 м, массы – до 32 кг. Относится к быстрорастущим видам: при выращивании в прудах в южных районах нашей страны в возрасте 2 лет может достигать массы 600–1 000 г и более. В оз. Русское было поймано 2 экз. белого амура длиной 54 и 57 см и массой 1,7 и 2,3 кг соответственно (Safronov et al., 2007).

По нашим данным, в бассейне оз. Тунайча достигает длины 60–87 см и массы 3,5–8,0 кг в возрасте 5–9 лет.

Ценный объект акклиматизации и прудового рыбоводства. В оз. Тунайча может быть использован в качестве биологического мелиоратора для борьбы с зарастанием водоема.

#### 8. *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) – белый толстолобик

Область естественного обитания белого толстолобика простирается от бассейна р. Амур до Южного Китая. Этот вид искусственно раз-

веден во многих регионах Европы и Азии. В России обитает в среднем и нижнем течении р. Амур, в р. Сунгари, р. Уссури, низовьях р. Зея, в оз. Ханка, в водоемах о. Сахалин, а также по всей южной территории России в пределах Каспийского и Азово-Черноморского бассейнов (бассейны Волги, Кубани, Дона, Терека). На о. Сахалин встречается в проточных озерах и реках северо-западного побережья, впадающих в Амурский лиман. В водоемах юга острова был акклиматизирован. В оз. Червячное (бассейн оз. Тунайча) в 1981 г. было выпущено 165 двухлетков толстолобика средней навеской 100 г. Условия для размножения этой теплолюбивой рыбы во всех озерах южного Сахалина оказались малопригодными: отрицательными факторами явились резкие колебания температуры воды в период нереста, а также сильный пресс рыб-аборигенов, которые в массе выедают икру и личинок. Несмотря на это, в озерах Охотской системы и бассейне оз. Тунайча живут как минимум десять поколений белого толстолобика, выросших в местных условиях (Safronov et al., 2007).

Достигает в длину 1 м и массы 16–18 кг. В бассейне оз. Тунайча нами были отмечены единичные особи этого вида длиной до 75 см и массой до 7,6 кг.

Важная промысловая рыба, используется наряду с белым амуром для биологической мелиорации.

#### 9. *Phoxinus phoxinus sachalinensis* (Berg, 1907) – сахалинский озерный гольян

Эндемик о-вов Сахалин и Хоккайдо. На Сахалине распространен в водоемах южной части острова, в бассейне крупных рек Тымь и Поронай и в лагунах северо-восточного побережья (Берг, 1916; Таранец, 1937; Kawanabe et al., 1987; Никитин, 2010). В указанных районах встречается повсеместно – в озерах, старицах, каналах, карьерах. Отмечается практически во всех озерах бассейна оз. Тунайча: Крестоножка, Червячное, Открытое, Свободное, Изменчивое, Добрецкое и Седых. На собственной акватории оз. Тунайча встречается единично в наиболее распространенных участках.

Предельная длина сахалинского озерного гольяна в водоемах о. Сахалин составляет 17,3 см, масса – 112,9 г (бассейн р. Оссой, северо-восток острова) (прил. 7). В бассейне оз. Тунайча наиболее крупные гольяны длиной от 7,3 до 15,8 см (в среднем  $13,7 \pm 0,11$  см) облавливались в наибольшем из озер – оз. Свободное. В оз. Раскопанное длина рыб колебалась в пределах 2,2–12,4 см, в оз. Добрецкое – 4,4–8,4 см.

Во всех водоемах самки оказались длиннее самцов. Размеры самок варьировались от 3,8 до 12,4 см ( $6,5 \pm 0,91$  см), масса – в пределах

0,7–43 г ( $6,5 \pm 0,32$  г), доминировали рыбы длиной 7–8 см (28,6%), массой 8–10 г (21,1%) (**прил. 8, 9**). Самцы имели длину от 3,9 до 8,6 см ( $6,2 \pm 1,05$  см), массу – 0,7–14,0 г ( $5,6 \pm 0,27$  г). Преобладали особи двух размерных групп: длиной 4–5 см (27,1%) и 6–8 см (54,9%). Неполовозрелые рыбы имели длину 2,2–4,1 см, массу 0,1–0,9 г.

Продолжительность жизни сахалинского голяна в оз. Раскопанное составляет 6 лет, как и в других водоемах острова (Никитин, 2010). Основу уловов составляли рыбы в возрасте 4+ и 5+ лет. Самцы во всех возрастных группах растут несколько медленнее самок (**прил. 10**).

Половозрелыми рыбы становятся на втором году жизни при длине тела (AD) 4–7 см в возрасте 2+. Плодовитость составляет 2 841–10 560 икринок (**прил. 11**). В одной порции – от 428 до 1 350 икринок диаметром от 1 до 1,2 мм желтоватого цвета.

В оз. Свободное нерест начинается в середине мая при температуре воды 11–13 °С и продолжается до середины июня, массовый нерест начинается при температуре 13 °С. Икра откладывается на рдесты и другие виды водных растений, в отдельных случаях – на осоку, а также на остатки прошлогодней травы, залитые водой.

Промыслового значения сахалинский озерный голян на Сахалине не имеет.

#### 10. *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872) – мелкочешуйная красноперка-угай

Распространена вдоль азиатского побережья Тихого океана от р. Туманная (п-ов Корея) до рек Шантарских островов, включая нижнее течение Амура (Sakai, 1995). Есть на южных Курильских островах, на Сахалине и в Японии (Линдберг, Легеза, 1965). Л. С. Бергом (Берг, 1948) указана для о. Тайвань и Северного Китая.

Один из наиболее массовых видов в бассейне оз. Тунайча. Нерестится в крупных притоках озера (реки Казачка, Ударница, Шпаковка) в первую половину мая. Нагуливается в оз. Тунайча, в морском прибрежье отмечается редко. Распространена красноперка практически по всему водоему. В весенний период наибольшие уловы красноперки отмечаются в Большой Тунайче, преимущественно на глубинах почти от уреза воды до 10 м (**рис. 78**). Летом и осенью красноперка распределена довольно равномерно по всей площади озера. Крайне низкие численность и биомасса красноперки зимой (по уловам 2003 г.) свидетельствуют о зимовке ее, скорее всего, в реках либо в их приустьевых участках.

В уловах встречались рыбы длиной от 16,0 до 44,3 см (средняя 28,9 см) и массой 43,4–1 134,7 г ( $329,7$  г) (**прил. 12, 13**). Весной лови-

лись особи длиной от 16,0 до 44,3 см, в среднем  $30,3 \pm 0,28$  см; массой от 43,3 до 1 134,7 г, в среднем  $356,2 \pm 9,72$  г. Летом размеры рыб составляли 18,6–37,3 см, в среднем  $23,8 \pm 0,55$  см; масса – 78,2–644,5 г, в среднем  $181 \pm 15,9$  г. Осенью встречались особи длиной от 19,5 до 33,3 см, в среднем  $28,1 \pm 0,24$  см; массой от 125,3 до 604,9 г, в среднем  $330,1 \pm 8,73$  г. Средние значения размеров и массы тела рыб обоих полов были близки, однако наиболее крупными были самки.

Зависимость массы (г) и длины (см) описывается степенным уравнением  $W=0,017*SL^{2,9}$ . Показатель степени в данном случае меньше 3, что свидетельствует о снижении упитанности рыб по мере роста.

Соотношение самцов и самок в уловах в разные сезоны изменялось. Весной оно составляло 1,3:1, летом 0,5:1, осенью 1:1,6, в среднем 1,2:1. Численное преобладание самцов в популяциях мелкочешуйной красноперки, как считает О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), может объясняться их более ранним созреванием по сравнению с самками и повышенной посленерестовой смертностью самок.

Возрастной состав мелкочешуйной красноперки оз. Тунайча аналогичен таковому для популяций данного вида из других районов о. Сахалин (Гриценко, 1990, 2002; Роготнев и др., 2005). В выборках присутствовали рыбы в возрасте от 2+ до 8+ лет. Основу уловов составляли особи 3+–7+ лет. Весной преобладали рыбы в возрасте от 5+ до 6+ лет (97,7%), летом – в возрасте 3+ лет, а осенью – 4+ (**рис. 79**).

По нашим данным, предельный возраст красноперок в оз. Тунайча в различные годы составляет 8+ лет (**прил. 14**), что на год меньше, чем в других популяциях вида о. Сахалин (Гриценко, 1990, 2002) (**табл. 24**).

Темп роста мелкочешуйной красноперки довольно равномерный в течение вегетативного периода – с весны до осени. Для особей в возрасте 4+ лет годовой прирост длины тела составляет 4,2 см, массы – 94,3 г; для рыб в возрасте 5+ лет – 0,9 см и 113 г соответственно.

Мелкочешуйная красноперка становится половозрелой позже, по сравнению с другими видами дальневосточных красноперок, – в возрасте 5+ лет, что согласуется с литературными данными (Гриценко, 1990). На нерест она заходит в реки, впадающие в оз. Тунайча. Размножается, как правило, в июне–июле (Гриценко, 2002). Икрометание единовременное, но нерест, по-видимому, значительно растянут, особи с текучими гонадами встречались в течение всего лета (Геоэкология озера..., 1991).

Мелкочешуйная красноперка оз. Тунайча является преимущественным бентофагом, с преобладанием в питании нитчатых водорослей (Роготнев и др., 2005). Она использует в пищу объекты практически всех жизненных форм – нейстон, планктон, нектон, бентос (включая

инфауну). Это говорит о неограниченности кормовой ниши вида и его высоких конкурентных способностях: в условиях высокой кормовой конкуренции с другими видами рыб мелкочешуйная красноперка легко может переходить на другой тип питания. По данным 2001 г., в августе в пищевой спектр мелкочешуйной красноперки входили 17 видов и форм кормовых объектов. Рассчитанный рацион увеличивался с возрастом размера рыб: от 16 г у особей длиной 15–20 см до 46 г у рыб длиной 30–35 см. По частоте встречаемости в желудках доминировала японская малоротая корюшка (**рис. 80**), а также водные макрофиты и корбикула. Интенсивность питания мелкочешуйной красноперки в различные сезоны была неодинаковой и в целом низкой (**прил. 15**).

Промыслового значения не имеет, но является объектом спортивно-любительского рыболовства.

11. *Tribolodon sakhalinensis* (Nikolsky, 1889) – сахалинская красноперка-угай

В работе С. В. Шедько (Шедько, 2005) представлены результаты сравнительного анализа синтипов *Leuciscus sachalinensis*, показавшего, что это название является старшим синонимом для *T. hakoensis* ezoe Okada et Ikeda, 1937. В связи с этим обозначен лектотип *L. sachalinensis*, восстановлен его статус и для названия вида использовано старейшее из пригодных названий в его новой комбинации *Tribolodon sachalinensis* (Nikolsky, 1889).

Сахалинская красноперка распространена на о. Сахалин, материковом побережье Японского моря, островах Хоккайдо и Хонсю. На Сахалине данный вид встречается по западному побережью от южной оконечности острова до р. Большая Александровка (Шедько, 2005), по восточному побережью – от южной оконечности острова до р. Тымь (Гриценко, 1972, 1974; Чуриков, Сабитов, 1982). На юге о. Сахалин этот вид обитает в большинстве рек и озер (Гриценко, 1972, 1974, 2002).

В бассейне оз. Тунайча за весь период исследований с 2000 по 2010 г. только весной 2004 г. был отмечен единственный экземпляр сахалинской красноперки в оз. Свободное. Выловленная особь оказалась самкой с гонадами на III–IV стадии зрелости, длиной 23,8 см, массой 266,8 г, в возрасте 5 лет.

12. *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) – крупночешуйная красноперка-угай

Распространена вдоль азиатского побережья Тихого океана от р. Туманная (п-ов Корея) до рек Шантарских островов, включая нижнее течение р. Амур (Sakai, 1995). Есть на южных Курильских остро-

вах, о. Сахалин и на островах Японского архипелага (Линдберг, Легеза, 1965). По Л. С. Бергу (Берг, 1948), *T. hakonensis* обитает на о. Тайвань и в Северном Китае вплоть до южной оконечности о. Кюсю, примерно 31° с. ш. На Сахалине встречается на всей территории острова, наиболее массовый вид среди красноперок.

В оз. Тунайча численность крупночешуйной красноперки значительно ниже, чем мелкочешуйной. Весной, в период нагула, она встречается по всей акватории озера, образуя максимальные скопления в северной части Малой Тунайчи. Летом (июнь–июль), когда происходит нерест, наиболее многочисленные группировки рыб формируются рядом с крупными реками, впадающими в озеро: Комиссаровка и Подорожка. Осенью красноперка распределяется по акватории озера довольно равномерно. В различные сезоны она встречается на глубине от 0,5 до 15 м (рис. 81).

Весной крупночешуйная красноперка в озере была представлена особями длиной от 13,0 до 34,0 см, среднее – 20,1 см, массой от 23,5 до 544,7 г, среднее – 131,3 г (прил. 16, 17). В это время в уловах по численности преобладали неполовозрелые и впервые созревающие особи. Крупные экземпляры в основном были представлены самками. В летний период длина рыб составляла 14,7–40,0 см (в среднем 26,0 см); масса – 35,2–1 035,8 г (в среднем 271,2 г). Доминировали впервые созревающие рыбы длиной от 20 до 22 см и половозрелые особи длиной от 32 до 34 см. Осенью красноперка была представлена крупными рыбами с длиной от 22,5 до 31,0 см (в среднем 26,0 см) и массой 150,5–403,5 г (в среднем 246,8 г).

Зависимость массы (г) и длины (см) крупночешуйной красноперки описывается степенным уравнением  $W=0,079*SL^{3,15}$ . Показатель степени в данном случае больше 3, что свидетельствует об увеличении упитанности особей по мере роста.

В выборках крупночешуйная красноперка была представлена особями в возрасте от 2 до 8 полных лет. Весной основу уловов составляют особи в возрасте 2+ (57,8%), а летом и осенью – 4+ (32,4 и 47,8% соответственно). Летом, в период нерестовой миграции красноперки в реки, по численности преобладают половозрелые рыбы. Осенью особи старше 6-летнего возраста уже не встречаются, однако не отмечена и молодь в возрасте менее 3+ (прил. 18).

В младших и старших возрастных группах по численности преобладают самки. Самцы наиболее многочисленны в возрасте 3+ и 4+. По данным О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), максимальный возраст рыб для Сахалина составляет 9+ лет. По нашим данным, в оз. Тунайча предельный возраст красноперки – 8+ лет.

Темп роста красноперки в течение жизни довольно равномерный. В первые годы жизни приросты длины составляют около 5 см, затем они уменьшаются до 3 см в год к концу жизни. Для наиболее многочисленных групп 4+, 5+, 6+ лет прирост длины и массы тела за сезон нагула составил 4 см и 94,2 г, 8,3 см и 90,0 г, 1,3 см и 38,3 г соответственно.

Крупночешуйная красноперка созревает при длине тела 21,0–27,0 см в возрасте 3+–4+ лет (Гриценко, 2002). В оз. Тунайча впервые созревающие особи имеют длину 23,1–25,1 см, массу тела – 110,4–251,5 г, при возрасте 4+ лет.

Интенсивность питания крупночешуйной красноперки в летний и осенний периоды была незначительной (прил. 19). Весной она питалась более интенсивно (средний балл наполнения желудков – 1,3), чем летом (0,8) и осенью (0,9). Наименьшая степень наполнения желудков отмечается летом, в период анадромной миграции взрослых особей через озеро в реки. У большинства особей (60,6%) желудки пустые. У крупночешуйной красноперки относительно широкий спектр питания (рис. 82). Он включает в себя органические остатки (детрит), водную растительность и животные организмы. Около половины (49,5%) содержимого желудков рыб составляют детрит и макрофиты. Заметную роль в питании крупночешуйной красноперки играют рыбы, ракообразные и моллюски.

Промышленного значения не имеет. Вылавливается рыбаками-любителями на удебные снасти.

### **Семейство Valitoridae – балиторовые**

#### **13. *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) – сибирский голец**

Ареал сибирского гольца простирается к востоку от Уральских гор до побережья Тихого океана и включает водоемы Сибири от р. Обь до р. Колыма, реки побережья Охотского моря, о-вов Сахалин, Хоккайдо, п-ова Корея, рек Амур, Суйфун, Туманная, Ялу, Ляохэ (Аннотированный каталог..., 1998), а также водоемы Шантарских островов (Линдберг, Дулькейт, 1929). На Сахалине сибирский голец распространен в пресноводных водоемах практически по всему острову (Сафронов, Ни, 1999; Сафронов, Никифоров, 2003).

В оз. Тунайча отмечается в южной и восточной частях озера в распресненных участках близ впадения малых рек и ручьев. Всего в оз. Тунайча было отловлено 23 экз. самок и 15 экз. самцов. Среди проанализированных особей встречались рыбы длиной *SL* от 9,6 до 16,0 см и массой тела от 8,2 до 38,2 г. Возраст рыб составлял от 3 до 5 лет.

## Отряд OSMERIFORMES – КОРЮШКООБРАЗНЫЕ

### Семейство Osmeridae – корюшковые

14. *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856) – морская малоротая корюшка

Распространена вдоль азиатского побережья Берингова моря, в северной части Охотского моря, у берегов о. Сахалин, южных Курильских островов, о. Хоккайдо, в Японском море на юг до северной Кореи (Федоров и др., 2003). На о. Сахалин обычна вдоль всего побережья, отмечается в солоноватоводных озерах и лагунах (Чуриков, 1978; Гриценко, 2002; наши данные). В оз. Тунайча она заходит на зимовку и нерест, а летом нагуливается в море, предположительно, в зал. Мордвинова. В весенний период основные скопления образует в Малой Тунайче и пр. Красноармейская, в Большой Тунайче в это время она отмечается в основном в районе протоки оз. Свободное. Осенью встречается по всему озеру.

По сравнению с другими малоротыми корюшками этот вид достигает наибольших размеров – до 25,5 см и 150 г – в северном Приморье (Парпура, Колпаков, 2001). Максимальная длина рыб в оз. Тунайча составила 22,5 см, масса тела – 96,4 г. Весной непосредственно в самом озере доминируют особи длиной 14–20 см и массой 20–60 г (**рис. 83**). В устье пр. Красноармейская встречается молодь длиной 7–9 см. Соотношение длины (см) и массы тела (г) морской малоротой корюшки описывается степенным уравнением  $W=0,0039*SL^{3,2657}$  ( $R^2=0,937$ ;  $n=223$ ). Показатель степени в данном случае больше 3, что свидетельствует об увеличении упитанности особей по мере роста.

В оз. Тунайча морская малоротая корюшка достигает возраста 6 лет. Весной доминируют по численности двухгодовики. Предельный зарегистрированный возраст для этого вида составляет 8+ при длине тела 22,3 см (Черешнев и др., 1999).

Морская малоротая корюшка оз. Тунайча характеризуется высоким темпом роста. За первый год жизни она достигает длины около 8 см (**прил. 20**). Средняя длина трехгодовиков составила 17,5 см. Для сравнения, у северо-восточного побережья Сахалина в августе (наши данные) рыбы в возрасте 3+ были мельче – в среднем 16,0 см. И. А. Черешнев с соавторами (Черешнев и др., 1999) для северной части Охотского моря приводят средние размеры корюшек в этом возрасте – 16,5 см. В северном Приморье двухгодовики достигают длины 12–13 см (Парпура, Колпаков, 2001), в то время как в оз. Тунайча – 15,1 см.

Впервые созревающие особи отмечались в возрасте 2 года при длине тела более 13,5 см. В водах Японии основная масса рыб достигает половой зрелости в возрасте 1 года (Yanagawa, 1981), на Камчатке – 1+

(Василец, 2000), а в Приморье – в 2–3 года (Парпура, Колпаков, 2001). Самцы в среднем созревают несколько раньше самок.

Индивидуальная абсолютная плодовитость, рассчитанная для 23 самок, варьировалась от 6,928 до 24,489 тыс. икринок и в среднем составила 17,047 тыс. икринок. На юге о. Хоккайдо этот показатель колеблется от 1,6 до 33,5 тыс. икринок (Yanagawa, 1981), в северном Приморье – от 8 до 50 тыс. (Парпура, Колпаков, 2001). С увеличением линейных размеров рыб их плодовитость закономерно возрастает (**прил. 21**).

Половозрелые рыбы отмечаются в озере в период с середины октября. В водоемах о. Хоккайдо морская малоротая корюшка, перемещавшаяся в заливах, выходит в побережье в феврале и возвращается на нерест весной (Yanagawa, 1981). Скорее всего, сходные сезонные миграции совершает и корюшка оз. Тунайча. Массовый заход на нерест в озеро наблюдается в первой половине мая (Гриценко, 2002). Пик нереста, вероятно, приходится на конец мая – первую половину июня.

Нерестится морская малоротая корюшка в прибойной зоне на участках с песчаным грунтом, обычно приуроченных к устьям пресноводных водотоков (Hamada, 1961; Hirose, Kawaguchi, 1998; Парпура, Колпаков, 2001). В Приморье отмечены случаи откладки икры на водоросли (Парпура, Колпаков, 2001; Гавренков, Платошина, 2003). Нерест данного вида в оз. Тунайча не изучен. Основываясь на распределении скоплений текучих особей обоих полов (наши данные) и выметанной икры (Мухаметова, 2004, 2005), можно предположить, что нерестилища располагаются в побережье Малой Тунайчи (недалеко от пр. Красноармейская) и в юго-восточной части озера (в районе впадения протоки оз. Свободное, р. Ударница и других рек).

Личинки корюшки вскоре после вылупления скатываются в море. Отнерестившиеся особи погибают либо также покидают озеро и появляются в нем только осенью. Таким образом, кормовые ресурсы озера морская малоротая корюшка практически не использует. В феврале–марте у единичных особей в пищевом комке отмечаются бокоплавцы. В период нереста рыбы не питаются, однако в их желудках изредка встречается свежевыветанная икра. В питании молоди из устьевой части пр. Красноармейская были обнаружены ракообразные, типичные для оз. Тунайча, – *L. korroensis* и *N. awatschensis*.

На Сахалине морская малоротая корюшка – второстепенный промысловый вид. Добывается в побережье малыми ставными и закидными неводами. Промысел основан на нерестовых скоплениях. В оз. Тунайча – объект зимнего любительского рыболовства.

В ихтиоценозе озера морская малоротая корюшка существенной роли не играет. Икра и личинки этого вида, вероятно, имеют некоторое

значение в качестве кормовых объектов, но их численность невелика по сравнению с остальными видами малоротых корюшек.

15. *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963 – японская малоротая корюшка

Широко распространена в Японском море, к югу от устья р. Амур до Кореи, на о-вах Сахалин, Хоккайдо и южных Курильских островах (Черешнев и др., 2002). Акклиматизирована в Китае (Василец, 2000) и Калифорнии (Saruwatari et al., 1997). На о. Сахалин обитает в солоноватоводных лагунах и пресноводных озерах, заходит в реки, в море отмечается у западного побережья острова и в зал. Анива (Гриценко, 2002; наши данные). В оз. Тунайча встречается практически повсеместно. Весной на нерест заходит в реки, ручьи и протоки озер, впадающие в озеро, в нагульный период отмечается в придаточных озерах: Крестоножка, Червячное, Открытое, Добрецкое и др. В летнее время она доминирует по численности среди корюшковых.

Популяции японской малоротой корюшки характеризуются сложным полиморфизмом жизненного цикла. К. Хамада (Hamada, 1961) выделяет для этого вида две формы: озерную (жилую) и проходную, включающую три экотипа. В Японии в озерах лагунного типа проходные и жилые рыбы обитают совместно (Torisawa, 1999; Katayama et al., 2000; Katayama, Otori, 2002). В оз. Тунайча японская малоротая корюшка встречается круглый год, однако наличие протоки, связывающей озеро с зал. Мордвинова, позволяет предположить, что часть рыб совершает миграции в залив и обратно. Это подтверждается присутствием данного вида в уловах из устьевом участке протоки, а также составом паразитофауны (см. гл. 9.3).

По сравнению с другими видами корюшек, японская малоротая корюшка отличается наименьшими размерами: ее максимальная длина, отмеченная в северном Приморье, составляет 14,7 см (Гавренков, Платошина, 2003). В оз. Тунайча длина рыб не превышает 12,7 см, масса тела – 20,2 г.

Распределение корюшки по размерно-возрастному составу весной и осенью существенно не различается. В эти периоды преобладают особи длиной 7–9 см и массой 3–7 г (рис. 84).

Японская малоротая корюшка – короткоциклический вид. Максимальный возраст в Приморье составляет 3+ (Гавренков, Платошина, 2003), в оз. Абашири (о. Хоккайдо) – 4 года (Hamada, 1961), в озерах южных Курильских островов – 5+ (Сидоров, Пичугин, 2004). В оз. Тунайча она достигает пятигодовалого возраста. Весной по численности значительно преобладают трехгодовики, осенью – трехлетки. Сравнительно небольшое количество сеголеток позволяет предположить, что значительная

их часть нагуливается в пелагиали озера либо покидает его для нагула в море.

По сравнению с другими малоротыми корюшками оз. Тунайча, японская малоротая корюшка характеризуется относительно низким темпом роста (**прил. 22**).

В водоемах Японии (Torisawa, 1999), северного Приморья (Парпура, Колпаков, 2001) бóльшая часть особей созревает и участвует в нересте на первом году жизни. По данным О. Ф. Гриценко и А. А. Чурикова (Гриценко, Чуриков, 1983), в 1972 и 1975 гг. нерестовое стадо в р. Ударница состояло исключительно из двухгодовиков, на основании чего был сделан вывод о моноцикличности этого вида. В ходе наших исследований в 2002–2004 гг. было обнаружено, что преднерестовые скопления японской малоротой корюшки в оз. Тунайча представлены половозрелыми особями в возрасте от 2 до 5 лет. Наблюдающиеся отличия могут говорить о том, что либо в р. Ударница размножается обособленная группировка корюшки, характеризующаяся коротким жизненным циклом, либо за период с 1975 г. по настоящее время в размерно-возрастной структуре популяции корюшки оз. Тунайча произошли существенные изменения, возможно, связанные с изменением гидрологии водоема. Наиболее вероятно, что для данного вида, как и для других малоротых корюшек, характерна массовая гибель производителей после первого нереста, однако выжившие особи способны размножаться повторно.

Индивидуальная абсолютная плодовитость рыб из оз. Тунайча составила 2,275–17,929 тыс. икринок. При росте длины увеличивается абсолютная плодовитость, а относительная плодовитость уменьшается (**прил. 23**). В северном Приморье ИАП варьируется от 0,42 до 7,7 тыс. (Парпура, Колпаков, 2001), в зал. Посъета – от 1 до 10 тыс. (Гавренков, Платошина, 2003), в оз. Абашири (о. Хоккайдо) – от 1,7 до 31,2 тыс. икринок (Torisawa, 1999).

Японская малоротая корюшка – облигатный литофил (Гриценко, 2002). Ее нерестилища были обнаружены в ручьях и небольших реках по южному побережью Большой Тунайчи. Глубины на нерестилищах варьировались от 0,1 до 0,3 м. Участки, пригодные для нереста (перекаты с песчаным дном и быстрым течением), располагались на расстоянии 5–11 м от устья ручья (Мухаметова, 2004). По данным О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), в бассейне р. Ударница производители поднимаются до мест нереста гораздо выше – до 1,5 км. Массовый нерестовый ход наблюдается начиная с третьей декады мая (Мухаметова, 2004, 2005). Сроки нереста включают весь летний период – с начала июня по август.

По характеру питания японская малоротая корюшка считается планктофагом, хотя в ее желудках кроме зоопланктона отмечались ли-

чинки амфибиотических насекомых, нектобентические ракообразные, икра и личинки рыб и др. (Shirashi, 1961; Атлас пресноводных..., 2002). В оз. Тунайча питание японской малоротой корюшки находится в сильной зависимости от динамики планктонного и бентосного сообществ в прибрежной полосе озера (Роготнев и др., 2005). Отмечена сезонная смена типов питания от бентофагии (придонные ракообразные) весной к планкто-бентофагии (планктонные копеподы и эпифитонные хиромиды) летом и некто-бентофагии (мизиды) осенью. Анализ избирательности по наиболее массовым в рационе систематическим группам кормовых организмов показал, что постоянное наибольшее предпочтение корюшки отдают мизидам. Рассчитанный осредненный суточный рацион составил 0,573 г.

На Сахалине японская малоротая корюшка промыслового значения не имеет. Объект любительского рыболовства в отдельных районах с высокой численностью. В оз. Тунайча не добывается.

Является одним из основных кормовых объектов хищных рыб в озере – кунджи, сахалинского тайменя, звездчатой камбалы, дальневосточной наваги и других видов.

16. *Hypomesus olidus* (Pallas, 1814) – обыкновенная малоротая корюшка

В составе данного вида А. Я. Таранец (1937) выделил два подвида, один из которых, *H. olidus bergi*, был указан для Сахалина, однако в дальнейшем большинством авторов (McAllister, 1963; Гриценко, Чуриков, 1983; Saruwatari et al., 1997; Черешнев и др., 2001, 2001а) обыкновенная малоротая корюшка рассматривается как монотипичный вид.

Распространена в Арктике вдоль азиатского побережья, к югу от Берингова пролива до северной части Японского моря, в водах о. Сахалин, Курильских островов, Японии, у берегов Северной Америки, акклиматизирована в Калифорнии (Федоров и др., 2003). На о. Сахалин встречается практически вдоль всего побережья, заходит в реки, обычна в солоноватоводных лагунах, отмечается в пресноводных озерах и старицах крупных рек (Таранец, 1937; Гриценко, 2002; наши данные).

В оз. Тунайча обыкновенная малоротая корюшка отмечается в течение всего года, хотя не исключено, что часть рыб выходит в море для нагула. Весной образует крупные преднерестовые скопления в устьях рек и проток озер, встречается в устьевой части пр. Красноармейская. В летнее время этот вид уступает по численности японской малоротой корюшке в соотношении около 1:5–1:7. Значительные концентрации в середине осени образуют сеголетки, выходящие в озеро из придаточных водоемов.

В водоемах острова обыкновенная малоротая корюшка достигает длины 18 см и массы 50 г (Гриценко, 2002). На Камчатке максимальная длина рыб составляет 15 см (Максименков, Токранов, 1993), в северном Приморье – 18,2 см при массе 20 г (Гавренков, Платошина, 2003). В оз. Тунайча она достигает длины 16,5 см при массе тела 43,2 г. В весенне-летний период в озере преобладают особи длиной 8,0–11,0 см, массой 4–6 г, осенью – молодь длиной 4,5–7,5 см, массой до 3 г (**рис. 85**). Соотношение длины (см) и массы тела (г) обыкновенной малоротой корюшки описывается степенным уравнением  $W=0,0026*SL^{3,4746}$  ( $R^2=0,97$ ;  $n=280$ ). Наблюдается увеличение упитанности особей по мере роста (показатель степени больше 3).

Обыкновенная малоротая корюшка достигает шестигодовалого возраста (Василец, 2000; Гриценко, 2002). В оз. Тунайча рыбы старше 3 лет встречаются единично. Весной в преднерестовых скоплениях преобладают рыбы в возрасте 2 года. В осенний период основную долю уловов в прибрежье озера составляют сеголетки.

Как и у других видов корюшек, у обыкновенной малоротой корюшки наиболее быстрый линейный рост наблюдается на первом-втором годах жизни (**прил. 24**). К концу октября сеголетки достигают длины 2,4–7,5 см.

Индивидуальная абсолютная плодовитость рыб из оз. Тунайча в зависимости от длины тела варьируется от 2,766 до 30,751 тыс. икринок (**прил. 25**). В других районах обитания средняя ИАП обыкновенной малоротой корюшки составляет от 1,082 в северном Приморье (Гавренков, Платошина, 2003) до 33,010 тыс. икринок в р. Тымь (Гриценко, 2002).

Массовые нерестовые подходы обыкновенной малоротой корюшки в оз. Тунайча начинаются с конца апреля, пик нереста приходится на май–июнь. Этот вид – типичный фитофил, откладывающий икру на водную растительность, подмытые корни и затопленные ветви прибрежных деревьев (Гриценко, 2002). Нерестилища расположены в ручьях, впадающих как в оз. Тунайча, так и в придаточные озера. В самом озере нерестилище отмечено в районе устья р. Подорожка (Мухаметова, 2004). Выклюнувшиеся личинки сносятся течением или сразу в оз. Тунайча, или в малые озера, из которых сеголетки корюшки выходят в оз. Тунайча осенью.

Обыкновенная малоротая корюшка обладает значительной пищевой пластичностью, используя в пищу нектобентические организмы, воздушных насекомых, а также личинок и молодь собственного вида (Таранец, 1937; Максименков, Токранов, 1993; Василец, 2000; Гриценко, 2002). В ряде водоемов из других районов ареала она является преимущественным планктофагом (Белоусова, 1975; Черешнев и др., 2002). В оз. Тунайча

основу питания корюшки составляют вневодные насекомые, потребляемые рыбами с поверхности воды, обычно представленные имаго хирономид – нерестящимися или вылупившимися из куколок (72,9% от общей биомассы) (Роготнев и др., 2005). Второстепенными группами в питании корюшек являются амфиподы (6,2%) и детрит (13,2%). Наблюдается сезонная смена преобладающих пищевых объектов – от мелких донных гидробионтов весной к вневодным насекомым летом. Осредненный суточный рацион составляет 0,528 г.

На Сахалине запасы обыкновенной малоротой корюшки освоены слабо. Имеет небольшое местное промысловое значение в отдельных районах с высокой численностью. Объект любительского рыболовства в период нерестового хода. В оз. Тунайча не добывается.

Также, как и японская малоротая корюшка, является важным компонентом питания хищных рыб – кунджи, сахалинского тайменя, звездчатой камбалы и др.

#### 17. *Osmerus dentex* Steindachner et Kner, 1870 – зубастая корюшка

Была описана Штейндахнером из зал. Де-Кастри (Татарский пролив) как самостоятельный вид. Впоследствии рассматривалась как подвид европейской корюшки *O. eperlanus dentex* (Берг, 1932, 1948) или как синоним североамериканского подвида *O. eperlanus mordax* (McAllister, 1963). После работ В. А. Клюканова (Клюканов, 1969, 1975, 1977) выделяется как азиатский подвид североамериканского вида *O. mordax*. Современные генетические и морфологические исследования позволяют считать зубастую корюшку самостоятельным видом (Шедько, 2001).

Ареал зубастой корюшки включает арктическое побережье от Белого моря до Берингова пролива у Евразии, от Берингова пролива до зал. Коронации у Северной Америки, тихоокеанское побережье от Берингова пролива до п-ова Корея и северной Японии в Азии (Черешнев и др., 2002). На Сахалине распространена вдоль всего побережья, встречается в солоноватоводных озерах и лагунах, на нерест заходит в реки (Щукина, 1999; Гриценко, 2002; наши данные). Реки, впадающие в зал. Мордвинова, в том числе и в бассейне оз. Тунайча, не имеют существенного значения в воспроизводстве этого вида. По мнению О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), в оз. Тунайча зубастая корюшка отсутствует. В 1989–1991 гг. этот вид был отмечен только в пр. Красноармейская (Геоэкология озера..., 1991). Согласно нашим данным, в оз. Тунайча корюшка единично встречается в весенний период. Ход ее в озеро начинается по мере освобождения зал. Мордвинова ото льда.

В 2002 г. данный вид был отмечен в противоположных участках озера: 11 мая в пр. Красноармейская и 18 мая в районе оз. Свободное.

Обе рыбы оказались половозрелыми самцами, их длина составила 23 см (масса 106 г) и 25 см (120 г). Пища в желудках отсутствовала. В 2005 г. 14 и 16 мая в пр. Красноармейская были пойманы особи длиной 20,2 см (76 г) и 25,5 см (170 г).

Нерест зубастой корюшки, по-видимому, возможен в некоторых реках, впадающих в озеро. По устному сообщению С. Н. Никифорова, этот вид в небольшом количестве заходит весной в одну из крупных рек бассейна оз. Тунайча – в р. Комиссаровку. Однако в ихтиопланктоне озера личинки зубастой корюшки отмечены не были (Мухаметова, 2004, 2005).

Нагул и зимовка зубастой корюшки проходят в морском побережье. В зал. Мордвинова предположительно нагуливаются рыбы, размножающиеся в реках зал. Анива (Щукина, 1999а) и, возможно, в реках юго-восточного Сахалина и бассейна оз. Тунайча. В феврале 2006 и 2010 гг. длина корюшек в зал. Мордвинова колебалась от 13,3 до 30,0 см, масса – от 13,1 до 142,4 г, доминировали рыбы длиной 20–25 см, массой 60–100 г.

Зубастая корюшка на Сахалине – второстепенный промысловый вид; составляет основу уловов (более 80%) всех видов корюшек. В зимний период добывается в качестве прилова при вентерном промысле на ваги. Весной промысел ведется в морском побережье и в приустьевых участках рек малыми ставными и закидными неводами. Излюбленный объект подледного любительского рыболовства. Зал. Мордвинова – одно из главных мест зимней корюшковой рыбалки на юге острова. В оз. Тунайча практически не добывается в связи с низкой численностью.

### **Семейство Salangidae – саланксовые**

#### **18. *Salangichthys microdon* (Bleeker, 1860) – рыба-лапша**

Обитает вдоль побережья Восточной Азии в морских, солоноватых и пресных водах. Рыба-лапша широко распространена в Японском море от Пусана на юге до Амурского лимана на севере и в южной части Охотского моря (Линдберг, Легеза, 1965; Новиков и др., 2002). Воды о. Сахалин являются северной частью ареала рыбы-лапши. На Сахалине широко распространена в лагунах, заливах и прибрежных водах (Отчет о выполнении..., 2001).

В водах Сахалина биология этого вида практически не изучена. В оз. Тунайча личинки рыбы-лапши являются доминирующей формой в ихтиопланктоне с июля до августа, формирующей здесь около 50% численности ихтиопланктона (см. гл. 9.2; Мухаметова, 2008). В оз. Тунайча икра рыбы-лапши прикрепляется к кладофоре. Вынос икры и высокие концентрации предличинок с желточным мешком привязаны к устьям

рек и проток озер, впадающих в озеро. Икрометание рыбы-лапши в системе оз. Тунайча происходит, вероятно, как в самом водоеме, так и в водоемах и водотоках его бассейна. Личинки рыбы-лапши разных возрастов встречаются с конца июня до середины сентября и являются доминирующей формой в ихтиопланктоне с июля до августа.

Половозрелые особи в уловах редки. Весной была встречена в желудках кунджи, которые были отловлены напротив оз. Изменчивое, длина рыб составляла от 7,5 до 9,0 см. В октябре 2003 г. в мальковом неводе напротив п-ова Баян было поймано несколько десятков рыб длиной 6–8 см (средняя 7 см), массой 0,4–1,0 г.

На Сахалине рыба-лапша является объектом любительского лова и ограниченного промысла в оз. Айнское (юго-западный Сахалин). В оз. Тунайча не вылавливается.

## **Отряд SALMONIFORMIS – ЛОСОСЕОБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Salmonidae – лососевые**

#### **19. *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) – горбуша**

Широко распространенный в северной Пацифике и прилежащих водах Ледовитого океана вид тихоокеанских лососей. Ее нативный ареал на Евразийском континенте простирается от р. Лена до рек Корейского полуострова (Унги, Чхонджина и Сончжина), включает острова Курильской гряды, о. Сахалин, о. Хоккайдо и далее на юг до Сангарского пролива. На Североамериканском континенте она встречается на отрезке побережья от р. Маккензи до р. Сакраменто.

Из тихоокеанских лососей горбуша наиболее многочисленный вид. Ее ежегодный вылов на Дальнем Востоке составляет около 80% от общего улова лососей. Наиболее высокочисленные ее подходы в Азии наблюдаются в реки западной и северо-восточной Камчатки, юго-восточного Сахалина и Курильских островов (Марченко, 2004).

Горбуша бассейна оз. Тунайча является частью популяции юго-восточного побережья о. Сахалин. К этому району относят участок от м. Анива на юге до р. Тихая на севере. Естественное воспроизводство тихоокеанских лососей в данном районе происходит в 29 нерестовых реках и большом количестве ручьев. Общая площадь нерестилищ оценивается в 1 896,0 тыс. м<sup>2</sup>.

Горбуша нерестится практически во всех реках, впадающих в оз. Тунайча. Наиболее крупным нерестовым водотоком является р. Комиссаровка. Нерестовый ход горбуши в эту реку продолжается с середины июня до середины сентября, массовый ход – с середины июля до конца августа, икрометание происходит в течение августа–сентября. Основу нерестового стада горбуши р. Комиссаровка составляют особи,

заходящие в реку во второй-третьей декадах августа. Их нерестилища приурочены к среднему и нижнему течению реки. Покатная миграция молоди горбуши продолжается с середины мая по конец июня, пик ската приходится на 10–15 июня.

Следует отметить, что степень заполнения нерестилищ р. Комиссаровка производителями горбуши обычно невелика (15–25 шт. на 100 м<sup>2</sup>). В годы низкой численности горбуши (поколения четных лет) на нерестилищах в реке обнаруживали обычно не более 5–10 тыс. нерестящихся особей, хотя для нормального заполнения всей нерестовой площади реки необходимо ежегодно иметь на нерестилищах около 230,0 тыс. производителей.

Низкий уровень воспроизводства горбуши р. Комиссаровка определяется целым комплексом факторов, как природных (низкое качество нерестилищ), так и антропогенных (промысел и незаконный вылов). Даже визуальные оценки позволяют говорить о том, что качество нерестилищ в р. Комиссаровка существенно хуже, чем в других реках юга Сахалина – р. Дудинка или р. Бахура. Природное низкое качество нерестилищ не позволяет надеяться на существенное увеличение рыбопродуктивности реки даже при условии значительного уменьшения промысловой нагрузки на стадо горбуши и влияния браконьерства.

#### 20. *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) – кета

Распространена в северной части Тихого океана, в водах п-ова Корея, Японии, в России – в Охотском и Беринговом морях (Камчатка, Чукотка, Курилы, Сахалин, Хабаровский край, Приморский край, бассейны рек Кольского полуострова), у берегов Северной Америки – от Аляски до Орегона.

Особенностью кеты является нерест на принципиально различных типах нерестилищ: омываемых подрусловым потоком с небольшой примесью грунтовых вод и расположенных на местах выхода грунтовых вод (Леванидов, 1968). Первый и второй типы нерестилищ характерны соответственно для летней и осенней рас кеты (Берг, 1953).

В реках бассейна оз. Тунайча распространена только осенняя форма. Наличие запасов грунтовых вод в этом районе создает предпосылки формирования значительных популяций осенней кеты. Заходы кеты отмечены практически во все реки озера, в том числе в реки Шпаковка, Казачка, Комиссаровка. Нерестилища расположены в основном в нижнем течении реки и в ее правом притоке р. Узда, впадающем в реку в 6 км от устья, точная их площадь неизвестна. Численность кеты, заходящей на нерест в р. Комиссаровка, в последние годы существенно возросла. На нерест в реку ежегодно заходит

3–5 тыс. рыб, среди них, вероятно, значительную часть представляют рыбы искусственного воспроизводства лососевого рыбного завода (ЛРЗ) «Охотский». Увеличению численности дикой кеты препятствует сильный пресс браконьерства.

ЛРЗ «Охотский» расположен на р. Ударница, действует с 1935 г. В прежние годы при низкой численности кеты среднегодовой выпуск молоди не превышал 5 млн шт. В дальнейшем численность кеты несколько возросла, позволяя вылавливать в р. Ударница от 10 до 40 т кеты. Закладка икры была увеличена, и к концу 1970-х гг. завод выпускал до 30 млн шт. мальков. После реконструкции завода в конце 1980-х – начале 1990-х гг. существенно улучшились условия выдерживания молоди. В результате отмечен существенный рост коэффициента возврата выпускаемой рыбной продукции, в пяти последних поколениях с полным возвратом (2001–2006 гг.) он в среднем составил 3,3% (рис. 86). Выпуск молоди с ЛРЗ происходит в конце мая – июне по достижении в море устойчивых температур 6–7 °С, равномерно, обычно партиями около 1 млн экз. на протяжении двух декад, при средней массе мальков около 1 г. Таким образом, в июне в озеро с ЛРЗ выходит порядка 25 т активно питающейся молоди кеты. При суточном рационе около 1,5% от массы тела ежедневное потребление ею кормовых организмов в озере может составлять приблизительно 375 кг. При этом молодь сама является объектом питания других рыб.

Нагул кеты в море продолжается от 1 до 6 лет, но в среднем две трети рыб созревают в возрасте 3+, на долю возрастной группы 4+ приходится 25,9%. Доля рыб, созревающих на третьем и шестом году жизни, невелика, а двух- и семилетние особи отмечены лишь несколько раз за весь период наблюдений (табл. 25). Средний возраст рыб этого стада самый низкий в Сахалино-Курильском регионе – 3,28 лет (1983–2004 гг.). Отчасти этим обусловлен их сравнительно небольшой средний вес –  $3\ 046 \pm 212$  г (1991–2010 гг.).

Темп роста рыб в море по годам меняется, что хорошо иллюстрируют графики изменения массы четырех- и пятилеток в подходах различных лет (рис. 87А, Б). Из графиков видно, что тенденции изменения размеров кеты ЛРЗ «Охотский» и бассейна р. Найба носят сходный характер. Исходя из тенденции увеличения средних размеров одновозрастных рыб, в настоящее время общие условия нагула кеты юго-восточного Сахалина в океане благоприятны.

Нерестовая кета подходит к побережью с гонадами на III–IV, IV стадиях зрелости, зачастую с небольшими преднерестовыми изменениями. По данным мечения 1998 г., после захода в протоку рыбы двигаются к устью р. Ударница в течение 3–21 дней, в среднем – 10,8 дня.

Первые экземпляры нерестовой кеты в зал. Мордвинова отмечают уже во второй декаде августа, основной ход наблюдается в сентябре, окончание хода – в первой декаде октября. Рыбы подходят к побережью на большом участке побережья – от м. Олег на севере до устья р. Унеча на юге. Уловы в прибрежье не отличаются стабильностью. Можно предположить, что значительная масса кеты входит в пр. Красноармейская, двигаясь не вдоль берега, а со стороны моря, ориентируясь на вынос распресненных вод озера.

На сегодняшний день стадо кеты бассейна оз. Тунайча – одно из самых стабильных на о. Сахалин. Последние 10 лет оно обеспечивало устойчивые уловы кеты на уровне 2 тыс. т.

#### 21. *Oncorhynchus masou* (Brevoort, 1856) – сима

Сима – азиатский проходной лосось, воспроизводящийся в реках северо-западного побережья Тихого океана (Берг, 1948; Бирман, 1972; Смирнов, 1975; Семенченко, 1989). На о. Сахалин встречается в небольших количествах повсеместно. Выделяют две основные группировки сахалинской сими – «южную» (воспроизводящуюся в основном в реках зал. Анива), представленную в основной массе трехлетками, и «северную» (зал. Терпения и северо-восточный Сахалин), с более сложной возрастной структурой (преобладают трех- и четырехлетки). Нерестовый ход «южной» группировки сими в два раза продолжительнее «северной», а по плодовитости сима южных районов значительно уступает «северным» популяциям (Гриценко, 2002). В бассейне оз. Тунайча воспроизводится сима «южной» группировки.

Массовый ход сими в большинстве районов южного Сахалина проходит с середины мая и продолжается до конца июня. Перед икрометанием сима около 1,5–2 месяцев проводит в реке, задерживаясь в ямах основного русла. Нерест происходит в верхнем течении рек, начинается в конце июля – начале августа, но в массе проходит во второй половине августа.

Молодь сими выходит из грунта в марте–апреле. После выхода из нерестовых бугров молодь расселяется в верхнем и среднем течении рек на мелководьях с заиленным галечно-песчаным дном, слабым течением и хорошо прогретой водой. Часть сеголеток к концу мая скатывается в нижнюю часть реки, оставаясь на границе эстуарной зоны. В малых реках бассейна оз. Тунайча (Ударница, Айруп) молодь сими мигрирует на зимовку на плесы и омуты нижнего течения. Перезимовавшая молодь частично до весеннего паводка, частично после него, поднимается вверх по течению в район нерестилищ, откуда скатывается в море в возрасте 1+, либо повторяет сезонный цикл миграций, ска-

тываясь после второй зимовки. Предпокатная молодь после зимовки не поднимается по течению так далеко, как пестрятки (Гриценко, 2002).

В уловах из оз. Тунайча нами были отмечены производители симы длиной от 36,1 до 50,2 см, при среднем значении  $42,7 \pm 0,48$  см. Основу уловов (30%) составляли рыбы длиной от 42,0 до 44,0 см. Масса тела симы колебалась в пределах от 639,9 до 1 750,0 г, средняя величина составила  $1 090,3 \pm 38,9$  г, доминировали особи массой от 800,0 до 1 000,0 г (30%).

Доля самцов составляла 52%, самок – 48%. Самцы имели длину от 36,1 до 50,1 см, в среднем  $42,3 \pm 0,74$ , массу – от 639,9 до 1 750,0 г, в среднем  $1 065,4 \pm 64,08$  г, доминировали рыбы длиной 42,0 см (30,8%) и массой 800,0 г (30,8%). Длина самок составляла от 38,0 до 51,2 см, в среднем  $43,2 \pm 0,59$  см, масса – от 770,5 до 1 679,2 г, в среднем  $1 117,4 \pm 43,04$  г. Преобладали рыбы на IV стадии зрелости гонад (87,5% самок, 96,2% самцов).

На Сахалине сима является третьим по численности видом из тихоокеанских лососей и считается второстепенным объектом промысла. Учитывая малую численность и большую дисперсность стад симы, оптимальным способом ее использования является лицензионный спортивный лов.

## 22. *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) – кижуч

Кижуч имеет довольно широкий ареал, по американскому побережью встречается от зал. Нортон (Аляска) до зал. Монтерей (Калифорния), по азиатскому – от Анадыря (Чукотский полуостров) вдоль Камчатского побережья, северо-западной части о. Сахалин до японского о. Хоккайдо (Берг, 1948; Линдберг, Легеза, 1965). На о. Сахалин отмечается в реках Тымь, Поронай, по всему северо-восточному побережью. На юге острова встречается только в р. Фирсовка. Периодически отдельные экземпляры отлавливаются почти во всех реках о. Сахалин. Интродуцирован в оз. Тунайча.

Благодаря интродукции икры кижуча с Буюкловского ЛРЗ на Охотский ЛРЗ и последующему подращиванию рыбоведами молоди до покатной стадии сформирована собственная популяция кижуча в бассейне оз. Тунайча. В озере отмечаются как молодь, так и крупные особи вида. Благоприятные природные условия данного района позволили кижучу распространиться по всей акватории озера, освоить впадающие в него реки и даже образовать жилую форму (Любаев, 2002). На примере Охотского завода доказана возможность интродукции кижуча с Буюкловского ЛРЗ, расположенного на р. Буюклинка – притоке р. Поронай (Ковтун, 2005). Икру кижуча на стадии пигментации глаз эмбриона заво-

зили в 1990–1991 гг. по 50 тыс. штук. В 1993 г. от собственных производителей (115 особей) было заложено 448,8 тыс. штук икринок. С 1995 по 1999 г. количество собранной икры в базовом водоеме – р. Ударница – изменилось от 74,5 до 7 076,1 тыс. штук, т. е. почти стократно. Соответственно увеличился и возврат производителей. В результате была сформирована устойчивая популяция кижуча в бассейне оз. Тунайча. Средняя длина совместно по самцам и самкам равна 57,4 см, а масса тушки – 2,26 кг. Плодовитость заводского кижуча в среднем равна 4 472 шт. икринок. Однако все эти показатели меньше, чем в других водоемах восточного побережья острова.

Основной выпуск молоди осуществляется в сентябре. Часть молоди сразу скатывается в оз. Тунайча, распределяясь по всей акватории и осваивая впадающие в него реки. Там она находит хорошую кормовую базу, и уже к сентябрю следующего года в возрасте 1+ некоторые экземпляры достигают массы до 200 г. Это, как правило, самцы. В период с июля по август, с прогревом воды в озере, они заходят в реки или держатся в приустьевых участках рек. С похолоданием кижуч выходит в озеро, имея на чешуе летнее кольцо суженных склеритов.

К данной группе присоединяется молодь, которая скатывается в озеро в январе. Скатившиеся годовики распределяются по озеру, как и сеголетки, при этом часть их уходит в море, а другая остается в озере. Оставшаяся в озере молодь после непродолжительного нагула осенью мигрирует в море либо остается в озере и в будущем образует жилую форму (Любаев, 2002). Покатники кижуча представлены двумя возрастными группами. В возрасте одного года скатывается чуть больше (53,8%) особей и несколько меньше (46,2%) в возрасте 2 года. По данным О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), в различных районах о. Сахалин среди покатников при тех же возрастных пределах существенно доминируют по численности двухгодовики.

Исследователями были отмечены каюрки, отличающиеся быстрым ростом в озере. В отличие от каюрок, скатившихся в озеро сеголетками, другие кижучи, скатившиеся осенью или зимой в озеро двухлетками, продолжают в нем свой рост, и к весне их масса составляет уже от 400 до 600 г и может достигать 900–2 000 г. Они также могут выходить в прибрежные участки моря. Такие кижучи идут на нерест в начале нерестового хода. Производители приходят из моря к Охотскому ЛРЗ в возрасте 2+ лет.

В настоящее время за счет разведения на ЛРЗ не удалось увеличить численность рыбы, так как заводская продукция подвергается значительной элиминации в течение пресноводного периода жизни (Любаев, 2002; Ковтун, 2005). Интенсивный вылов рыбаками-любителями в зим-

ний период в устьевых участках рек привел к значительному снижению численности кижуча в бассейне озера. Это подтверждается и нашими данными: кижуч в уловах 2002–2010 гг. встречался единично и был представлен 18 экз. Среди них – 8 экз. молоди в возрасте 1–2 полных лет. Скотившаяся молодь ловилась в озере в период с конца апреля до конца июня. Длина их составила 91–145 мм (в среднем 115 мм), масса – 9,1–22,0 (15,4) г. Среди них были три самки и два самца.

Взрослые особи кижуча (зашедшие из моря) ловились в озере единично только в период ранней весны и поздней осени. Все они были незрелыми и имели серебристую окраску без признаков брачного наряда. В конце апреля кижуч ловился в районе протоки оз. Свободное (пять самцов и одна самка). Все особи были в возрасте 1,2, за исключением самого мелкого самца в возрасте 2,2. Первая возрастная категория (1,1+) занимает незначительную долю в естественных популяциях кижуча о. Сахалин, а основу составляют особи с большей на год продолжительностью жизни в пресных водах (возраст 2,1+) (Гриценко, 2002). Осенью (начало ноября) поймано 2 экз. – самки в возрасте 2,0+ и 1,0+ в районе оз. Раскопанное. Коэффициент зрелости их составил 0,021 и 0,009 соответственно.

Взрослые самцы (5 экз.) имели длину тела от 35,0 до 37,8 см, в среднем – 36,3 см; самки (3 экз.) по длине были мельче – 31,8–36,5 см (34,0 см), а по массе несколько больше – 399–610 г (517 г), по сравнению с самцами (465–620 г, в среднем – 504 г).

Поимка крупных незрелых особей кижуча в оз. Тунайча весной с явными «морскими» структурами на отолитах указывает на то, что этот вид использует данное озеро в качестве нагула и, скорее всего, не выходит в открытое море. Даже если предположить, что попадавшие в озеро в начале ноября незрелые самки недавно зашли из моря и могли бы созреть к январю – середине марта, как на п-ове Камчатка (Берг, 1948), то сроки поимки крупных незрелых особей кижуча в конце апреля явно выходят за рамки нерестовой миграции. Что же касается пойманных осенью незрелых рыб, то их созревание зимой маловероятно. По данным О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), самые поздние сроки нереста вида на Сахалине – середина декабря. Косвенным подтверждением того, что пойманный в оз. Тунайча кижуч не выходит в море, служат его гораздо меньшие размеры по сравнению с кижучем из других районов острова (табл. 26).

### 23. *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814) – кунджа

Азиатский вид с ареалом от зал. Петра Великого на юге по всему побережью Японского, Охотского и Берингова морей к северу до

зал. Корфа. Распространен на Шантарских и Курильских островах, Сахалине, Хоккайдо и северном Хонсю (Никольский, 1889; Берг, 1916, 1948; Линдберг, Дулькейт, 1929; Таранец, 1937; Никольский, 1956; Линдберг, Легеза, 1959; Савваитова, 1964; Гриценко, 1975; Kawanabe, 1989; Черешнев, 1996). Анадромный, частью пресноводный вид.

На о. Сахалин кунджа встречается практически во всех водоемах, имеющих соединение с морем (Гриценко, 1975, 2002; Сафронов, Никифоров, 1995, 2003; Сафронов и др., 2005). Один из наиболее массовых видов рыб, обитающих в реках и лагунах острова. В оз. Тунайча отмечается в течение всего года.

В бассейне озера кунджа распространена повсеместно, но в основном ведет одиночный образ жизни, образуя небольшие скопления лишь на отдельных участках. Личинки кунджи после выхода из грунта в апреле–мае держатся на мелководьях в реках и ручьях бассейна оз. Тунайча (Ударница, Казачка, Комиссаровка, Подорожка, Рысь и др.). В течение летних месяцев сеголетки расселяются по руслу рек, при этом часть из них мигрирует в районы, расположенные выше нерестилищ, а часть спускается на низлежащие участки рек. Сеголетки (до 10 см) обитают на мелких плесах в местах с относительно слабым течением и песчано-галечным дном. В ноябре молодь собирается на зимовку на глубоких местах, обычно расположенных ниже по течению от мест летнего нагула, зачастую в приустьевых участках. В апреле молодь вновь расселяется по руслу и, по мере роста, занимает более глубокие и обширные участки русла, вплоть до нижних участков рек. Более крупная молодь держится ниже по течению, чем мелкая.

Скат молоди из рек происходит в возрасте 2–4 лет. В реках юга острова обычно скатываются 2–3-годовики (Гудков, 2004а; Сафронов и др., 2005). Скат начинается в мае и длится до середины августа. В озере молодь нагуливается до сентября–октября, после чего заходит на зимовку в низовья рек Ударница, Казачка, Подорожная и др. Отдельные особи остаются в приустьевых участках рек и крупных ручьев бассейна озера.

До первого нереста кунджа скатывается в озеро в течение двух–четырёх лет. Весной, в апреле–мае, наибольшие скопления кунджи наблюдаются в приустьевых участках рек (Комиссаровка, Подорожка, Казачка, Шпаковка, Ударница и др.) Миграция кунджи в море наблюдается в конце мая и приурочена к ходу сельди и морской малоротой корюшки.

Нерестовая миграция половозрелых особей кунджи происходит с начала августа до середины сентября. Морской нагул половозрелых особей длится 1,5–2,0 месяца. Производители, совершая анадромную

миграцию, поднимаются в верховья рек, где и происходит их нерест с конца августа по первую декаду сентября, после чего они скатываются на зимовку в озеро. Нерест у кунджи неоднократный, половозрелые особи могут два-три раза скатываться в море. Однако, как указывает О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002), большинство особей кунджи нерестятся один раз в жизни.

Кунджа в озере представлена в основном некрупными особями длиной тела около 25 см. Самые большие размеры имел самец длиной тела 63,5 см, массой 2 800 г в возрасте 10+. О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002) отмечает гораздо меньшие размеры и возраст кунджи из оз. Тунайча по сравнению с севером Сахалина, а также северной частью Охотского моря. Относительно крупная кунджа в озере ловится зимой: длина тела особей варьировалась от 30,0 до 48,1 см (среднее – 36,7 см), масса – 244–1 571 г (603 г), возраст рыб составлял 3–7 лет. Все рыбы были половозрелыми, за исключением самой мелкой особи. С конца апреля до конца июня в уловах отмечаются мелкие особи, предположительно, покатная молодь (за единичным исключением) с длиной тела 11,7–19,8 см в возрасте 2–6 лет.

Кунджа в бассейне оз. Тунайча смолтифицируется в возрасте от 1 до 5 лет, при этом доминируют трехгодовики. Для кунджи юга Сахалина О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002) указывает более узкие возрастные пределы ската – 2–3 года. Осенью средний возраст рыб снижается примерно на год, по сравнению с весной. Скорее всего, это связано с естественной смертностью кунджи. Известно, что у проходных гольцов пик смертности обычно приходится на начало лета. Соотношение полов по сезонам неодинаково – самок больше (57,6%), чем самцов.

Темп роста кунджи вполне характерен для проходного экотипа гольцов. Максимальные приросты размеров тела особей наблюдаются в первые годы после их первого ската (**прил. 26**). В данном случае возрастная категория 2–3-годовиков представлена покатной молодь, а более старшие рыбы уже совершали миграции. Вполне вероятно, что эти нагульные миграции происходят не в море, а в оз. Тунайча, во всяком случае, значительную часть времени, о чем свидетельствует относительно медленный рост рыб. Такое предположение ранее высказывал О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002) для крупных озерных и лагунных систем о. Сахалин. Темп роста особей с учетом «морского» возраста представлен в **приложении 27**.

Кунджа впервые созревает в возрасте 4+ после трех сезонов морского нагула. К. А. Савваитова (Савваитова, 1964) отмечает самое раннее созревание кунджи для этого района в возрасте 2+. По нашим данным, различий между самцами и самками по этим показателям не обнаруже-

но. Все зрелые рыбы были в возрасте от 5 до 8 лет после трех-четырех сезонов морского нагула (р. 2+ – р. 3+). Самцы были мельче самок. Длина самцов варьировалась от 22,8 до 36,4 см, средняя – 30,1 см, самок – 26,4–46,3 см (36,4 см).

Остаточная икра обнаружена у 6 экз. длиной 35,0–46,9 см в возрасте 5+–6+ лет. Среди них только одна самка пропускала нерест (возраст 5+), остальные созревали повторно. Уловы в преднерестовый период, когда становится возможным определить готовность особей к нересту в текущем году, показали, что самцы созревают впервые при несколько меньших размерах и нерестятся, по-видимому, более регулярно по сравнению с самками (**прил. 28**). Вывод о том, что пропуск нереста в некоторой степени характерен для кунджи оз. Тунайча, следует также и из наличия в уловах крупных незрелых особей в возрасте до 9+ лет.

По данным О. Ф. Гриценко (Гриценко, 1990), плодовитость кунджи южного Сахалина в реках, впадающих в лагуны, невелика и составляет от 400 до 1 910 икринок. Для сравнения, в р. Поронай плодовитость колеблется от 2 060 до 5 810 икринок, причем плодовитость одноразмерных особей р. Ударница ( $n=16$ ) ниже, чем у самок из р. Поронай ( $n=16$ ). По данным К. А. Савваитовой (Савваитова, 1964), плодовитость кунджи озер юга Сахалина ( $n=64$ ) изменяется от 344 до 2 268 икринок, в среднем – 972 икринки. По нашим данным, индивидуальная абсолютная плодовитость кунджи оз. Тунайча длиной от 35,5 до 64,0 см и массой 765–2 800 г изменяется от 478 до 5 455 икринок ( $n=111$ ), составляя в среднем 2 248 икринок. Связь между АИП кунджи и длиной тела по Смитту выражается функцией:  $y = -5\,298,5 + 163,5x$ , где  $y$  – АИП икринок, шт;  $x$  – длина рыбы АС, см.

Карликовые самцы, которые отмечаются О. Ф. Гриценко (Гриценко, 2002) для бассейна оз. Тунайча (р. Ударница), в наших уловах не встречались, так как обловы производились только в озере. По всей видимости, «карлики» держатся строго в реках, впадающих в озеро, и не спускаются в него.

В период открытой воды кунджа наиболее активно питается летом. Весной пищевая активность ее заметно ниже, а к осени она снижается еще больше.

Кунджа различного размера питается, за редким исключением, рыбой. В конце февраля она питается исключительно малоротой корюшкой. Среди пяти особей пища обнаружена у четырех, средняя степень наполнения желудков была довольно высокая – 2,4 балла. Это значительно превышает средние показатели за период открытой воды. К сожалению, из-за небольшой выборки нельзя сделать соответствующие выводы о питании кунджи в озере зимой, однако такой факт интен-

сивного питания заслуживает внимания: вероятно, период пониженной активности ее в озере непродолжительный и может быть ограничен одним-двумя месяцами. Весной и летом основу питания кунджи также составляет малоротая корюшка (**прил. 29**). Покатниками горбуши и кеты кунджа питается непродолжительное время – только в начале июня. Колюшка встречается в желудках реже перечисленных видов, но имеет относительно бóльшую долю в биомассе пищевого комка. Сельдь встречается единично. Кроме рыбы весной и летом единично в желудках кунджи встречены также личинки хирономид, ракообразные, моллюски и креветки, а осенью – икра лососей. Детальный анализ состава пищевых комков показал, что ракообразные и моллюски по частоте встречаемости в питании кунджи в весенне-летний период составляют 22,9%, а их биомасса в пищевом комке варьируется от 0,1 до 100%, в среднем составляет 42,1%. Беспозвоночные встречаются в питании как у покатной молоди с длиной тела 16,0–18,0 см, так и у взрослых особей длиной до 39,0 см.

Ценный объект рекреационного рыболовства. Добывается рыбаками-любителями удебными снастями в весенний и осенний периоды.

#### 24. *Salvelinus curilus* (Pallas, 1814) – южная мальма

Таксономический статус ручьевой мальмы долгое время оставался дискуссионным. В настоящее время считается, что это жилая форма южной мальмы *S. curilus*.

На Сахалине обитает в большинстве ручьев и рек (Таранец, 1936, 1937; Никаноров, 1960; Гриценко, 1975). В бассейне оз. Тунайча отмечается практически во всех впадающих в него водотоках. В самом озере встречается единично в период паводков в приустьевых участках рек. В наших уловах отмечались отдельные экземпляры длиной до 19,5 см и массой до 118 г.

#### 25. *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) – сахалинский таймень

В настоящее время сахалинский таймень распространен в бассейнах рек, впадающих в Японское море, от р. Киевка на материковом побережье и от о. Хоккайдо до лимана р. Амур, который, вероятно, является северной границей ареала по материковому побережью Азии. В северной части о. Хонсю истреблен (Nagasawa, Torisawa, 1991). На о. Хоккайдо редок, естественное воспроизводство отмечено лишь в реках Кусиро, Масухоро (м. Соя), Сирибецу и соседней с ней Сюбуто (п-ов Осима). На о. Сахалин, по нашим данным и литературным источникам (Гриценко и др., 1974; Гриценко, Чуриков, 1977), сахалинский таймень до недавнего времени встречался практически во всех больших и малых

реках и в приустьевых участках моря, а также в большинстве озер, имеющих связь с морем.

В бассейне оз. Тунайча распространен повсеместно, но как хищник ведет одиночный образ жизни, формируя скопления лишь на отдельных участках водоема. Весной наибольшая его концентрация наблюдается в приустьевых участках рек Комиссаровка, Подорожка, Казачка, Шпаковка, Ударница и др.

После вскрытия рек ото льда в середине апреля начинается ярко выраженный ход тайменя в реки на нерест, пик которого приходится на конец апреля – первые числа мая.

Нерестилища тайменя расположены обычно в среднем и верхнем течении рек. После нереста производители, как правило, сразу же скатываются, хотя известны случаи их длительной (до месяца и более) задержки в реках (р. Казачка).

Молодь тайменя, вышедшая из нерестовых бугров, в июне – начале июля расселяется по мелководьям у песчаных и галечных кос, после того как с них произошла откочевка молоди других лососей. Начиная с годовалого возраста, населяет большие омуты или плесы с медленным течением, с заиленным песчаным или галечным дном, с нависшими и упавшими деревьями. Скаты молоди из рек, впадающих в озеро, как и в других крупных водоемах Сахалина, происходит в возрасте 1+ и 2+ при достижении длины 10–25 см, начинается после прохождения пика весеннего паводка и заканчивается во время летней межени.

По нашим данным, бóльшая часть особей сахалинского тайменя в море не выходят, отдельные особи совершают зимовально-нагульные миграции река–море в течение 3–5 лет. Взрослый период жизни сахалинский таймень проводит в прибрежной зоне озера, молодь длиной 10–25 см держится близ устьев рек и проток, а крупные особи – на границе водной растительности на глубине от 5 м.

После нереста таймень скатывается в озеро и держится в предустьевых участках на глубинах 2–2,5 м, с прогревом воды перемещаясь на глубину 3–5 м. Половозрелые особи после зимовки на непродолжительное время скатываются в море, откуда вскоре после схода льда начинают нерестовую миграцию в реки.

В оз. Тунайча, по устному сообщению В. В. Скурчаева, еще в 1970-е гг. добывали сахалинского тайменя массой более 30 кг. В наших сборах и уловах рыбаков в оз. Тунайча в конце 1980-х – начале 1990-х гг. встречались особи длиной от 9,2 до 120 см и массой от 13 до 17 200 г (**табл. 27, рис. 88**).

Между массой и длиной тайменя оз. Тунайча существует поло-

жительная аллометрия роста, описываемая уравнением регрессии:  $W=0,0457Lc^{2,658}$  ( $r=0,998$ ).

В оз. Тунайча облавливались нагульные особи тайменя в возрасте от 1+ до 15+ лет. Преобладающие возрастные группы: 1+ и 2+ и 5+–11+. Старшие возрастные группы представлены единичными экземплярами.

Масса тела тайменя в озере начинает резко возрастать при достижении им длины свыше 23,2 см в возрасте 3+ (**прил. 30**). С этого возраста начинается освоение тайменем озера и переход на хищное питание. Приросты длины тела относительно постоянны и составляют в среднем 7,7 см с колебаниями от 1,8 до 14,1 см. До достижения возраста 3+ прирост тела по массе наименьший и составляет от 40 до 100 г в год. Начиная с четвертого года весовой прирост особей резко возрастает и равен в среднем 503 г в год. Такой равномерный прирост наблюдается до возраста 12+. После достижения этого возраста рост массы отдельных особей сильно увеличивается и достигает 3 616 г в год. Рост тайменя в оз. Тунайча существенно отличается от роста тайменя в других озерах юга Сахалина и приближается к росту тайменя, нагуливающегося в море.

Коэффициент упитанности тайменя по Фультону и Кларку составляет в среднем 1,15 с колебаниями от 0,85 до 1,49 и 1,03 (0,82–1,24) соответственно. Сравнение наших данных с данными по тайменям из других водоемов (Завгородняя и др., 1964) показывает, что упитанность сахалинского тайменя оз. Тунайча меньше, чем из других озер южного Сахалина и приближается к упитанности сибирского тайменя из бассейна р. Амур.

Сахалинский таймень относится к полициклическим видам с весенним икрометанием. Созревание сахалинских популяций тайменя наступает на 9–10-м году жизни при длине тела 90–100 см (Гриценко, Чуриков, 1977). В оз. Тунайча впервые созревающие самки тайменя были отмечены в возрасте 8+, самцы – в возрасте 7+.

По литературным данным (Гриценко и др., 1974; Гриценко, Чуриков, 1977), плодовитость самок сахалинского тайменя (9–11 лет) варьируется от 3 380 до 17 680 икринок, в среднем – 8 300 икринок. С увеличением размеров и возраста плодовитость тайменя увеличивается. Плодовитость наиболее крупной особи из наших уловов (длина по Смитту – 99 см, масса – 11,5 кг) составила 12 509 икринок. Абсолютная индивидуальная плодовитость самок длиной 69,6–97,0 см, массой 4 700–10 300 г составила 3 761–10 244 икринок, относительная плодовитость – 0,98–1,12 икринок/г. Икра тайменя светло-желтая, крупная, диаметр – 6–7 мм и масса – 200–230 мг.

Сахалинскому тайменю в меньшей степени, чем сибирскому, свойственен хищный характер питания. Потреблять рыбу он начинает в более позднем возрасте и при более крупных размерах (Завгородняя и др., 1964; Гриценко и др., 1974; Гриценко, Чуриков, 1977). Наши данные по питанию сахалинского тайменя оз. Тунайча в целом подтверждают подобные представления. Сеголетки тайменя в период обитания на мелководье питаются преимущественно бентосом. В их рационе преобладают личинки хирономид и водяных клопов. Молодь тайменя длиной 10–25 см потребляет малоротую корюшку и молодь бычка, при этом большую часть в их рационе составляют воздушные насекомые. Молодые таймени старшего возраста длиной до 50 см потребляют в основном массовые виды рыб (малоротые корюшки). У тайменя длиной от 51 до 60 см видовой состав рыб-жертв разнообразнее: основой питания в июле–августе также остается малоротая корюшка, в меньшей степени потребляется колюшка, бельдюга, сельдь. Рыбы крупнее 60 см питаются исключительно рыбой. Большая ее часть добывается в толще воды (сельдь и малоротые корюшки), однако рацион сахалинского тайменя включает также и придонных и донных рыб (навага, бельдюга). По мере роста тайменя уменьшается потребление корюшки и увеличивается потребление сельди (**рис. 89**).

Между размерами жертв и длиной тайменя существует прямолинейная зависимость, описываемая уравнением регрессии:  $y=3,1817+0,1741x$ . Из нагульных и нерестовых скоплений сельди и малоротых корюшек в июне–августе сахалинский таймень выбирает наиболее крупных рыб, составляющих основу нерестовых скоплений. Сходный характер питания наблюдается у тайменя в озерах южного Сахалина и о. Кунашир, в Ныйском заливе и в р. Богатая (Завгородняя и др., 1964; Гриценко, 2002).

В последние десятилетия наблюдается сокращение численности большинства популяций сахалинского тайменя, что привело к занесению этого вида в Красную книгу Сахалинской области (2000) и Красную книгу Российской Федерации (2001). В то же время охрана и контроль биологического состояния популяций этого «краснокнижного» вида не налажены. Значительная часть взрослого тайменя и молоди вылавливается рыбаками-любителями.

## **Отряд GADIFORMES – ТРЕСКООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Gadidae – тресковые**

26. *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1811) – дальневосточная навага

Обитает в прибрежных зонах Желтого, Японского, Охотского, Берингова и Чукотского морей вдоль азиатского побережья Тихого океана

и на юг до Пьюджет-Саунда – вдоль американского. В море встречается обычно над относительно небольшими глубинами, в основном до 50 м (Худя, 1980; Сафронов, 1986; Шепелева, 1992). У берегов о. Сахалин наиболее многочисленная популяция наваги воспроизводится на юго-востоке – от зал. Терпения до зал. Мордвинова включительно. Основные нерестилища ее расположены в зал. Терпения (бывший пос. Устье – пгт Вахрушев). Далее на юг численность ее значительно уменьшается, однако незначительная часть наваги из зал. Терпения, по-видимому, может достигать зал. Мордвинова и заходить в оз. Тунайча. Позднее, во второй половине весны, навага совершает обратную миграцию на север. В некоторых районах у юго-восточного побережья острова встречается немногочисленная местная навага, воспроизводящаяся недалеко от мест ее обитания (Сафронов, 1986). На юго-востоке о. Сахалин в различные сезоны года навага заходит из моря в устья рек и солоноватоводные лагуны, в том числе в оз. Тунайча.

В апреле–ноябре в прибрежной акватории озера навага распределяется довольно равномерно, формируя небольшие скопления на обширных мелководных участках в северной и южной частях. Осенью, по сравнению с другими сезонами, средняя биомасса ее в уловах выше. В феврале–марте навага отмечается в пр. Красноармейская и в северо-восточной части озера. В различные сезоны навага встречается на глубине до 15 м. Наиболее обильные уловы отмечены на изобатах до 5 м.

В апреле–ноябре в уловах встречается навага длиной от 19,7 до 40,0 см и массой от 50 до 365 г (**прил. 31**). По численности преобладают рыбы длиной 22,0–31,0 см и массой 100–250 г в возрасте 2+–3+ лет. Осенью, по сравнению с другими сезонами, встречается более крупная навага. В ноябре ловятся исключительно половозрелые особи длиной от 19,8 до 34,0 см в возрасте 2+–4+ (**рис. 90**). В феврале–марте размеры наваги существенно не изменяются: ее длина и масса варьируются соответственно от 17,0 до 31,2 см (среднее 25,0 см) и от 41 до 204 г (среднее 140 г). В озере в течение года преимущественно обитают незрелые рыбы младшего возраста.

На востоке о. Сахалин нерест наваги в основном происходит в январе – первой половине февраля. Размножается она в прибрежной зоне на участках с песчано-галечным грунтом и сильными приливоотливными течениями на глубинах 2–10 м (Сафронов, 1986). Наши косвенные данные свидетельствуют о возможно схожих сроках ее размножения в зал. Мордвинова. В оз. Тунайча в апреле–июле отмечались рыбы с гонадами на ранних стадиях развития (**прил. 32, 33**).

Индивидуальная абсолютная плодовитость наваги колебалась от 41 088 до 152 712 икринок, что не выходит за пределы, известные для

популяции вида зал. Терпения (Сафронов, 1986). Средневзвешенная плодовитость самок составила 108,257 тыс. икринок. С увеличением возраста абсолютная плодовитость самок растет (**прил. 34**). Относительная плодовитость колебалась в пределах от 207 до 668 икринок/г, средняя ОП составила 460 икринок на 1 г массы тела.

Весной и осенью желудки наваги в основном содержали пищу. У большинства рыб их наполнение составляло 2–4 балла (в среднем 2,1 балла) (**прил. 35**). В феврале – начале марта интенсивность питания особей была несколько ниже. Наполнение желудков колебалось от 0 до 4 баллов (среднее 1,44 балла), 27% особей не питалось.

Основными объектами питания наваги оз. Тунайча в весенний период являются бокоплавы и различные виды рыб (в сумме 29,7%). Среди последних в желудках встречались бычок *Acanthogobius lactipes*, малоротые корюшки, трехиглая и девятииглая колюшки (**рис. 91**). Исходя из состава рациона, навага питается в основном в озере.

## **Отряд MUGILIFORMES – КЕФАЛЕОБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Mugilidae – кефалевые**

27. *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 – лобан, черная кефаль

Обычен для побережья морей Юго-Восточной Азии, бассейнов Индийского и Атлантического океанов (Линдберг, Красюкова, 1987). В России распространен вдоль берегов Приморья, Татарского пролива, у южных Курильских островов, на север доходит до Тауйской губы (Черешнев, Шестаков, 2001). На Сахалине встречается у берегов вокруг всего острова.

Лобан является морским эвригалинным видом, обитает в прибрежье, в октябре–ноябре заходит на зимовку в солоноватые заливы и устья рек, где образует промысловые концентрации. В оз. Тунайча был отмечен в северо-западной части, куда он заходит поздней осенью. Зимует в прибрежных зарослях водной растительности на глубине более 2 м или ложится на грунт, где остается практически неподвижным при температуре 1–2 °С. Часть рыб, залегших близко у берега, гибнет. В конце марта – начале апреля рыбы начинают двигаться и собираться в стаи. К концу апреля они покидают озеро.

Лобан – крупная рыба, достигающая в длину 90 см при массе 6–7 кг. В дальневосточных морях обычно достигает длины 50–55 см (Никольский, 1971; Амаока et al., 1995; Васильева, 1999). В водах о. Сахалин в нагульных и зимовальных скоплениях длина рыб (*SL*) варьировалась от 31,2 до 61,2 см (Сафронов и др., 2006).

В пределах ареала лобана встречаются особи в возрасте до 5 лет (Абрамов, 1952; Никольский, 1956; Громов и др., 1990). По нашим данным,

в оз. Тунайча лобан представлен особями в возрасте 2+–4+ лет. Более половины уловов составляли четырехлетки (3+).

Скопления лобана оз. Тунайча состоят из неполовозрелых и впервые созревающих рыб. Нерест лобана в водах, омывающих Японию, происходит с середины октября по январь при температуре воды 20–23 °С. Для полного созревания гонад самок и самцов требуется четыре года, когда рыбы достигают длины 45–50 см (Miyadi et al., 1989; Amaoka et al., 1995). У рыб из оз. Тунайча в конце октября гонады самок и самцов находились на II, а у отдельных особей на II–III стадиях зрелости.

Лобан является объектом промышленного и любительского рыболовства. Добывается ставными и закидными неводами, сетями, вен-терями и другими орудиями лова в период зимовальной миграции. В оз. Тунайча – редкий объект любительского рыболовства.

## **Отряд GASTEROSTEIFORMES – КОЛЮШКООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Gasterosteidae – колюшковые**

28. *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 – трехиглая колюшка

Обитает в реках, озерах и морских побережьях Европы, Дальнего Востока, запада и востока Северной Америки. В прибрежных водах о. Сахалин трехиглая колюшка встречается на всем его протяжении, обычна в солоноватых лагунах, с приливными водами заходит в при-устьевые участки и устья рек. В оз. Тунайча встречается повсеместно с ранней весны до поздней осени.

По данным В. В. Зюганова (Зюганов, 1991), трехиглая колюшка в исключительных случаях достигает 13 см, но в большинстве популя-ций длина тела рыб (общая) у половозрелых рыб не превышает 6–7 см. Трехиглая колюшка оз. Тунайча отличается сравнительно крупными размерами: по нашим данным (**прил. 36**), она достигает длины (AD) 9,4 см. Средняя длина половозрелых рыб на нерестилищах в пр. Красноармейская в июле 1996 и 2005 гг. составила 7,4 и 7,5 см, преоблада-ющими (более 70%) в оба года наблюдений были особи длиной 6,5–7,5 см. Масса проанализированных рыб колебалась в пределах от 3,0 до 10,1 г, в среднем – 5,6 г (**прил. 37, 38**). Как по длине, так и по массе тела самки превосходят самцов: средняя длина самок на нерестилище в пр. Красноармейская в июле 1996 г. составила 7,3 см, самцов – 6,1 см, мас-са соответственно 5,9 г (3,4–10,1 г) и 3,9 г (3,0–6,1 г). В конце лета в пр. Красноармейская и в Малой Тунайче массово встречаются сеголетки: в августе 2001 г. их длина варьировалась от 1,4 до 2,7 см, в среднем – 2,1 см, масса в среднем составляла 0,1 г.

Трехиглая колюшка является короткоцикловой рыбой. Ее предель-ный возраст в разных акваториях варьируется от 3 до 5 лет (Мухомеди-

аров, 1966; Тиллер, 1972). В бассейне р. Камчатка основная масса производителей достигает половой зрелости в возрасте 3 лет (Бугаев, 1992). Трехиглая колюшка оз. Тунайча, по нашим данным, созревает в возрасте 2 лет, при длине 6,0–6,5 см. Основу нерестового стада этой популяции в пр. Красноармейская представляли особи длиной 6,5–7,5 см (77%) в возрасте 2–3 лет. Впервые созревающие самцы немного мельче самок. Нерестится трехиглая колюшка порционно. Средняя плодовитость самок составляет 405 икринок и изменяется от 22 до 848 икринок, закономерно увеличиваясь с ростом длины и массы рыбы (**прил. 39, 40**). В среднем, относительная плодовитость составляет 116 икринок/г (от 7,8 до 203 икринок/г). Диаметр икринок изменяется от 1,2 до 2,0 мм, составляя в среднем 1,53 мм. Коэффициент зрелости рыб высокий, составляет в среднем 24,3% (8,3–37,2%).

В оз. Тунайча трехиглая колюшка использует в пищу кормовые объекты подходящих размеров практически всех доступных жизненных форм – нейстон, планктон, нектон, бентос (кроме инфуны). Подобная широта спектра делает вид конкурентом в питании большинства мелких жилых форм и молоди, включая лососевых. По нашим данным, в июле 1996 г. наполнение желудков трехиглой колюшки длиной 6,1–7,7 см и массой 3,9–8,3 г было высоким и составило в среднем 242,3‰ (от 82,1 до 650,8‰). Активное питание наблюдалось даже в период нереста. О высокой интенсивности питания колюшки свидетельствует большое количество (85,4%) желудков с пищей от числа просмотренных. Пища колюшки в этот период в основном состояла из икры собственного вида (58,3% встречаемости), куколок хирономид (25,0%) и гаммарид (18,7%). Значительно реже встречались изоподы (12,5%) и личинки двукрылых насекомых (10,4%). По наполнению желудков преобладающими группами были также икра собственного вида – 147,5‰ (17,4–373,8‰), гаммариды – 112‰ (55,7–134,8‰), изоподы – 77,1‰ (38,2–112,1‰) и куколки хирономид – 66,8‰ (1,8–290,0‰). Наименьшее значение, как по наполнению, так и по частоте встречаемости, имели водоросли.

В августе 2001 г. было проанализировано содержимое желудков рыб длиной 45–84 мм и массой тела до 8,5 г (Роготнев и др., 2005). Желудки рыб характеризовались средним наполнением: у 87,3% проанализированных особей степень наполнения составляла 1–3 балла. Всего 10% рыб имели пустые желудки. Индекс наполнения желудков варьировался от 0,42 до 285‰, при среднем 48‰. В желудках рыб было обнаружено более 42 видов и форм кормовых объектов, относящихся к 20 систематическим группам разного порядка. Основу питания трехиглой колюшки в августе составляли водные и вневодные стадии развития хирономид (63% от общей биомассы). Рассчитанный

рацион увеличивался от 5 г у рыб длиной менее 55–60 мм до 7,2 г у рыб длиной 65–70 мм. Высокие значения относительного рациона в данном случае определяются небольшими размерами рыб (повышенный метаболизм). Другим объяснением может являться тот факт, что колюшки отличаются порционным нерестом, и высокие значения рациона характеризуют активный нагул для восстановления потраченной гонадной массы.

Является объектом питания хищных рыб озера: была отмечена в желудках сахалинского тайменя, наваги, дальневосточной широколоб-ки, звездчатой камбалы.

Хозяйственного значения в Сахалинской области не имеет.

29. *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758) – обыкновенная девятиглая колюшка

Имеет обширный ареал в Восточном и Западном полушарии в бассейнах всех трех океанов. В Охотском море распространена по материковому побережью на юг до устья р. Амур, есть на Шантарских, Курильских островах, островах Хоккайдо и Хонсю до южной оконечности Японии (Берг, 1948). На Сахалине встречается вдоль всего побережья. В оз. Тунайча нами была отмечена только в пр. Красноармейская. Размеры рыб (AD) находились в пределах 4,2–6,3 см (в среднем 4,8 см), масса тела составляла 0,8–2,3 (1,3) г.

В Сахалинской области хозяйственного значения не имеет.

30. *Pungitius sinensis* (Guichenot, 1869) – амурская девятиглая колюшка, китайская колюшка

Встречается от устья р. Амур и до устья р. Янцзы по материковому побережью, обитает на Курильских островах, островах Хоккайдо, Хонсю. На о. Сахалин распространена повсеместно, симпатрична с *P. pungitius* (Берг, 1948). В оз. Тунайча встречена по всей акватории и в бассейновых водоемах.

Доминирующий вид девятиглаых колюшек в уловах. Длина тела рыб варьировалась в пределах 2,0–6,7 см (средняя 5,2 см), масса – 0,1–2,7 (1,6) г.

Зависимость между длиной тела ( $SL$ , см) и массой тела ( $Q$ , г) описывается уравнением степенной функции:  $Q=0,014SL^2$ .

Промысловой значимости не имеет, играет значительную роль в питании хищных видов рыб: кунджи, сахалинского тайменя, наваги, звездчатой камбалы и др.

В Сахалинской области хозяйственного значения не имеет.

31. *Pungitius tymensis* (Nikolskii, 1889) – сахалинская колюшка

Имеет ограниченный ареал – эндемик островов Сахалин и Хоккайдо (Берг, 1948). В оз. Тунайча отмечается только в опресненных участках, но более высокую численность имеет в озерах придаточной системы.

Длина рыб, выловленных на акватории оз. Тунайча, варьировалась от 3,4 до 7,8 см (средняя 6,2 см), масса – 0,4–4,6 г (средняя 3,2 г). Особи были в возрасте 1+–3+ лет.

Зависимость между длиной тела ( $SL$ , см) и массой тела ( $Q$ , г) описывается уравнением степенной функции  $Q=0,022SL^{2,674}$ .

В Сахалинской области хозяйственного значения не имеет.

## **Отряд SCORPAENIFORMES – СКОРПЕНООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Cottidae – рогатковые**

32. *Megalocottus platycephalus* (Кнер, 1868) – южная плоскоголовая широколобка

Широко распространена в северной части Тихого океана – от Чукотского до Японского морей включительно, встречается в прибрежных солоноватых водах и заходит в нижнее течение рек (Андрияшев, 1954). В оз. Тунайча, как и в целом на о. Сахалин, обитает южный подвид дальневосточной широколобки – *M. p. taeniopterus* (Андрияшев, 1954; Неелов, 1979; Линдберг, Красюкова, 1987; Гудков, 2006).

В оз. Тунайча дальневосточная широколобка отмечается на глубинах от 0,5 до 17 м. Наибольшие скопления образует ранней весной и поздней осенью. По нашим наблюдениям, она затаивается на участках с открытым от зарослей водной растительности грунтом: предпочитает пески, нередко мелкую гальку. Судя по обнаруженной сезонной динамике численности, осенью широколобка массово заходит из моря на нерест в пр. Красноармейская, где образует плотные скопления (все пойманные экземпляры были зрелыми, а многие – с текучими гонадами). По опросным данным, подобные преднерестовые и нерестовые скопления широколобки формирует зимой также в предустьевых участках лагун северо-восточного Сахалина.

Дальневосточная широколобка оз. Тунайча была представлена в уловах особями длиной тела до 375 мм с массой до 746 г в возрасте до 7 лет.

Размерно-весовой состав особей в уловах в различные сезоны был неодинаковым. В течение года наблюдается постепенный рост значений соответствующих показателей доминирующих по численности возрастных групп. Зимой 94% рыб было представлено неполовозрелыми годовиками длиной тела 125–166 мм (в среднем  $142\pm 23,6$  мм) и массой 23–56 г ( $36\pm 0,9$  г). Летом в сетных уловах по численности преобладали

двухлетки длиной 150–190 мм, массой до 100 г, а осенью – 200–240 мм и 100–200 г соответственно. Таким образом, возрастная категория 1–1+ в значительной степени (60–90%) доминировала в уловах широколобки в различные сезоны.

Анализ размерного состава из осенних выборок показал, что самки в целом крупнее самцов. Для летних уловов такой закономерности не установлено. Продолжительность жизни самцов оказалась на два года больше по сравнению с самками. Соотношение полов в выборках различное по сезонам, но в целом оказалось почти равным, самцов незначительно больше (52,3%) по сравнению с самками. Доля самцов в уловах летом (27,3%) была существенно ниже, чем осенью (63,0%). По литературным данным (Барсуков, 1958; Токранов, 1985; Володин, 1999), в других районах самки широколобки также имеют более крупные размеры по сравнению с самцами, однако последних по численности меньше, особенно в старших возрастных группах.

Широколобка в течение жизни растет очень неравномерно. У нее наблюдаются большие значения приростов длины тела в первые два года жизни, затем они снижаются, а приросты массы тела остаются значительными (прил. 41, 42). Эта закономерность роста подтверждается данными обратного расчисления (рис. 92). Начиная с четырехлетнего возраста (3+) возникают и постепенно увеличиваются в возрастных группах различия между самцами и самками по длине и, особенно, по массе тела.

Наблюдается неравномерность роста молоди в течение года (рис. 93). Основной прирост приходится на летне-осенний период; зимой рост особей приостанавливается. Размеры тела двухлеток увеличиваются примерно на 60 мм, а масса – на 100 г. У самцов-четырёхлеток размеры заметно не изменяются, а у самок того же возраста прирост составляет 45 мм и 167 г соответственно. В других возрастных группах аналогичные оценки некорректны из-за недостаточной величины выборки. В целом, наблюдается значительное сходство в темпе роста особей широколобки оз. Тунайча и западной Камчатки (Токранов, 1985). Широколобка северо-восточного Сахалина более тугорослая (Володин, 1999; Гудков, 2004, 2006).

Широколобка оз. Тунайча созревает на втором году жизни при длине 19,4–26,0 см, в среднем 22,9 см. В конце февраля – начале марта в уловах присутствовали в основном неполовозрелые рыбы в возрасте одного года. Исключение составили две посленерестовые особи в возрасте 5 и 6 лет. В конце мая – июне коэффициент зрелости варьировался от 0,52% у впервые созревающих рыб (возраст 1+) до 1,83% у особей, принадлежащих к категории остатка (2–4+), в среднем составил 1,12%.

Осенью все особи в возрасте 1+ и старше были зрелыми. Коэффициент зрелости самцов в ноябре варьировался от 0,59 до 6,80% и в среднем составил 3,34%; самок – 1,86–17,7% (11,32%). Самые низкие значения отмечены для впервые созревающих рыб. Большинство рыб было на III–IV стадии зрелости, незначительная часть их были текучими. Массовый нерест широколобки оз. Тунайча, видимо, возможен, как и на севере острова (Володин, 1999), начиная с середины декабря. Нерестилища, вероятно, располагаются в пр. Красноармейская.

Индивидуальная абсолютная плодовитость самок колеблется от 3 954 до 27 845 икринок, средняя – 12 773 икринки. Более половины самок в выборке (63%) оказались впервые созревающими. Величина плодовитости таких особей составила 3 954–10 253 икринки (в среднем 6 882 икринки). Зрелые икринки окрашены в бурый или коричневый цвет.

Пищевая активность широколобки в озере летом и зимой была довольно слабой: степень наполнения ее желудков пищей в среднем составляла соответственно 1,42 и 1,89 балла. В летнее время спектр питания был ограничен гаммаридами (83,3% по частоте встречаемости) и рыбой (25,0%), в незначительной степени присутствовали растительные остатки. Из рыб встречена малоротая корюшка длиной до 80 мм. Следует заметить, что в этот период времени питались только мелкие особи длиной 115–185 мм в возрасте 1+. Зимой почти во всех желудках пойманных в озере особей широколобки была встречена в незначительном количестве переваренная пища. Напротив, в протоке в это время заметная доля рыб питалась довольно активно: степень наполнения их желудков пищей достигала 3 баллов. Основу пищевого комка составляли гаммариды (частота встречаемости 96%) и полихеты (79%). Часто встречались мизиды (21%) и растительные остатки (33%). Рыба (бычки), двустворчатые моллюски (корбикула) и детрит присутствовали единично.

Осенью интенсивность питания широколобки была заметно ниже, по сравнению с другими сезонами, степень наполнения ее желудков в среднем составила 0,27 балла. По биомассе (восстановленным значениям) и частоте встречаемости в питании широколобки при существенном преимуществе, по сравнению с прочими компонентами, доминировала рыбная пища (**прил. 43**). Среди других объектов ее питания обнаружены различные ракообразные, моллюски и полихеты, единично встречена икра, возможно, собственного вида. Среди рыб наибольшую биомассу пищевого комка составляли кунджа (104‰) и корюшка (61,9‰), красноперки было заметно меньше (19,9‰). Коллюшки – амурская девятииглая и трехиглая, а также японский колючий бычок имели несущественное значение.

Полученные данные о низкой пищевой активности широколобки в бассейне оз. Тунайча в различные сезоны и исключительно быстром темпе роста особей позволяют предположить, что основной их нагул происходит в морском побережье, вероятнее всего, в летнее время во время массового нереста мойвы в зал. Мордвинова. В озере промысловой ценности не представляет, присутствует в качестве прилова у рыбаков-любителей при промысле камбалы, наваги, корюшки.

## **Отряд PERCIFORMES – ОКУНЕОБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Zoarcidae – бельдюговые**

33. *Zoarcetes elongatus* Kner, 1868 – восточная бельдюга

Широкобореальный вид, распространенный в дальневосточных морях и прилегающих водах Тихого океана. Обитает в сублиторали практически от берега до глубины 50 м (Линдберг, Красюкова, 1975; Борец, 2000; Федоров и др., 2003). У берегов о. Сахалин восточная бельдюга повсеместно входит в состав прибрежных и лагунных ихтиоценозов. Обитает на участках дна с песчаным и песчано-илистым грунтом, часто обильно заросших водной растительностью, в основном zostерой. Ведет относительно оседлый образ жизни и не совершает протяженных миграций. В оз. Тунайча, из-за низкой солености, численность бельдюги невелика. Заселяет она в основном расположенные недалеко от моря участки. Далее вглубь озера этот вид встречается единично.

За период исследований в 2002–2003 гг. встречались особи от 10,0 до 34,6 см, средняя длина составила 26,5 см (**прил. 44**). Масса варьировалась в пределах 3,2–157 г и в среднем составила 97,0 г.

В уловах присутствовали особи в возрасте от 0+ до 9+. В пр. Красноармейская попадались особи старше 3 лет, а на остальной акватории озера рыбы в среднем были значительно моложе, их возраст не превышал 4 года. В пр. Красноармейская, где было выловлено наибольшее количество особей (26 экз.), 56% всех рыб имели возраст 3+. Остальные особи были в возрасте 4+, 5+, 6+ и 9+ (по 11%).

Бельдюга относится к немногим костистым рыбам, для которых характерно яйцеживорождение. По нашим данным, на северо-востоке Сахалина бельдюга созревает впервые в возрасте 2–3 лет. Очевидно, спаривание самцов и самок бельдюги в этом районе происходит в первой половине лета: у самок в июне – начале июля гонады находились на IV стадии развития. Вероятно, в близкие с этими сроками происходит спаривание бельдюги у юго-востока острова.

По аналогии с европейским видом, самки восточной бельдюги после спаривания, видимо, не покидают мелководья и здесь же выметыва-

ют личинок, а самцы мигрируют в море в более глубоководные места. Об этом свидетельствует значительное численное преобладание самок над самцами во второй половине осени в пр. Красноармейская (32:1). Все самки, за исключением одной, имели сформировавшихся мальков в брюшной полости. Длина мальков колебалась от 30 до 52 мм, а масса – от 0,35 до 0,54 г.

Вымет мальков, вероятно, происходит в октябре. Об этом свидетельствует тот факт, что в октябре 2002 г. в полости тела у самок мальков в среднем было значительно больше (104–112 экз.), чем в ноябре 2003 г. (3–55 экз.). Можно предположить, что процесс воспроизводства потомства бельдюги из оз. Тунайча завершается в декабре.

Бельдюга в оз. Тунайча питалась слабо. Степень наполнения желудков в осенние месяцы изменялась в пределах от 0 до 4 баллов, в среднем составила 0,84. В пищевом комке встречены ракообразные (изоподы, гаммариды) и двустворчатые моллюски (корбикула).

Не имеет промыслового значения. Присутствует в уловах рыбаков-любителей при подледном учебном промысле наваги и корюшек.

#### **Семейство Gobiidae – бычковые**

34. *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879) – японский колючий бычок

Широко распространен в водах Японии, Кореи и Китая (Новиков и др., 2002). В России встречается вдоль восточного побережья от Амурского залива до зал. Петра Великого (Аннотированный каталог..., 1998), на Сахалине – в оз. Тунайча (Пинчук, 1978).

Это наиболее массовый вид среди бычковых оз. Тунайча. По литературным сведениям, длина японского колючего бычка достигает 9 см (Новиков и др., 2002). Общая длина *AB* проанализированных рыб не превышала 8,0 см, максимальная длина *AD* – 6,4 см. Более 75% особей составили размерные группы 3,5–4–4,5 см. Масса тела рыб в наших уловах не превышала 3,9 г. Основу уловов составили особи массой до 1,5 г. Количественно самки преобладали над самцами в соотношении 2,4:1. По размерам самцы и самки практически не отличаются (табл. 28). Половой диморфизм хорошо выражен у половозрелых рыб и проявляется в размерах и форме непарных плавников.

В Приморье японский колючий бычок нерестится весной–летом в озерах и нижнем течении рек при температуре воды 18 °С и более. Икру откладывает на нижней стороне валунов. Плодовитость составляет от 700 до 2 000 икринок (Шедько, 2001; Новиков и др., 2002). В оз. Тунайча нерест этого вида продолжается в течение всего лета, пик нереста приходится на июль.

В питании японского колючего бычка в оз. Тунайча отмечались кормовые объекты практически всех доступных жизненных форм – нейстон, планктон, нектон, бентос (кроме инфауны). Индекс наполнения желудков в августе варьировался от 10 до 3 172‰, при среднем значении, равном 238‰ (Роготнев и др., 2005). Всего в желудках обнаружено более 24 видов и форм кормовых объектов, относящихся к 17 систематическим группам разного порядка. Основу питания рыб составляли водные и вневодные стадии развития хирономид (55,6% от общей биомассы; 15,8 экз./жел.). Второстепенными группами являлись рыбы (икра и личинки) (12,6%; 0,74 экз./жел.) и мизиды (12,9%; 0,74 экз./жел.). В пищевом комке доминировали личинки хирономид (преимущественно *G. gripekoveni*) (15,6 экз./жел.; 0,017 г/жел.; 51,6% от общей биомассы). Немаловажное значение имели мизиды *N. awatschensis* (0,17 экз./жел.; 0,004 г/жел.; 12,9%). Сравнение спектров питания по полам не показало больших различий: и у самцов, и у самок основу питания составляли личинки хирономид, при субдоминанте мизид. Рассчитанный осредненный рацион составил 0,374 г.

Промыслового значения не имеет.

35. *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1879) – пресноводный дальневосточный бычок

Ранее данный вид рассматривался систематиками в составе группы *Chaenogobius annularis* Gill, 1859 (кольчатый дальневосточный бычок) и под этим названием вошел в сводки по ихтиофауне пресных вод России в целом (Аннотированный каталог..., 1998), Приморья (Семенченко, 2001) и Сахалина (Иванов, Иванова, 2001; Сафронов, Никифоров, 2003). В результате последней ревизии (Stevenson, 2000) вид был обособлен и отнесен к роду *Gymnogobius*.

Широко распространенный вид, обитающий в водоемах вдоль побережья Кореи и Японии, в России найден в Приморье, на о. Сахалин и Южных Курилах.

По сравнению с японским колючим бычком, численность этого бычка в оз. Тунайча невелика. Встречается он и в бассейновых водоемах, например, в оз. Крестоножка.

Пресноводный дальневосточный бычок – наиболее крупный представитель гобиид в озере. Длина тела половозрелых рыб варьируется в пределах 7,1–12,4 см, масса тела – 6,3–25,7 г. По данным съемки 2001 г., соотношение полов было близко 1:1 (Экологическое описание..., 2002). Средние размеры рыб в 2001 г. составили  $8,8 \pm 0,26$  см, а максимальная масса тела, отмеченная у одной самки, составляла 30,3 г.

В оз. Тунайча в летнее время амплитуда изменчивости индекса наполнения желудков половозрелых особей пресноводного дальневосточного бычка варьировалась от 2,4 до 1 089‰, при среднем значении, равном 160‰. Всего в пищевых комках рыб обнаружено 7 видов кормовых объектов (Роготнев и др., 2005). Основу питания бычков составляли рыбы (3 вида; 8,07% от общей биомассы; 0,5 экз./жел.) и амфиподы (2 вида; 18,5%; 4 экз./жел.). Среди всех видов, входивших в осредненный пищевой спектр, доминировали бокоплавывы *E. kygi*, имевшие высокую частоту встречаемости (3,9 экз./жел.; 0,056 г/жел.; 18,5% от общей биомассы, 55‰). Но наиболее значимыми компонентами питания, хотя и встречавшимися реже, являлись рыбы (3 вида, 0,5 экз./жел.; 0,245 г/жел.; 80,7%, 178‰), среди которых преобладали массовые в прибрежье гобииды – пятнистый щуковидный бычок и японский колючий бычок. Наибольшей избирательностью отличались бентонектические формы: рыбы в целом и японский колючий бычок в частности, бокоплавывы и изоподы (ИИ значительно больше нуля). Рассчитанный рацион составил 1,21 г (10,7% от массы рыбы).

В России данный вид промыслового значения не имеет.

36. *Luciogobius guttatus* Gill, 1859 – пятнистый щуковидный бычок  
Солоноватоводный вид, обитающий в Японском море и у тихоокеанского побережья Японии. В России он известен из зал. Петра Великого, Уссурийского залива, а также о. Шикотан и южной части о. Кунашир (Пинчук, 1978; Аннотированный каталог..., 1998). На Сахалине щуковидный бычок был впервые обнаружен в оз. Тунайча (Саматов и др., 2002; Экологическое описание..., 2002; Сафронов, Никифоров, 2003) и в придаточных водоемах, в Вавайских озерах и в устьевых участках рек Сусуя и Таранай (Сафронов, Никифоров, 2003). В 2010 г. обнаружен нами в верхней литорали под камнями в зал. Анива (м. Томари – Анива).

Пятнистый щуковидный бычок обитает в морских и солоноватых водах вблизи берегов. Встречается в небольших речках с галечниковым и гравийным дном, поблизости от их устьев (Шедько, 2001а). Ведет скрытный малоподвижный образ жизни, прячется под камнями, куда и откладывает икру (Новиков и др., 2002). Нерест в зал. Петра Великого происходит в мае – начале июня (Пинчук, 1981). В оз. Тунайча, судя по времени появления личинок в планктоне (см. гл. 9.2), нерест происходит в июне. Кладка охраняется самцом до появления личинок.

В оз. Тунайча этот вид довольно обычен на участках с щебнисто-галечниковым грунтом. По данным бентосных съемок, на глубине до 0,7 м на каменистых и гравийно-галечных грунтах литорали его численность составляет около 2 экз./м<sup>2</sup> (до 6–10 экз./м<sup>2</sup>).

По литературным данным, пятнистый щуковидный бычок достигает длины 10 см (Новиков и др., 2002). У рыб из наших уловов общая длина тела АВ не превышала 7,8 см, АД – 6,9 см. Максимальная масса тела составила 3,0 г.

Индекс наполнения желудков обследованных экземпляров варьировался от 6 до 420‰, в среднем – 214‰ (Роготнев и др., 2005). Всего в пищевых комках обнаружено 10 видов кормовых объектов. Основу питания составляли бокоплавцы (2 вида; 78,2% от общей биомассы; 6 экз./жел.) и изоподы (1 вид; 16,7%; 1,1 экз./жел.) с превалированием бокоплавцов *E. kygi* (5,8 экз./жел.; 0,029 г/жел.; 74,1% от общей биомассы, 166‰). В пищевой спектр пятнистого щуковидного бычка вовлечены массовые для гравийно-галечного побережья оз. Тунайча организмы бентоса, что определяет хорошие условия нагула. Наибольшее предпочтение бычки отдают бентонектическим формам: изоподам *G. ovatum*, куколкам хирономид и бокоплавцам *E. kygi* (ИИ значительно больше нуля).

Рассчитанный рацион щуковидного бычка составил 0,37 г, или 19,8% от массы рыбы, что характеризует активность питания как очень высокую.

## **Отряд PLEURONECTIFORMES – КАМБАЛООБРАЗНЫЕ**

### **Семейство Pleuronectidae – камбаловые**

37. *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* (Kner, 1870) – полосатая камбала

Эндемик Японского моря и прилегающих вод. Встречается в Амурском лимане, в южной части Охотского моря: в зал. Анива и у северных берегов о. Хоккайдо.

В течение года обитает в прибрежной зоне в верхних горизонтах сублиторали, не опускается глубже 30 м. Достигает длины 42 см и массы 0,9 кг (Новиков и др., 2002). Холоднолюбивый, эвригалинный вид. Обитает преимущественно в прибрежной зоне, заходит в устья рек.

В оз. Тунайча не имеет высокой численности. Отдельные особи отмечались в устье пр. Красноармейская и в районе о. Птичий.

Длина рыб в наших уловах (5 экз.) варьировалась от 15,0 до 22 см (в среднем 18,5 см), масса изменялась от 50 до 282 г (в среднем 120 г). В уловах были встречены одна самка и четыре самца.

Основу пищевого комка выловленных экземпляров составляли двустворчатые моллюски.

38. *Pleuronectes (Liopsetta) obscurus* Herzenstein, 1891 – темная камбала

Морской вид умеренных вод. Эндемик Японского моря и прилегающих районов: кроме Японского моря, темная камбала отмечена также в южной части Охотского моря, на Южно-Курильском мелководье и в Желтом море.

В течение всего года обитает на малых глубинах. Переносит широкие колебания температуры и солености, не избегает опресненных вод. Летом держится в мелководных бухтах, заливах, эстуариях на глубинах от 3 до 15 м. Достигает длины 56 см и массы 2,4 кг (Новиков и др., 2002).

В оз. Тунайча не имеет высокой численности. Нами была отловлена единственная самка в районе протоки оз. Свободное на глубине 12 м, длиной 36 см, массой 450 г, с гонадами на III стадии зрелости.

39. *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788) – звездчатая камбала

Преимущественно бореальный вид, широко распространенный в Тихом океане и проникающий в нижнеарктические районы Арктической области (Шмидт, 1904; Моисеев, 1953; Андрияшев, 1954). У берегов о. Сахалин наибольшей численности достигает на северо-восточном шельфе, где существуют многочисленные солоноватоводные лагуны. В оз. Тунайча обычен.

Звездчатая камбала – эвригалинный прибрежный вид, выдерживающий как почти пресную (2,2–2,4‰), так и морскую воду с океанической соленостью (Моисеев, 1953; Перцева-Остроумова, 1961; Фадеев, 1987; Вдовин и др., 1997). Отмечается две экологические формы: прибрежная с зимовкой и размножением в устьях рек и лагунах, и морская, обитающая на больших глубинах и размножающаяся в открытых водах (Фадеев, 1987). А. Н. Вдовин с соавторами (Вдовин и др., 1997) считают, что с увеличением размеров изменяется экология вида: молодь тяготеет к устьям рек, прибрежной полосе, а крупные рыбы представляют морскую экологическую группу.

В оз. Тунайча звездчатая камбала обитает круглогодично и довольно равномерно распределена в прибрежной зоне. Весной и летом встречается в основном на глубинах от 0,5 до 15 м (единичные особи – до 20 м), а осенью на меньших – до 10 м. Наибольшие скопления звездчатой камбалы были отмечены у западной оконечности пр. Красноармейская и в юго-западной части озера.

В уловах преобладают впервые созревающие особи и молодь длиной 22–26 см (63,4%) (рис. 94, прил. 45). Среди крупных рыб (26 см и более) преобладают самки, а среди относительно мелких (20–24 см) –

самцы. В размерных группах с модальными значениями 14–18 см соотношение полов близко к равному.

Зависимость массы (г) и длины (см) для звездчатой камбалы описывается степенным уравнением:  $W=0,0117*SL^{3,0367}$ . Коэффициенты для самцов и самок близки.

Звездчатая камбала оз. Тунайча созревает в возрасте 4–5 полных лет, что согласуется с литературными данными (Вдовин, Швыдкий, 2000). В апреле–мае в озере 33% самцов и 19% самок в возрасте 4 года и 43% самцов и 23% самок в возрасте 5 лет были зрелыми.

На юго-восточном шельфе о. Сахалин звездчатая камбала нерестится в мае–июне (Перцева-Остроумова, 1961; Фадеев, 1987). Во второй половине февраля – начале марта в оз. Тунайча половозрелые рыбы имеют гонады преимущественно на III стадии зрелости. С конца апреля отмечаются самцы и самки на IV стадии при средней длине 26,5 см и массе 196,4 г, в возрасте 5–7 лет. В конце мая в уловах в небольшом количестве появляются самцы на V стадии зрелости. Однако характер сезонной динамики размерно-возрастного состава, низкая численность производителей, отсутствие икры и личинок (Мухаметова, 2004, 2005) свидетельствуют о том, что в оз. Тунайча звездчатая камбала не размножается либо нерест ее неэффективен. Присутствие текучих особей в данном случае не является доказательством нереста: известны факты, когда самцы на V стадии зрелости продолжают встречаться в течение длительного времени после окончания нерестового сезона (Перцева-Остроумова, 1961).

В течение года питание камбалы было стабильно слабым, преобладали особи с пустыми желудками (64,2%), у остальных степень наполнения желудков пищей составляла 2–3 балла. Основу питания звездчатой камбалы составляют донные беспозвоночные (Пометеев, Смирнов, 2006). В оз. Тунайча звездчатая камбала питается наиболее доступным кормом. В весенне-летний период основу питания составляют различные виды рыб (78,7%). Среди них по частоте встречаемости преобладают мелкие массовые рыбы – малоротые корюшки (43,7%), трехиглая и девятииглая колюшки (20,3%), а также личинки миног (10,4%). Рыбные остатки составляют 24,3%. Заметную долю в питании камбалы занимают ракообразные (Decapoda, Amphipoda). В желудках также встречаются макрофиты, водоросли и детрит. Единично отмечены моллюски – брюхоногие и двустворчатые, личинки ручейников и других амфибиотических насекомых. В зимний период в единичных желудках камбал основу рациона составляли бокоплав *Eogammarus barbatus*.

Специализированный промысел звездчатой камбалы на Сахалине не ведется, встречается в прилове (Пометеев, 2001, 2004). В оз. Тунайча вылавливается в весенний период рыбаками-любителями.

## 9.2. ОСОБЕННОСТИ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ

Ольга Николаевна Мухаметова

### Видовая структура и пространственное распределение ихтиопланктона

Первоначально одной из основных задач исследований ихтиопланктона в оз. Тунайча являлось изучение размножения таких массовых промысловых видов рыб, как серебряный карась *C. gibelio* и тихоокеанская сельдь *C. pallasii*, с целью дальнейшего использования этих данных для оценки их запасов и возможного изъятия.

Тихоокеанская сельдь, заходящая в оз. Тунайча, относится к группе озерных сельдей, размножение которых происходит в лагунах и озерах (Иванкова, Козлов, 1968). В апреле–мае сельдь образует в озере нерестовые скопления.

Об успешности акклиматизации карася в оз. Тунайча свидетельствует достаточно низкий уровень асимметрии, характерный для популяции, ранние этапы онтогенеза которой протекают в стабильных условиях (Романов, Ковалев, 2003).

Результаты исследований ихтиопланктона в какой-то степени были неожиданными. Личинки сельди держались в поверхностном слое озера в течение очень непродолжительного времени в мае–июне, и их численность в уловах была низка. Нерестилища, личинки и молодь карася вообще не были обнаружены, на основании чего возникло предположение о размножении этого вида в небольших придаточных пресных озерах, соединенных с оз. Тунайча протоками. В качестве подтверждения можно рассматривать обнаружение молоди карася длиной около 25 мм в одном из таких озер – в оз. Свободное в августе 2001 г. Мальки держались в зарослях камыша в хорошо прогретой прибрежной зоне с глубинами до 1 м.

В составе ихтиопланктона в поверхностном слое преобладали личинки разных видов корюшек р. *Hypomesus*, саланкса *S. microdon*, представителей семейства бычковых *Gobiidae*. За весь период исследований в озере были обнаружены икра и личинки 10 видов рыб, относящихся к 5 семействам: сельдевые *Clupeidae*, корюшковые *Osmeridae*, саланксовые *Salangidae*, бычковые *Gobiidae* и колюшковые *Gasterosteidae* (табл. 29).

Непосредственно к планктонным формам относились только личинки размножающихся в озере и его бассейне рыб. Однако в опре-

деленные периоды в уловах планктонных сетей в значительном количестве присутствовала демерсальная икра тихоокеанской сельди, малоротых корюшек р. *Hurotesus* и саланкса, вынесенная с мест нереста (Мухаметова, 2004, 2005).

Озеро Тунайча, являясь своеобразной переходной зоной от морских к пресным водоемам с промежуточными значениями солености, стало местом размножения и развития личинок рыб из различных экологических группировок. Соленость 2,2–2,6‰, наблюдающаяся в 15-метровом однородном слое озера, находится за пределами критических значений, определенных В. В. Хлебовичем (Хлебович, 1989) в 5–8‰. Основной чертой водоемов с низкими значениями солености является незначительное число видов рыб, которые приспособлены для постоянного обитания, в том числе размножения в таких условиях. В то же время общее количество видов здесь оказывается даже бóльшим, чем в отдельно взятых морских и пресных водоемах этого же района.

Именно такая картина наблюдается в оз. Тунайча. Из 39 видов рыб, встречающихся в озере (Иванков и др., 1999; Саматов и др., 2002; собственные данные – см. гл. 9.1), только 6 видов размножаются в условиях низкой солености. Это тихоокеанская сельдь, морская малоротая корюшка *H. japonicus*, трехиглая колюшка *G. aculeatus*, японский колючий бычок *A. lactipes*, пресноводный дальневосточный *G. urotaenia* и щуковидный *L. guttatus* бычки. Возможно, в этот список входит амурская девятииглая колюшка *P. sinensis*, образующая солоноватоводные формы. В ходе исследований в оз. Тунайча были обнаружены только мальки этого вида.

Помимо перечисленных видов, в пелагиали озера встречены личинки еще трех видов – саланкса, японской *H. nipponensis* и обыкновенной *H. olidus* малоротых корюшек, икрометание которых происходит в пресных ручьях и реках, впадающих в оз. Тунайча.

Икра и личинки рыб, обнаруженные в ихтиопланктонных сборах, относились к арктическо-бореальным, широкобореальным и низкобореальным видам. Относительная численность икры и личинок видов, имеющих тот или иной зоогеографический статус, имела сезонную изменчивость. В мае в составе ихтиопланктона встречаются только виды арктическо-бореального комплекса (рис. 95). В июне в поверхностном слое появляются икра и личинки всех трех представленных в озере зоогеографических группировок. Доля арктическо-бореальных видов снижается до 40% в середине июня и до 33% в конце месяца. В августе и сентябре количество видов арктическо-бореального комплекса не превышает 17–25%. Начиная со второй декады июня наблюдается тенденция увеличения икры и личинок видов низкобореального комплекса. Их

максимум приходится на июль. В этот период личинки низкбореальных видов составляют до 100% от общего числа видов в ихтиопланктоне.

В составе ихтиопланктона встречаются икра и личинки морских эвригаллиных, солоноватоводных, проходных, полупроходных и пресноводных видов (см. табл. 29). Последние три группы объединены в одну группу проходных и полупроходных (см. рис. 95). На данном этапе исследований без применений специальных методик разделить рыб на собственно проходных, полупроходных и пресноводных невозможно. Такие виды, как японская и обыкновенная малоротые корюшки, помимо проходных форм в некоторых районах, в частности на о. Сахалин, образуют пресноводные (озерные и озерно-речные) формы (Гриценко, 2002). Трехиглая колюшка также имеет морские, проходные и многочисленные пресноводные формы (озерные, речные, ручьевые, болотные и т. д.), причем морские и проходные типы взаимопереходящи и не имеют генетических различий (Зюганов, 1991). Симпатричное обитание озерной и проходной форм саланкса было отмечено в сходном по гидрологическим условиям оз. Абасири (север о. Хоккайдо) (Arai et al., 2003). Различия между этими формами были установлены только по структуре отолитов рыб.

Возможность существования в оз. Тунайча разных экологических группировок одного и того же вида определяется разнообразием биотопов. В озеро впадают несколько крупных рек (Подорожка, Комиссаровка, Ударница). С основной акваторией связаны несколько придаточных пресных озер – таких, как Свободное, Открытое, Червячное, Крестеножка и другие. На некоторых участках побережья от основной акватории отчленяются небольшие болотистые участки, заполненные пресной водой – такие, как оз. Камышовое.

Икрометание рыб, образующих пресноводные формы, протекает в придаточных пресных водоемах. В то же время их личинки могут свободно проникать в оз. Тунайча и развиваться совместно с личинками проходных форм.

В течение всего периода исследований в ихтиопланктоне по плотности незначительно преобладали виды, формирующие проходные и пресноводные формы (рис. 95Б). Относительная численность морских эвригаллиных видов достигала максимума в мае, когда структура ихтиопланктонного комплекса носила монодоминантный характер и была представлена только икрой и личинками тихоокеанской сельди.

Массовое размножение в озере таких видов, как сельдь, саланкс, корюшки р. *Hypomesus*, определило некоторое доминирование в ихтиопланктоне представителей неритического комплекса, которое было особенно заметно в мае–июне. Донно-придонный комплекс рыб в по-

верхностном слое формировался в основном личинками семейства бычковых *Gobiidae*, а также колюшек р. *Pungitius*, которые достигали максимальной численности только во второй половине лета.

По типу предпочтения нерестового субстрата рыбы, размножающиеся в оз. Тунайча, были представлены фито-, псаммо- и литофилами. На долю фитофилов приходилось 50% от учтенного в ихтиопланктоне видового состава рыб.

### **Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847**

Первыми в поверхностном слое озера появляются личинки и икра сельди. Сельдь оз. Тунайча относится к группе лагунных, или озерных сельдей, размножающихся в опресненных прибрежных лагунах (Пробатов, Фролов, 1951; Фролов, 1968). Нерест сельди начинается в апреле–мае (Материалы по сельди..., 1995; Биологическая характеристика..., 2001) и может сдвигаться на более поздние или ранние сроки, в зависимости от погодных условий (Мухаметова, 2005). Икрометание возможно во всей прибрежной зоне, где есть подходящий субстрат – рдесты р. *Potamogeton* и кладофора. Заросли трав и водорослей простираются вдоль всего побережья Большой Тунайчи. В Малой Тунайче снижение их биомассы заметно только вблизи устья р. Подорожка. Помимо нерестового субстрата для нереста сельди важны термические условия. Наиболее интенсивно икрометание протекает в Большой Тунайче, где прибрежная зона прогревается медленнее из-за преобладания глубин более 10–15 м.

Во второй декаде мая 2002 г. выбросы рдестов и кладофоры с икрой сельди простирались вдоль всего побережья Большой Тунайчи (рис. 96). Максимальная численность икры в выбросах отмечалась в восточной части Большой Тунайчи. Протяженность береговых выбросов и численность икры в них сокращались по направлению к Малой Тунайче. В этом районе единичные икринки отмечались только к востоку от устья р. Комиссаровка и в пр. Красноармейская.

Икрометание сельди проходит на глубине более 1 м. Максимальная глубина, на которой откладывалась икра, достигала 9 м (совпадала с максимальной глубиной распространения зарослей погруженной растительности).

Большое количество икры, прикрепленной к обрывкам кладофоры и рдестов, выносилось в поверхностный слой и оказывалось в сборах ихтиопланктонной сети (Moukhametova, 2002). Вынос мог происходить под воздействием волнения и ветра. В мае наиболее мощный вынос икры на поверхность также наблюдался в Большой Тунайче. В восточной части озера количество икры на растениях, сорванных с нерестилищ, варьировалось от 318 до 4 359 экз./кг сырой массы, в среднем –

1 848 экз./кг сырой массы. Преобладание северных и северо-восточных ветров препятствовало переносу субстрата с икрой за пределы зоны нереста. В зависимости от направления ветра происходило смещение вынесенной икры то к южному, то к северному берегу. В начале июня 2002 г. площади, занятые поверхностными выбросами икры, увеличились, но основные скопления были зафиксированы уже в юго-западном углу Малой Тунайчи. К концу июня икрометание по всей акватории подошло к завершению. Незначительный вынос икры наблюдался только у восточного побережья зал. Обручева.

Икрометание сельди в оз. Тунайча продолжается в течение двух-двух с половиной месяцев. За этот период наблюдается как минимум два подхода. В середине мая 2002 г. в скоплениях преобладала икра на I стадии развития (58,9%), характеризующая интенсивно протекающий нерест (Расс, 1965). В третьей декаде мая количество икринок на I стадии снизилось до 8,9%. Вместе с тем произошло увеличение относительной численности мертвой икры – с 31,3 до 66,7%.

В первой половине июня вновь было отмечено увеличение относительной численности икры на I стадии до 53,3%, связанное с очередным подходом сельди. В конце июня в поверхностном слое облавливалась только мертвая икра. В течение всего периода исследований наблюдалась низкая численность икры на завершающих стадиях развития (от 1 до 5%) и большое количество икры, пораженной грибком.

Появление личинок происходило в середине или в конце мая, в зависимости от сроков начала икрометания. Личинки отмечались как в прибрежной зоне в восточной части Большой Тунайчи над глубинами 3–5 м, так и у северо-западного побережья Малой Тунайчи и вблизи о. Птичий над глубинами более 10 м.

По сравнению с численностью икры, вынесенной в поверхностный слой, численность личинок была очень низкой. В мае 2002 г. первоначально численность личинок в поверхностном слое в среднем не превышала 0,002 экз./м<sup>3</sup> (прил. 46). Все выловленные личинки имели желточный мешок. Их длина варьировалась в пределах от 7,5 до 8,4 мм (7,8 мм в среднем). В конце мая в юго-восточной части озера наблюдался пик численности личинок сельди. Среднее количество личинок возросло в 10 раз – до 0,02 экз./м<sup>3</sup>, средняя длина увеличилась до 8,9 мм. Наряду с только что выклюнувшимися личинками длиной около 7 мм в уловах присутствовали личинки длиной более 10 мм (рис. 97А). Только 25% личинок имели желточный мешок.

Наблюдалось два участка повышенной плотности личинок: в районе проток, соединяющих озера Свободное и Открытое с оз. Тунайча. К середине июня средняя плотность личинок сократилась до 0,001 экз./м<sup>3</sup>.

Личинки ловились на небольших участках вблизи восточного берега зал. Обручева и в районе протоки оз. Крестоножка. К концу июня личинки полностью исчезли из уловов.

В большинстве случаев участки выноса икры и распределения личинок сельди были локализованы в районах устьев рек и проток озер. Привязанность нерестилищ лагунных форм сельди к стокам пресных вод ранее была установлена для солоноватых озер Камчатки (Трофимов, 2003). На основании распределения ранних стадий развития можно предположить о существовании такой же связи и для озерной формы сельди оз. Тунайча.

### **Малоротые корюшки р. *Hypomesus***

Японская и обыкновенная малоротые корюшки помимо проходных форм в некоторых районах, в частности на о. Сахалин, образуют пресноводные (озерные и озерно-речные) формы. Морская малоротая корюшка является неритическим видом. В большинстве районов ее нерест связан с опресненными участками морской прибрежной зоны. По данным А. М. Шадрина (Шадрин, 1989), оптимальной для развития икры этого вида является соленость от 4,0 до 12,0‰. На юге Сахалина она входит для нереста в лагуну Буссе и оз. Тунайча (Шадрин, 1989а; Парпура, Колпаков, 2001; Гриценко, 2002).

Наиболее массовым видом в оз. Тунайча является японская малоротая корюшка. Ее нерест длится с конца мая до начала августа. Этот вид является типичным рео- и литофилом. В бассейне оз. Тунайча японская корюшка заходит для нереста как в относительно крупные реки (р. Ударница), так и в мелкие ручьи с покатыми песчаными устьями, в большом количестве впадающие в озеро. Размножение японской корюшки в бассейне р. Ударница происходило на расстоянии около 1 км от устья в ключе Рыбоводный (Гриценко, 2002). В мелких ручьях, впадающих в озеро, икра откладывалась на перекатах с песчаным дном и достаточно быстрым течением. Глубина на нерестилищах изменялась от 0,1 до 0,3 м. Участки, пригодные для нереста, были ограничены дистанцией 5–11 м от устья ручья. Ручьевые нерестилища заканчивались в 0,5–1,0 м от устья. Икрометание протекало выше границы воздействия волн. Упоминаемые в литературе озерные нерестилища японской корюшки (Шадрин, 1989б) в оз. Тунайча обнаружены не были.

В 2002 г. массовый нерестовый ход японской корюшки наблюдался в третьей декаде мая и достиг максимальной интенсивности в начале июня. Икра в большом количестве выносилась в поверхностный слой в первой половине июня. Вынос икры, как правило, происходил в районе устьев крупных рек Комиссаровка, Ударница, Казачка и в местах вы-

хода проток, соединяющих с озером небольшие придаточные пресные озера Свободное, Червячное, Открытое.

Скопления икры в уловах ихтиопланктонной сети в середине июня почти на 63,0% состояли из I и II стадий развития. Доля мертвых икринок была незначительна – 16,3%. В поверхностном слое икра распределялась отдельными достаточно обширными участками. К концу июня вынос икры наблюдался на единственном участке в прибрежной зоне северо-восточного побережья Большой Тунайчи.

Личинки в поверхностном слое озера встречались в течение длительного периода – с начала июня до конца августа. Их максимальная численность была зафиксирована в конце июня. В первой половине месяца личинки были распространены практически по всей акватории озера. Повышенная плотность скоплений – до 0,72 экз./м<sup>3</sup> – отмечалась в основном в прибрежной зоне к юго-востоку от м. Меньшикова. В среднем для озера этот показатель не превышал 0,09 экз./м<sup>3</sup>. Частота встречаемости личинок в уловах достигала 57,1% (см. **прил. 46**). Около 63% личинок имели желточный мешок. Стандартная длина личинок в уловах варьировалась от 4,5 до 8,7 мм, составив в среднем 6,1 мм. Около 50% уловов приходилось на личинок размерной группы от 4 до 6 мм, около 47% – на личинок длиной 6–8 мм (**рис. 97Б**).

В конце июня плотность скоплений личинок увеличилась, площадь их распространения несколько сократилась. Личинки придерживались в основном прибрежной зоны северо-восточного побережья озера. Максимальная численность достигала 16,8 экз./м<sup>3</sup>. Скопление с концентрациями более 10–15 экз./м<sup>3</sup> наблюдалось к северо-западу от протоки оз. Открытое. На остальных участках численность не превышала 5 экз./м<sup>3</sup>. Максимальный размер личинок увеличился до 12,4 мм. Средняя длина личинок составила 6,7 мм. По-прежнему высокой была доля личинок с желточным мешком – 53%. В размерном составе преобладали только что вышедшие из икры личинки – более 54%. Несмотря на то, что личинки японской корюшки распространялись по всей акватории озера, их основные концентрации были связаны с устьями рек и проток пресных озер. В зависимости от направления ветра скопления могли несколько смещаться.

Нерест японской корюшки в водотоках Большой Тунайчи начался несколько раньше, чем в водотоках Малой Тунайчи. Сравнение размеров личинок из обоих районов выявило достоверные различия ( $p=0,004$ ). В Большой Тунайче длина личинок в среднем была несколько больше. В конце месяца, в результате смешивания личинок разных возрастных групп из разных водотоков, размерный состав личинок в обеих частях озера различался уже несущественно ( $p=0,361$ ).

В июле основные скопления личинок были сосредоточены в южной части озера, в основном у зал. Обручева. К этому периоду произошли снижение их средней численности до 0,47 экз./м<sup>3</sup> и уменьшение доли предличинок с желточным мешком до 8,3%. Средняя длина личинок возросла до 10,8 мм, максимальная – до 16,0 мм. К концу июля площадь распространения личинок несколько сократилась. Сохранилась тенденция снижения численности и частоты встречаемости. Из размерного ряда выпали несколько групп личинок.

В начале августа личинки снова распределялись по всей акватории озера. В уловах по-прежнему отмечались только что выклюнувшиеся личинки. На долю личинок с желточным мешком приходилось 6,7%. Преобладали личинки длиной 6–8 мм, 8–10 мм, наиболее массово были представлены личинки длиной 10–12 мм, составившие 33,3% от общей численности.

Предельные размеры личинок японской корюшки в поверхностных уловах в течение всего периода исследований не превышали 16 мм. При достижении этой длины личинки прекращали облавливаться в поверхностном слое. Личинки длиной 34,0–36,0 мм встречались в прибрежной зоне на глубине 0,2–0,3 м в зарослях водной растительности. Максимальная длина личинок семейства корюшковых *Osmeridae* в шельфовых водах Сахалина также не превышает 16–20 мм (Гидробиологическая характеристика..., 2001).

Распределение личинок в течение периода исследований часто менялось. Скопления возникали то на одном, то на другом участке озера, что определялось очередностью ската личинок из разных водотоков и пассивным ветровым дрейфом.

Нерест обыкновенной малоротой корюшки в оз. Тунайча не изучен. Этот вид на Сахалине является типичным фитофилом, откладывающим икру на глубинах до 1 м в пойменных озерах. В притоках р. Амур икра откладывается на песчано-галечных и каменистых грунтах (Василец и др., 2000; Гриценко, 2002).

В оз. Тунайча обыкновенная малоротая корюшка встречается в уловах совместно с японской (Саматов и др., 2002). Икрометание обыкновенной малоротой корюшки преимущественно протекает в пресных реках и озерах. Но слабый градиент солености между водами оз. Тунайча и впадающими в нее реками и протоками озер, а также особенности распределения икры и ранних личинок не исключают возможности размножения этого вида на основной акватории озера, в устьях рек и проток при наличии подходящего субстрата.

Первое появление икры и личинок обыкновенной малоротой корюшки в уловах икорной сети отмечается в первой декаде июня. Икра,

прикрепленная на кладофоре, встречалась в Малой Тунайче в районе устья р. Подорожка и оз. Червячное. Вероятно, нерестилища обыкновенной малоротой корюшки находились не только в пресных водоемах, но и на основной акватории озера, так как выносы икры встречались вдоль всего северного берега Малой Тунайчи. В начале месяца наблюдалось преобладание икры на начальных стадиях развития. К концу июня максимальные концентрации икры в уловах возросли с 0,08 до 5,6 экз./м<sup>3</sup>. Личинки встречались в горизонтальных уловах с начала июня до начала августа. Их распределение носило локальный характер. Ранние личинки концентрировались вблизи пресных водоемов. В первой половине июня заметное скопление отмечалось близ оз. Червячное в Малой Тунайче. Размерный ряд личинок ограничивался длиной 4–8 мм. Недавно выклюнувшиеся личинки с желточным мешком длиной до 6,0 мм составляли 65% от численности всех личинок. Максимальная плотность личинок составляла 0,19 экз./м<sup>3</sup>.

К концу июня численность личинок увеличилась до 3–4 экз./м<sup>3</sup>. В это время было обнаружено второе скопление личинок в районе протоки оз. Открытое в Большой Тунайче с максимальной численностью до 5–6 экз./м<sup>3</sup>. В течение месяца максимальная длина личинок увеличилась с 7,6 до 12,6 мм. Основу уловов по-прежнему формировали недавно вышедшие из икры личинки длиной 3–6 мм (87,7%). На долю предличинок с желточным мешком приходилось 74,7%.

В июле и августе личинки обыкновенной малоротой корюшки встречались в уловах единично. В конце июля они были распространены в районе протоки и юго-западного берега Малой Тунайчи. Максимальная плотность не превышала 0,06 экз./м<sup>3</sup>. В начале августа личинки длиной 7,5–8,5 мм концентрировались на ограниченном прибрежном участке в районе устья р. Ударница. Максимальная плотность скоплений личинок достигала 0,14 экз./м<sup>3</sup>.

В распределении икры и предличинок японской и обыкновенной малоротых корюшек в оз. Тунайча наблюдались общие черты, заключающиеся в тяготении этих скоплений к устьям рек и протоков пресных озер. Особенности выноса икры и распределения предличинок обыкновенной малоротой корюшки наводят на предположение о сходном с японской корюшкой характере нереста: какие-то формы обыкновенной малоротой корюшки не проходят для икрометания далеко в реки и озера, а выметывают икру в непосредственной близости от устьев или в прибрежной зоне оз. Тунайча.

Пик нереста морской малоротой корюшки, характеризующийся появлением в планктонных пробах большого количества икры, пришелся на первую половину июня. Скопления икринок отмечались в при-

брежной зоне с юго-западной стороны п-ова Бойля, в районе устьев рек Ударница, Восточная и Нака. Небольшие концентрации отмечались к северо-западу от м. Лазо над мелью с глубинами до 5 м. В поверхностном слое присутствовала икра на всех стадиях развития, но бóльшая часть находилась на ранних (I, II) стадиях – 57,2%.

В первой половине июня в уловах встречались и личинки морской малоротой корюшки длиной 6,9–9,8 мм (7,8 мм в среднем). Доля предличинок с желточным мешком достигала 92%. Отдельные личинки имели остатки желточного мешка при длине более 9,0 мм. Небольшое количество личинок концентрировалось в пр. Красноармейская. Скопление с наибольшей плотностью было локализовано в районе устьев рек Восточная и Нака вместе с вынесенной икрой этого вида. Отдельные личинки, видимо, сносимые с мест размножения, расположенных на мелководье в районе м. Лазо, встречались над глубинами 10–20 м к юго-востоку от м. Коммунаров. Максимальная плотность личинок составляла 0,53 экз./м<sup>3</sup>.

В конце июня произошло значительное увеличение площади распространения личинок. Основные концентрации формировались в Малой Тунайче. Произошло увеличение размерного ряда до 14,3 мм и снижение относительной численности предличинок до 28%. Основу размерного ряда составляли личинки длиной 6–9 мм – 81%.

В июле–августе личинки морской малоротой корюшки в незначительных количествах встречались в Малой Тунайче, недалеко от устья р. Комиссаровка. К этому времени основная масса личинок, вероятно, уже покинула озеро через пр. Красноармейская.

#### **Саланкс *Salangichthys microdon* (Bleeker, 1860)**

Саланкс в ихтиопланктонном комплексе оз. Тунайча является одним из массовых видов, уступая по численности только личинкам японской малоротой корюшки. В поверхностном слое озера личинки саланкса встречаются с конца июня до середины сентября.

В 2002 г. вынос икры саланкса с нерестилиц, также как и икры корюшковых, начался в первой половине июня. Икра встречалась с южной стороны п-ова Бойля и к западу от м. Лазо недалеко от устья безымянной речки. Икра крепилась к кладофоре или находилась в свободном состоянии. В конце июня максимальные концентрации икры отмечались вдоль северного берега Малой Тунайчи, меньшие по численности – к западу от р. Ударница. В течение месяца в поверхностном слое преобладала икра на ранних стадиях развития. Скорее всего, ее вынос с нерестилиц происходил или во время икрометания, или сразу после него.

Принадлежность саланкса оз. Тунайча к озерной или проходной форме не установлена. Не установлены и места нереста саланкса в озере. Икрометание возможно как в реках и пресных озерах, так и в прибрежной зоне основной акватории озера. Известно, что в районе западного Сахалина обитает проходная форма саланкса, заходящая для нереста в реки (Фридлянд, 1949). На нерест саланкса в пресных водотоках, впадающих в оз. Тунайча, указывает нахождение скоплений икры в приустьевых участках рек Ударница, Комиссаровка, Казачка. С другой стороны, икра саланкса, как и икра обыкновенной малоротой корюшки, концентрировалась вдоль всего северного берега Малой Тунайчи даже вдали от рек, что приводит к выводу о возможности икрометания этого вида и на основной акватории озера. Вдоль северного побережья Малой Тунайчи донная растительность представлена нитчатыми водорослями с преобладанием кладофоры, к которой прикреплялась икра саланкса из планктонных проб.

Массовое распространение личинок саланкса в пелагиали озера произошло в конце июня. В этот период личинки облавливались даже в центральной части озера над глубинами 10–20 м. Сохранялась привязанность значительных по плотности скоплений к пресным водоемам. Максимальные концентрации формировались в районе протоки оз. Открытое. Размерный ряд личинок при первом появлении в поверхностном слое ограничивался длиной 3–10 мм. Основу скоплений составляли личинки длиной 5–6 мм – 40%. Выход предличинок происходил при длине 3,7–4,5 мм. Желточный мешок у большинства личинок рассасывался к длине 5 мм. Остатки желточного мешка наблюдались только у 7,5% личинок.

Во второй декаде июля основные концентрации личинок были сосредоточены у противоположного берега вблизи устья р. Казачка. Площадь их распространения несколько снизилась. В третьей декаде июля скопления личинок вновь отмечались в районе протоки оз. Открытое, а также к юго-востоку от м. Макарова в районе устья р. Соловьевка.

В августе связь скоплений личинок с реками и пресными озерами исчезла. Районы с повышенными концентрациями сместились в основном от побережья к центральной части озера. В этот период были отмечены максимальные значения плотности и частоты встречаемости личинок (см. **прил. 46**). В размерном ряду, по сравнению с предыдущим периодом, наблюдалось смещение максимума относительной численности в сторону увеличения длины личинок. В уловах преобладали личинки длиной 5–10 мм, составившие 65,9%.

В конце августа площадь распространения личинок еще сократилась. Скопления формировались в районе устья р. Казачка и в Малой

Тунайче. В середине сентября в уловах отмечались единичные личинки саланкса.

Сравнение средних размеров личинок из разных участков Тунайчи дало следующие результаты: в конце июня в Малой Тунайче в районе устья р. Подорожка средняя длина личинок составила 5,6 мм, вблизи протоки оз. Крестоножка – 5,7 мм, в Большой Тунайче недалеко от протоки оз. Открытое – 5,2 мм, на остальной акватории озера – 7,6 мм. Таким образом, более мелкие личинки вылавливались вблизи устьев впадающих в озеро водотоков. Появление ранних личинок в местах впадения рек и проток придаточных озер в оз. Тунайча происходило регулярно в течение всего периода исследований, приводя к преобладанию в уловах размерной группы 4–6 мм. В то же время с середины июля до конца августа в зал. Обручева периодически отмечались личинки старших возрастов со средней длиной 14,4–14,7 мм. На остальной акватории озера средняя длина личинок не превышала 8,5–10,0 мм. Появление крупных личинок в заливе может объясняться более поздним скатом с отдаленных нерестилищ, расположенных во впадающих в залив р. Казачка и протоке оз. Добрецкое, или формированием нагульных скоплений личинок на определенном этапе их развития. Личинки саланкса оставались в поверхностном слое дольше личинок корюшковых, исчезая из уловов ихтиопланктонной сети при длине свыше 26–27 мм.

#### **Семейство бычковые (Gobiidae)**

Представители семейства являются эвригалинными видами и населяют как пресные водоемы, так и прибрежные морские воды (Кондратьева, 2001; Кондратьева, Соколовский, 2001; Атлас пресноводных..., 2002; Сафронов, Никифоров, 2003). Биология бычковых в оз. Тунайча изучена слабо.

Первым приступает к икрометанию пресноводный бычок. В 2002 г. его личинки появились в поверхностном слое в первой половине июня, к концу месяца достигли максимальной плотности. По сравнению с личинками других видов бычков, численность личинок пресноводного бычка находилась на очень низком уровне. В ихтиоценое озера этот вид также был редок. Наибольшее скопление пресноводного бычка – до 0,06 экз./м<sup>2</sup> – было обнаружено к северо-западу от м. Меньшикова.

Нерест – кратковременный. Уже через месяц личинки исчезли из ихтиопланктонных уловов, переместившись на мелководье. Места локализации личинок протянулись вдоль всего северо-восточного берега озера. Изменения в их пространственном распределении заключались только в увеличении площади распространения от начала к концу июня. В июне в уловах встречались личинки длиной 3,6–7,2 мм. К началу ав-

густа длина единично попадавших в прибрежных зарослях личинок превышала 25,0 мм.

Японский колючий бычок является наиболее массовым видом рыб в озере, уступая по численности только трехиглой колюшке (Экологическое описание..., 2002). В 2002 г. первые личинки японского колючего бычка появились в конце июня недалеко от протоки оз. Открытое. В июле личинки встречались вдоль южного и северо-восточного побережья оз. Тунайча. В конце месяца достаточно обширный участок, на котором встречались личинки, был расположен в районе м. Макарова. Численность личинок здесь не превышала 0,1 м<sup>3</sup>. Начиная с июля и до середины августа личинки *A. lactipes* имели в планктоне высокую численность, уступая только личинкам саланкса. С конца августа и в течение всего сентября они доминировали в ихтиопланктоне. В период пика численности частота встречаемости личинок японского колючего бычка достигала 58,2–60,0%, максимальная плотность – 0,69 экз./м<sup>3</sup>.

В течение августа личинки распределялись на обширной акватории озера, включая Большую Тунайчу, а также пр. Красноармейская и приустьевую зону р. Подорожка в Малой Тунайче. Участки повышенной плотности формировались в прибрежных районах над глубинами до 10 м. В конце августа личинки концентрировались на участке между зал. Обручева и м. Советский. К середине сентября численность личинок японского колючего бычка значительно снизилась, но на фоне резкого сокращения численности личинок других видов они продолжали доминировать.

Щуковидный бычок предпочитает каменистые и гравийно-галечные грунты на литорали озера. В дневное время он скрывается под камнями, ночью выходит из убежищ. Скрытый образ жизни щуковидного бычка затрудняет оценку его численности при проведении ихтиологических съемок. По результатам бентической съемки 2002–2003 г., на каменистых и гравийно-галечных грунтах литорали плотность *L. guttatus* составила до 6–10 экз./м<sup>2</sup>. Данные о значительном количестве представителей этого вида и их обширном распространении в оз. Тунайча удалось получить в результате проведения ихтиопланктонной съемки.

Личинки щуковидного бычка встречались в планктоне с конца июня до конца августа, образуя скопления в разных районах озера. Частота встречаемости личинок в период максимальной численности (конец августа) достигала 29,1%, максимальная плотность – 0,22 экз./м<sup>3</sup>. В июне наибольшее по плотности скопление наблюдалось в Малой Тунайче. В середине июля личинки концентрировались у восточного побережья зал. Обручева и к западу от протоки оз. Свободное, в конце месяца

встречались на ограниченных участках в бухте к востоку от м. Коммунаров и возле противоположного берега к югу от м. Макарова. В начале августа личинки распространились по акватории озера значительно шире. Участки с повышенными плотностями отмечались даже над глубинами более 20 м. Личинки ловились не только в озере, но и в пр. Красноармейская. К концу августа площадь распространения личинок сократилась. Отдельные скопления встречались на глубинах от 2–3 до 16–18 м вдоль северо-западного побережья Большой Тунайчи. В Малой Тунайче личинки распространялись на значительной акватории, в основном концентрируясь в ее юго-западной части.

В отличие от личинок саланксовых и корюшковых, личинки бычковых проводят в поверхностном слое короткий период времени. Размерный ряд пелагических личинок всех трех встречающихся в озере видов в основном был ограничен длиной от 3 до 9 мм.

В скоплениях личинок *A. lactipes* практически во все периоды съемок в уловах преобладали ранние личинки двух размерных групп – 3–4 и 4–5 мм (рис. 97Г). Только в сентябре, в связи с прекращением нереста и выхода в поверхностный слой ранних личинок, было заметно увеличение относительной численности крупноразмерных личинок длиной 5–8 мм. С конца июля до середины сентября наблюдалось увеличение средней длины личинок – с 4,1 до 6,1 мм.

Наиболее крупные пелагические личинки щуковидного бычка длиной 7–9 мм встречались только в период максимальной численности – в начале августа. В уловах постоянно преобладали личинки длиной 3–5 мм. При длине более 9 мм личинки переходили к донному образу жизни, перемещаясь на мелководье.

### **Семейство Колюшковые Gasterosteidae**

Являясь наиболее массовым представителем в водах оз. Тунайча и водоемах его бассейна, колюшковые чрезвычайно слабо были представлены в планктоне на ранних стадиях развития. Небольшое количество личинок в уловах связано с особенностями размножения и выращивания потомства (Зюганов, 1991). После выхода из гнезда личинки держатся в зарослях прибрежной растительности, попадая в ихтиопланктонную сеть только во время сильного волнения.

В уловах доминируют по численности и частоте встречаемости личинки и мальки трехиглой колюшки – самого многочисленного вида ихтиофауны озера. В 2002 г. первые личинки начали встречаться в конце июня на ограниченных участках в районе пр. Красноармейская, у северо-западного побережья Малой Тунайчи и в районе м. Советский на юго-западном побережье Большой Тунайчи. Длина личинок нахо-

дилась в пределах от 5,7 до 8,1 мм. Полное рассасывание желточного мешка наблюдалось при длине более 6 мм.

В августе личинки и мальки трехиглой колюшки достаточно часто стали встречаться в планктоне. В большом количестве они ловились в зал. Обручева. Но даже здесь их плотность не превышала 0,11 экз./м<sup>3</sup>. Основная часть личинок и мальков формировала скопления в прибрежных зарослях тростника и хорошо облавливалась сачком. Минимальная длина личинок в августе увеличилась до 15,9 мм, средняя составила 21,6 мм. Большинство личинок находилось на стадии формирования лучей спинного и анального плавников.

В зал. Обручева размножение трехиглой колюшки продолжалось до середины сентября. В этот период во время шторма икринки на I стадии развития с остатками разрушенного гнезда встречались в ихтиопланктонных уловах.

Амурская девятиглая колюшка по численности в озере незначительно уступает трехиглой. Тем не менее, за весь период исследований не было встречено ни одной личинки этого вида. В конце августа в юго-восточной части Большой Тунайчи в ихтиопланктонную сеть попался единственный малек амурской колюшки длиной 23,2 мм. Молодь этого вида редко покидает прибрежные заросли. Половозрелые особи девятиглая колюшки также чаще занимают заросшие растительностью экотопы и реже встречаются в 10-сантиметровом слое воды над субстратом (Нат, 2003).

#### Сезонная динамика численности ихтиопланктона

В мае ихтиопланктон оз. Тунайча представлен только икрой и личинками сельди. Вынос икры сельди в поверхностный слой отражает дискретный характер нерестовых подходов. Максимальный вынос икры, достигший на всей акватории озера в 2002 г. 144,8 млн экз., был отмечен в середине мая при относительно спокойных погодных условиях (**рис. 98**). Частота встречаемости икры составляла 72,2%. На долю личинок приходилось всего 0,8% от общей численности ихтиопланктона (**рис. 99**). Абсолютная численность не превышала 1,1 млн экз., частота встречаемости – 11,1% (**рис. 100А**).

К концу мая интенсивность нереста сельди снизилась, что отразилось на численности икры в поверхностном слое, количество которой уменьшилось почти в 10 раз. Вместе с тем произошло увеличение абсолютной численности личинок сельди до 3,5 млн экз. и относительной – до 19,3% (см. **рис. 99**). В первой половине июня количество икры в поверхностном слое вновь возросло. Увеличение численности было связано с водами Малой Тунайчи, где наблюдался более поздний не-

рест сельди. К середине июня снизилась численность личинок, и к концу июня личинки уже не облавливались в поверхностном слое. Резкое снижение численности личинок сельди и их исчезновение из уловов в конце июня могло быть следствием как малой эффективности второго нерестового подхода, наблюдавшегося в Малой Тунайче, так и перераспределения личинок в прибрежных зарослях озера и быстрого ската в зал. Мордвинова.

Низкая выживаемость икры и личинок сельди в озере могла быть связана с быстрым прогревом поверхностного слоя озера и превышением температурного оптимума, необходимого для развития. Повышенная смертность икры сельди на нерестилищах отмечается при температуре выше 10 °С (Душкина, 1988), но прямая зависимость между температурой и выживаемостью икры и личинок пока не выявлена. В данном случае важны многие факторы – температура, соленость, газовый режим, характер грунтов и т. д., сочетание которых создает благоприятные для развития условия. Особенно заметно влияние этих факторов именно на тихоокеанских сельдей, ранние этапы онтогенеза которых протекают в чрезвычайно изменчивых условиях.

По сравнению с личинками других видов рыб, численность личинок сельди в оз. Тунайча имела низкие значения (см. **рис. 99, 100**). Несмотря на приспособление тихоокеанских сельдей к размножению в условиях низкой солености, им, по мнению Л. А. Душкиной (Душкина, 1988), не удалось перейти барьер критической солености 5–8‰. Эмбриональное развитие при низкой солености приводит к возникновению ряда дефектов. Некоторые личинки, вылавливаемые в оз. Тунайча, имели обводненный желточный мешок и увеличенную перикардальную область. Аналогичные изменения обнаруживались у личинок егорьевской сельди при 12-часовом выдерживании икры в пресной воде после того, как какое-то время икра развивалась в морской воде.

Таким образом, если на завершающих этапах нереста сельди снижение выживаемости икры и личинок в большей степени связано с увеличением температуры выше оптимальных значений, то в целом низкая численность личинок в озере, вероятно, определяется высокой эмбриональной смертностью и наличием постэмбриональных дефектов в результате развития в условиях очень низкой солености. Оба эти фактора могли создавать благоприятную среду для развития грибковых заболеваний, в массе поражающих икру сельди.

Предположение о негативном влиянии низкой солености на икру и личинок сельди далеко неоднозначно. У эмбрионов сельди лагун северо-восточного Сахалина при низкой (2,6‰) солености были отмечены

повышенная скорость дифференцировки органов и выживаемость (Гриценко, Шилин, 1979).

Несмотря на низкую, по сравнению с другими видами рыб, численность личинок, эффективность нереста сельди оз. Тунайча вполне достаточна для долговременного поддержания этой популяции.

В июне наблюдается увеличение числа видов рыб, представленных в ихтиопланктоне, за счет появления пелагических личинок малоротых корюшек 3 видов – японской, обыкновенной и морской, и личинок пресноводного дальневосточного бычка. Вместе с личинками в поверхностный слой выносятся большое количество донной икры корюшек и саланкса. Наиболее интенсивный вынос характерен для икры японской малоротой корюшки, по численности у поверхности уступавшей только икре сельди. На долю сносимой в озеро икры этого вида в первой половине июня 2002 г. приходилось 21,1%, на долю личинок – 23,7%. Абсолютная численность икры и личинок японской корюшки составила 14,6 и 16,39 млн экз. соответственно. К концу месяца отмечается снижение численности икры и рост численности личинок до 0,04 и 71,2 млн экз. соответственно. В уловах встречаются икра и личинки обыкновенной и морской малоротых корюшек, но их абсолютная и относительная численность находятся на более низком уровне, чем японской корюшки. Значительный вклад в численность ихтиопланктона в этот период вносит икра саланкса, вынос которой также снижается к концу месяца с 7,9 до 1,3 млн экз.

После снижения общей численности ихтиопланктона к концу мая, связанного с прекращением выноса икры сельди, в июне вновь наблюдалась тенденция увеличения численности икры и личинок, максимум которой отмечался в конце июня и составил в 2002 г. 158,8 млн экз. (рис. 101).

Одной из особенностей ихтиопланктонного комплекса в июне являлось увеличение численности собственно планктонных стадий развития рыб, представленных в оз. Тунайча только личинками. Если в первой половине месяца на долю личинок приходилось всего 25,1%, то к концу июня их численность возросла до 87,0%. В поверхностном слое появились личинки всех трех видов бычковых, обитающих в озере. Для личинок пресноводного бычка на конец июня пришелся максимум абсолютной численности. При этом их доля в ихтиопланктоне не превышала 1,0%.

Личинки теплолюбивых шуковидного и японского колючего бычков впервые появились в поверхностном слое в конце июня. Их численность в июне оставалась низкой, составив 0,5 и 0,1% от общей численности ихтиопланктона соответственно, при частоте встречаемости 8,8

и 1,6% соответственно. Максимум численности личинок этих видов был сдвинут на более поздние сроки.

В июле ихтиопланктон был представлен исключительно личинками рыб, общее количество которых в течение месяца изменялось незначительно – от 13,7 млн экз. в первой половине до 10,5 млн экз. во второй половине (см. **рис. 101**). Видовой состав личинок сократился до четырех-пяти видов. Низкие значения учтенной численности ихтиопланктона, скорее всего, были вызваны неблагоприятными погодными условиями, приведшими к вертикальному перераспределению личинок и снижению уловистости ихтиопланктонной сети. Основу ихтиопланктона в первой половине месяца составляли личинки японской малоротой корюшки (37,7%), саланкса (36,8%) и японского колючего бычка (19,3%). Во второй половине июля произошло снижение численности преобладающих с начала июня личинок японской малоротой корюшки. Их доля в ихтиопланктоне сократилась до 15,6%. Доминировали личинки саланкса и личинки японского колючего бычка с относительной численностью 48,7 и 30,6% соответственно. В этот период в составе ихтиопланктона присутствовали также личинки щуковидного бычка. Их абсолютная численность изменялась от 0,85 млн экз. во второй декаде до 0,32 млн экз. в третьей декаде месяца, относительная – от 6,20 до 3,05% соответственно.

В августе 2002 г. снова было отмечено увеличение количественных показателей и разнообразия видов ихтиопланктона. В начале месяца его общая численность увеличилась почти в 3 раза, составив 38,9 млн экз., качественный состав возрос до 8 видов. В уловах встречались виды, присутствовавшие в июне, но выпавшие из видового списка в июле, – японская, обыкновенная и морская малоротые корюшки. Личинки корюшек составляли уже незначительную долю в уловах. Относительная численность личинок японской малоротой корюшки сократилась до 8,6%, обыкновенной малоротой – до 2,0%. В это время в ихтиопланктонном комплексе продолжали доминировать личинки саланкса, на долю которых приходилось 47,9%. Относительная численность личинок японского колючего бычка, по сравнению с концом июля, несколько снизилась, составив 27,5%, но абсолютная численность возросла более чем в 3 раза, достигнув 10,7 млн экз. Личинки встречались в 66% уловов. В этот же период максимальной численности – 3,17 млн экз. – достигли личинки щуковидного бычка. В отличие от личинок японского колючего бычка, относительная численность личинок щуковидного бычка не превышала 8,2%, а частота встречаемости – 29,1%.

Начиная с августа постоянным элементом ихтиопланктона становятся ранние стадии развития трехиглой колюшки – наиболее много-

численного вида в озере (Саматов и др., 2002). Впервые личинки колюшки появились в ихтиопланктонных сборах в конце июня. Несмотря на высокую численность половозрелых особей этого вида, личинки не вносили заметный вклад в структуру ихтиопланктонного комплекса. В начале августа на их долю приходилось всего 0,3% от общей численности ихтиопланктона.

В конце августа доминировали личинки японского колючего бычка. Их абсолютная и относительная численность достигла максимальных значений, составив соответственно 13,3 млн экз. и 53,1%. Абсолютная численность личинок саланкса сократилась более чем в 2 раза, относительная – снизилась до 32,3%. В этот же период был отмечен спад численности личинок щуковидного бычка. В уловах в небольших количествах продолжали встречаться личинки японской малоротой корюшки, общая численность которых не превышала 0,02 млн экз.

В августе наметилась тенденция необратимого снижения численности ихтиопланктона, обусловленного окончанием нерестового сезона большинства видов рыб. От начала к концу месяца этот показатель снизился более чем в 1,5 раза – с 38,9 до 25,1 млн экз. К середине сентября численность снизилась почти в 22 раза от уровня, отмеченного в конце августа, и составила 1,2 млн экз. В этот период продолжали доминировать личинки японского колючего бычка с относительной численностью 49,6% на фоне снижения ее абсолютного значения более чем в 23 раза, по сравнению с концом августа.

Характерной особенностью осенних сборов ихтиопланктона являлось присутствие в поверхностном слое сеголеток и половозрелых особей амурской девятииглой колюшки. В конце октября уловы ихтиопланктонной сети полностью были представлены половозрелыми амурскими колюшками.

Нерестовый период разных видов рыб имеет различную продолжительность. Наиболее длительный нерест характерен для японской малоротой корюшки, саланкса, трехиглой колюшки – около 3 месяцев. В более короткие сроки проходит размножение представителей семейства бычковых *Gobiidae* – японского колючего бычка и щуковидного бычка, – около 2,5 месяцев. Несколько короче нерестовый сезон пресноводного бычка – чуть более одного месяца. Приблизительно в такой же период завершается эффективный нерест сельди, сопровождающийся выходом личинок.

Как у рыб с протяженным нерестовым периодом, так и у рыб, размножающихся в течение более короткого времени, наблюдается только один пик численности икры и личинок. Определенный период характеризуется доминированием икры и пелагических личинок только одного

из видов рыб (см. **рис. 100**). Таким образом, для ихтиопланктонного комплекса оз. Тунайча характерна смена доминирующих в планктоне ранних стадий развития рыб в течение всего периода исследований. В конце мая – начале июня отмечался максимальный вынос икры сельди, корюшек и саланкса в поверхностный слой. В конце июня наблюдался пик численности ихтиопланктона, основу которого составляли уже личинки корюшковых (в большей степени – личинки японской малоротой корюшки).

Некоторое увеличение численности произошло в августе за счет появления личинок семейства бычковых, после чего начался устойчивый спад численности ранних стадий развития рыб. У видов с простой популяционной структурой (тихоокеанская сельдь, морская малоротая корюшка) за пиком численности икры, выносимой в поверхностный слой, следовал пик численности личинок. Разгар нереста сельди приходился на середину мая, а массовый выход личинок – на конец месяца. Наиболее интенсивный нерест японской и морской малоротых корюшек наблюдался в начале июня. Пик численности их личинок пришелся на конец июня.

Такая закономерность не отмечена для обыкновенной малоротой корюшки и саланкса. В отличие от японской и морской малоротых корюшек, икра обыкновенной малоротой корюшки в огромном количестве появилась в конце июня. В это же время был отмечен максимум численности ее личинок. Максимальная численность вынесенной с мест нереста икры саланкса наблюдалась в начале июня, а максимум численности личинок был сдвинут во времени на 1,5 месяца и пришелся на начало августа. Кроме того, в местах впадения некоторых крупных рек и протоков, соединяющих с основной акваторией небольшие пресные озера, отмечалось периодическое появление поздних личинок саланкса. Вероятной причиной нарушения закономерного возрастания численности личинок вслед за максимумом численности икры может быть наличие у ряда видов экологических группировок, различающихся сроками и местами нереста.

Наиболее высокая нерестовая активность видов рыб с весенним и летним нерестом, размножающихся в оз. Тунайча, приходится на май–август. В августе завершается период размножения большинства видов и начинается устойчивое снижение численности ранних планктонных личинок, которые в октябре полностью исчезают из поверхностного слоя озера.

## Межгодовая динамика численности ихтиопланктона

Сравнение структуры ихтиопланктонного комплекса оз. Тунайча в мае и августе в 2002 и 2003 гг. свидетельствовало о незначительных перестройках, касающихся, прежде всего, численности икры и личинок некоторых видов рыб. Межгодовые различия количественных показателей ихтиопланктона были вызваны вариациями термического режима верхнего квазиоднородного слоя озера.

В мае 2002 и 2003 гг. ихтиопланктон был представлен икрой и личинками только тихоокеанской сельди. В 2003 г. наблюдался более интенсивный вынос икры сельди, что отразилось на увеличении количественных характеристик в ее распределении – абсолютной и относительной численности и частоте встречаемости (**табл. 30**).

Распределение личинок сельди в 2003 г., по сравнению с аналогичным периодом 2002 г., носило более локальный характер. Если в 2002 г. пик нереста сельди пришелся на вторую декаду мая, а личинки достигли максимальной численности в третьей декаде мая, то в 2003 г. обширные акватории, занятые икрой и свидетельствующие о массовом нересте, были отмечены в третьей декаде мая. Личинки в этот период встречались только на небольшом участке в юго-восточной части Большой Тунайчи. Их средняя плотность в поверхностном слое была ниже средней плотности 2002 г. в 10 раз, а абсолютная численность – более чем в 17 раз.

Существенные различия были заметны и в распределении икры. В конце мая 2002 г. икра в большом количестве выносилась только в Большую Тунайчу. Икрометание на этом участке началось раньше и фиксировалось не только по мощным выносам икры в поверхностный слой, но и по текучим особям в сетных уловах. В Малой Тунайче икрометание началось позже и достигло максимума в первой декаде июня. В конце мая 2003 г. икра в большом количестве выносилась одновременно на обоих плесах озера.

В третьей декаде мая 2002 г. в Большой Тунайче на глубинах более 5 м сохранялись оптимальные для развития икры сельди температурные условия, тогда как в Малой Тунайче они приближались к верхней границе, при которой происходит развитие икры этого вида, – 14–15 °С (Гриценко, Шилин, 1979; Душкина, 1988). В 2003 г. во всей зоне нереста сельди наблюдался достаточно стабильный, оптимальный для развития икры температурный режим.

В 2002 г. пик нереста сельди приходился на первую-вторую декаду мая, личинки появились в планктоне в среднем на две недели позже. Второй подход наблюдался только в Малой Тунайче и по количеству появившихся в планктоне личинок был менее эффективен. В 2003 г. не-

рест сельди начался в более поздние сроки, что, помимо распределения и численности икры и личинок, подтверждается анализом структуры скоплений икры в 2002 и 2003 гг.

Структура скоплений икры сельди в третьей декаде мая 2003 г. была близка к структуре скоплений сельди во второй декаде мая 2002 г. (**рис. 102**). В поверхностном слое преобладала икра на I стадии развития. Незначительно отличалась относительная численность икры на завершающих стадиях развития, а также смертность. При сравнении структуры скоплений икры в третьей декаде мая 2002 и 2003 гг. наблюдались существенные различия. В 2002 г. к концу мая среди живой икры уже преобладала икра на II стадии развития (22,2%). Доля мертвой икры увеличилась с 22,5 до 66,7%. Снижение численности икры на I стадии свидетельствовало о завершении к концу мая нереста сельди первого подхода.

Низкая численность личинок сельди в 2003 г. могла быть следствием резких перепадов температуры, наблюдаемых в поверхностном слое в конце мая. Температурный режим весенне-летнего периода 2003 г., помимо низкого температурного фона в мае, отличался более высокой скоростью прогрева верхнего однородного слоя в период эмбрионального развития сельди, в результате которого к середине июня поверхностная температура достигла уровня 2002 г. Исследования морских сельдей также выявили, с одной стороны, положительную связь обильных поколений сельди с теплой весной, с другой – негативную роль не суммы температур, а их резкого изменения (Душкина, 1988).

Ихтиопланктонный комплекс оз. Тунайча в августе формировался из личинок рыб, начинающих икрометание весной и имеющих длительный нерестовый период (саланкс, корюшки) и более теплолюбивых летненерестящихся видов (японский колючий и шуковидный бычки). В уловах ихтиопланктонных сетей встречались личинки 7–8 видов (**табл. 31**).

Изменения в ихтиопланктонном комплексе в 2003 г. заключались в сокращении численности (**рис. 103**) и площади распространения личинок большинства видов рыб, по сравнению с аналогичным периодом 2002 г. Численность личинок саланкса в 2002 г. превышала аналогичный показатель 2003 г. в 3,7 раза, японского колючего бычка – в 2,2 раза, японской малоротой корюшки – в 1,2 раза, морской малоротой корюшки – в 5,3 раза, обыкновенной малоротой корюшки – в 1,6 раза, шуковидного бычка – в 8,0 раза. Причиной снижения численности личинок могло быть как снижение эффективности воспроизводства, вызванное какими-либо внешними факторами, так и сдвиг нереста и пика численности личинок на более поздние сроки,

что для некоторых видов подтверждается сравнением средней длины и размерного ряда личинок. Средние длины личинок саланкса, японской и обыкновенной малоротых корюшек, щуковидного бычка в 2003 г. были меньше, чем в 2002 г. (табл. 32). Средняя длина личинок *A. lactipes* в 2002 и 2003 гг. различалась мало. Отсутствие различий связаны, прежде всего, с коротким сроком пребывания личинок этого вида в планктоне. В течение всего репродуктивного периода *A. lactipes* максимум численности приходился на ранних личинок длиной до 4,3 мм. Исследования, проведенные в 2002 г., показали, что с конца июня до конца августа средняя длина личинок в ихтиопланктонных уловах варьировалась незначительно – от 3,96 до 4,28 мм, и только в середине сентября, когда прекратился приток предличинок в поверхностный слой, средняя длина возросла до 6,11 мм. Не отмечено уменьшение средней длины и для личинок трехиглой колюшки, что может быть связано с особенностями распределения молоди, которая в основном держится в прибрежных зарослях и реже других встречается в уловах ихтиопланктона.

Задержка нереста большинства массовых видов в 2003 г. прослеживалась и по сдвигу численности личинок в сторону уменьшения размеров. Заметно укорачивался сам размерный ряд для саланкса, японского колючего и щуковидного бычков. К примеру, в 2002 г. в уловах встречались личинки саланкса длиной от 4 до 24 мм. Из них на долю личинок длиной от 4 до 10 мм приходилось 66,5%. В 2003 г. личинки этих размерных групп составляли 84,8%. Личинки длиной более 17 мм в пробах отсутствовали.

Размерный ряд личинок японской малоротой корюшки в 2002 г. включал особей от 5 до 13 мм, наблюдалось преобладание личинок длиной 6–7 и 10–11 мм. В 2003 г. максимальные размеры личинок в уловах не превышали 11 мм. Доминировали личинки длиной 5–7 мм, составившие 83,3%. Исходя из средних размеров и известного для оз. Тунайча темпа роста личинок (0,24–0,30 мм/сут.) (Гидробиологическая характеристика..., 2003), можно предположить, что нерест этого вида в 2003 г. начался позже приблизительно на 1,5 недели, чем в 2002 г.

Личинки щуковидного бычка длиной 3–4 мм составляли в начале августа 2003 г. 87,9%. Предельная длина личинок в уловах не превышала 5 мм. В 2002 г. на долю личинок этой размерной группы приходилось всего 23,5%, при этом предельные размеры личинок достигали 9 мм. Среди личинок японского колючего бычка в 2003 г. наблюдалось преобладание личинок длиной 3,0–4,0 мм, на долю которых приходилось 52,9%. В 2002 г. доминировала размерная группа 4,1–5,0 мм с относительной численностью 61,6%.

В целом, существенных структурных изменений в ихтиопланктонном комплексе оз. Тунайча в течение двух лет не наблюдалось. Как в 2002 г., так и в 2003 г. отмечались два основных пика абсолютной и относительной численности ихтиопланктона, сформированные личинками доминирующих саланкса и японского колючего бычка (см. **рис. 103**). Среди второстепенных, но массовых видов выделяются личинки японской малоротой корюшки и щуковидного бычка.

Некоторые изменения были заметны в относительной численности личинок ряда видов. Для личинок японского колючего бычка этот показатель в 2003 г. был выше, чем в 2002 г., несмотря на более низкую абсолютную численность. Такие же изменения были заметны в численности личинок щуковидного бычка, японской и обыкновенной малоротых корюшек.

### 9.3. ПАРАЗИТОФАУНА РЫБ

Евгений Валерьевич Фролов,  
Сергей Александрович Виноградов

#### Видовое разнообразие паразитов рыб

Паразитофауна рыб оз. Тунайча представлена 6 классами. В главе в систематическом порядке приводится перечень 23 видов паразитов, зарегистрированных в результате собственных исследований.

#### **КЛАСС MONOGENEA**

Сем. Diplozoidae (Palombi, 1949).

*Paradiplozoon* sp.

Хозяин: *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872).

Локализация: жаберные лепестки.

Обсуждение: вид не определен в связи с плохой сохранностью материала.

#### **КЛАСС CESTODA**

Сем. Lytocestidae (Hunter, 1927).

*Khawia parva* (Zmejev, 1936).

Хозяин: *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872).

Локализация: желудок.

Сем. Amphicotyliidae (Ariola, 1899).

*Eubothrium salvelini* (Schrank, 1790).

Хозяин: *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: пилорические придатки.

Сем. Bothriocephalidae (Rudolphi, 1808).

*Bothriocephalus scorpii* (Müller, 1776).

Хозяин: *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788).

Локализация: кишечник.

Сем. Diphyllbothriidae (Lühe, 1910).

*Diphyllbothrium* sp. pl. (Cobbold, 1858).

Хозяин: *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: мускулатура.

Обсуждение: видовая идентификация требует исследований методами ПЦР и СЭМ.

Сем. Tentaculariidae (Poche, 1926).  
*Nybelinia surmenicola* pl. (Okada, 1929).  
Хозяин: *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788).  
Локализация: полость.

#### **КЛАСС TREMATODA**

Сем. Nemiuridae Looss, 1899.  
*Brachyphallus crenatus* (Rud., 1802) Odhner, 1905.  
Хозяин: *Hypomesus nipponensis* McAlister, 1963.  
Локализация: желудок.

Сем. Dinuridae (Skrjabin et Guschanskaja, 1954).  
*Tubulovesicula lindbergi* (Laymann, 1930).  
Хозяин: *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).  
Локализация: желудок, пилорические придатки, кишечник.

Сем. Posthodiplostomidae (Sudarikov, 1997)  
*Conodiplostomum perlatum* mtc. (Ciurea, 1911) (116)  
Хозяин: *Carassius gibelio* (Bloch, 1782).  
Локализация: мускулатура.

Обсуждение: описание метацеркарии *C. perlatum* в целом соответствует литературному (Судариков и др., 2002). Считаю целесообразным привести лишь незначительное дополнение к описанию. Фаринкс овальной формы (**рис. 104Б**). Соотношение диаметров ротовой и брюшной присосок – 1:1. Брюшная присоска снабжена крупными клетками (**рис. 104В**). Ветви кишечника оканчиваются слепо.

#### **КЛАСС ACANTHOCEPHALA**

Сем. Illiosentidae (Golvan, 1960)  
*Pseudorhadinorhynchus leuciscus* (Krotov et Petrotschenko, 1956)  
Хозяин: *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872).  
Локализация: кишечник.

Сем. Polymorphidae (Meyer, 1931)  
*Corynosoma strumosum* l. (Rudolphi, 1802) Luhe, 1904  
Хозяин: *Hypomesus nipponensis* McAlister, 1963.  
Локализация: полость тела.

#### **КЛАСС NEMATODA**

Сем. Anisakidae (Skrjabin et Karochin, 1945).  
*Anisakis simplex* l. (Rudolphi, 1809).

Хозяин: *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788), *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872), *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: скелетная мускулатура, полость тела.

*Pseudoterranova decipiens* L. (Krabbe, 1878).

Хозяин: *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788).

Локализация: скелетная мускулатура.

*Hysterothylacium aduncum* L. (Rudolphi, 1802).

Хозяин: *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788), *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872), *T. hakonensis* (Gunther, 1877), *Hypomesus nipponensis* McAlister, 1963, *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814), *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758, *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1878).

Локализация: полость тела, кишечник, пилорические придатки.

Сем. Rhabdochonidae (Skrjabin, 1946).

*Rhabdochona zacconis* (Yamaguti, 1935).

Хозяин: *Tribolodon hakonensis* (Gunther, 1877).

Локализация: кишечник.

## ТИП CRUSTACEA

### КЛАСС COPEPODA

Сем. Ergasilidae Burmeister, 1835.

*Ergasilus wilsoni* Markewitsch, 1933.

Хозяин: *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1878), *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1878), *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, *Hypomesus nipponensis* McAlister, 1963, *H. japonicus* (Brevoort, 1856), *H. olidus* (Pallas, 1814), *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872), *T. hakonensis* (Gunther, 1877), *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758, *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758), *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788).

Локализация: жаберные лепестки, поверхность тела.

Размер: длина тела – 0,5–0,96 мм, средняя – 0,77 мм.

Обсуждение: в оз. Тунайча этот вид являлся самым массовым и встречался на более чем половине из обследованных видов рыб. Наиболее подверженной заражению копеподой оказалась трехиглая колюшка *G. aculeatus* и морская малоротая корюшка *H. japonicus*.

*A. lactipes*, *G. urotaenia*, *C. pallasii*, *H. nipponensis*, *H. japonicus*, *T. hakonensis*, *G. aculeatus*, *P. pungitius*, *P. stellatus* – новые хозяева для *E. wilsoni*.

*Ergasilus hypomesi* Yamaguti, 1936 (табл. 33, рис. 105).

Хозяин: *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1878), *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1878), *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758, *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1811), *Hypomesus nipponensis* McAlister, 1963, *H. olidus* (Pallas, 1814), *Platichthys stellatus* (Pallas, 1788), *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: жаберные лепестки, дуги, тычинки, плавники, поверхность тела.

Размер: длина тела – 0,74–1,17 мм, средняя – 0,92 мм.

Обсуждение: головогрудь умеренно раздута, несколько сужена к переднему концу. Антеннула шестичленистая, покрыта значительным числом щетинок. Антенны трехчленистые, заканчиваются изогнутым когтем. Предпоследний членик антенны изогнут, по длине в 2 раза больше, чем последний. В проксимальной части примерно на удалении 1/3 своей длины несет шипик. Последний членик слегка изогнут, в центре расположен небольшой шипик. В дистальной части членика имеется зубообразный вырост, направленный к основанию. Коготь слегка изогнут, по внутреннему краю несет ряд небольших перпендикулярных насечек. Плавательные ноги 1–4-й пар двуветвистые. Базиподиты 1–4-й пар ног по внутреннему краю несут ряд небольших шипиков. Пятая пара ног в виде небольшой папиллы с одной щетинкой у основания и двумя щетинками на дистальной части. Брюшко трехчленистое, кромки сочленений на брюшке окаймлены рядом небольших шипиков. Каудальные ветви фурки несут по четыре щетинки.

Как правило, встречался на жабрах крупных рыб – таких, как кунджа, звездчатая камбала, навага. У мелких рыб локализовался на плавниках и поверхности тела.

*A. lactipes*, *C. pallasii*, *E. gracilis*, *G. aculeatus*, *P. stellatus*, *S. laeucomaenis* – новые хозяева для *E. hypomesi*.

*Ergasilus* cf. *auritus* Markewitsch, 1940 (табл. 34, рис. 106).

Хозяин: *Hypomesus olidus* (Pallas, 1814).

Локализация: жаберные лепестки.

Размер: длина тела – 0,8–1 мм, средняя – 0,92 мм.

Обсуждение: головогрудный отдел сильно раздут, овальной формы. Область, на которой располагаются антеннулы и антенны, несколько выдается от основной части головогруды и менее раздута. Сегментация грудных сегментов выражена слабо. Брюшко маленькое. Антеннула шестичленистая. Антенна трехчленистая, базальный членик антенны сильно раздут, образует довольно крупное ушко. Последний членик с небольшим сосочком на дистальной части. Коготь слегка загнут, на

внутренней стороне когтя имеется направленный к основанию зубец. Плавательные ноги 1–4-й пар двуветвистые. Ноги пятой пары не обнаружены. Очевидно, это связано с малым количеством материала, доступного для исследования. Базиподиты 2–4-й пар ног по внутреннему краю несут два ряда небольших шипиков. Вооружение плавательных ног указано в таблице. Брюшко небольшое трехчленистое. На последнем членике брюшка ряд небольших шипиков, подобные ряды шипиков располагаются и на генитальном комплексе. Каудальные ветви фурки несут по четыре щетинок.

В оз. Тунайча эта копепода зарегистрирована на жабрах двух обыкновенных малоротых корюшек. Всего было обнаружено 3 экз. паразита.

Ауритусы, обнаруженные в оз. Тунайча, несколько отличаются от литературного описания. Это касается некоторых деталей строения антенны II, а также вооружения плавательных ног (наличие и расположение щетинок), наличия шипиков на генитальном комплексе и брюшке. Следует отметить, что в литературе на этот вопрос также нет однозначного мнения (Маркевич, 1940; Hanek, Therfall, 1970; Roberts, 1970; Соколов, 2010).

Учитывая расхождения в описании морфологии оригинального материала с литературными данными, для установления более точной видовой принадлежности требуются дальнейшие исследования.

*H. olidus* – новый хозяин для *E. auritusi*.

*Ergasilus* sp. copepodit III (табл. 35, рис. 107).

Свободноживущий в планктоне.

Размер: длина тела – 0,68 мм.

Описание: тело состоит из головогруды, шести свободных члеников и фурки. Антенны I имеют пять члеников. Антенны II трехчленистые, заканчиваются когтем. Первые четыре пары плавательных ног двуветвистые. Ветви первых трех пар ног двухчленистые. Экзоподит и эндоподит четвертой ноги одночленистый. Все четыре пары имеют на коксоподите одну небольшую щетинку. Пятая пара ног в виде папиллы, с длинной щетинкой. Брюшко двухчленистое. Каждая каудальная ветвь фурки несет по пять щетинок.

*Thersitina gasterostei* Pagenstecher, 1861.

Хозяин: *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758.

Локализация: внутренняя поверхность жаберной крышки.

Размер: длина тела – 0,56–0,74 мм, средняя – 0,63 мм.

Сем. Lernaeopodidae Milne Edwards, 1840.

*Salmincola edwardsii* Olsson, 1869.

Хозяин: *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: жаберная полость.

Размер: длина тела – 4–4,5 мм, средняя – 4,25 мм.

Обсуждение: пресноводный вид. Хозяевами являются гольцы рода *Salvelinus*. Имеет циркумполярное распространение (Маркевич, 1956; Kabata, 1969).

*Salmincola markewitschi* Shed'ko et Shed'ko, 2002.

Хозяин: *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814).

Локализация: ротовая полость.

Размер: длина тела – 3,25–5,85 мм, средняя – 4,41 мм.

*Tracheliastes sachalinensis* Markewitsch, 1936.

Хозяин: *Tribolodon brandtii* (Dybowski, 1872), *T. hakonensis* (Gunther, 1877).

Локализация: плавники, поверхность тела (чешуя).

Размер: длина «туловища» – 3,9–5 мм, средняя – 4,4 мм.

Сем. Caligidae Burmeister, 1835.

*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837.

Хозяин: *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), *O. keta* (Walbaum, 1792).

Локализация: поверхность тела.

Размер: длина тела (без каудальных щетинок) – 14,2–15,8 мм, средняя – 15 мм.

Обсуждение: морской вид. Обычный паразит лососевых и других видов рыб. В оз. Тунайча отмечен в районе пр. Красноармейская на заходящей в озеро на нерест осенней кете и горбуше.

### Паразитофауна отдельных видов рыб

Рыб, обитающих в оз. Тунайча, в соответствии с их образом жизни условно можно разделить на три группы: проходные и полупроходные, типичные пресноводные и солоноватоводные виды, а также типично морские виды (Гудков, Заварзина, 2006). Данные, полученные при изучении паразитофауны отдельных видов рыб оз. Тунайча, приведены в **приложении 47**.

#### **Мелкочешуйная красноперка *Tribolodon brandtii* Dybowski, 1872**

Паразитофауна мелкочешуйной красноперки была представлена двумя элементами: пресноводным и прибрежным морским. В качественном отношении преобладали пресноводные элементы паразитофауны (*Paradiplozoon* sp., *Khawia* sp., *P. leuciscus*, *T. sachalinensis*, *E. wilsoni*), в количественном – доминировал морской прибрежный элемент *H. aduncum* l.

#### **Крупночешуйная красноперка *Tribolodon hakonensis* Gunther, 1877**

Паразитофауна красноперки крупночешуйной из оз. Тунайча оказалась сравнительно бедна. Гельминтофауну рыбы составляли нематоды двух видов: пресноводный вид – *R. zacconis*, а также личинки *H. aduncum* l. морского происхождения. Паразитическая копепода *T. sachalinensis*, заражение которой происходит в пресной воде и обычная для мелкочешуйной красноперки, у крупночешуйной красноперки встречалась реже. Относительная бедность паразитофауны *T. hakonensis* в качественном и количественном отношении вполне может быть обусловлена тем, что полный паразитологический анализ проводился у мелкоразмерных особей.

#### **Кунджа *Salvelinus leucomaenis* Pallas, 1814**

Жищничество, наряду с широким спектром питания кунджи, нашло отражение в относительном богатстве количественных и качественных характеристик паразитофауны. Обращает на себя внимание достаточно высокая степень поражения мышечной ткани рыбы плероцеркоидами лентецов р. *Diphyllobothrium*. При этом зараженность рыб была неравномерной. Так, из 17 обследованных рыб на три относительно небольших экземпляра, размером от 17 до 29 см, пришлось в общей сложности 86,3% из всей суммы обнаруженных дифилоботриид. Очевидно, это объясняется тем, что заражение рыб лентецами р. *Diphyllobothrium* происходит при поедании планктонных рачков, которые обычны в спектре питания молоди кунджи.

#### **Японская малоротая корюшка *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963**

Паразитофауна японской малоротой корюшки оз. Тунайча представлена 5 видами: плероцеркоидами *Cestoda* fam. gen. sp. l., маритами *B. crenatus*, акантеллами *C. strumosum* и личинками нематод *A. simplex* и *H. aduncum*. Следует отметить, что последние четыре вида являются паразитами морского происхождения. Наличие у корюшки морских

элементов паразитофауны свидетельствует о выходе рыб в морские прибрежные участки.

В гельминтофауне корюшки доминировали по численности два вида – плероцеркоиды *Cestoda* fam. gen. sp. l. и личинки нематод *H. aduncum*.

### **Серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)**

При внешнем осмотре серебряного карася простейших, моногенетических сосальщиков, а также паразитических ракообразных не обнаружено.

В мускулатуре серебряного карася обнаружены цисты, содержащие метацеркарии трематод *C. perlatum*. Экстенсивность заражения коноди-плостомидиями составила 33,3%. Индекс обилия –  $0,63 \pm 0,2$  экз./рыбу, а число цист в мышцах одной рыбы изменялось в пределах 1–4 экз. Окончательным хозяином для *C. perlatum* являются дневные хищные птицы. Данные о патогенном воздействии на человека отсутствуют. Трематоды *C. perlatum* mtc. имеют эпизоотологическое значение при выращивании карася в искусственных условиях. Они являются возбудителями жемчужной болезни карпов (Судариков и др., 2002). При искусственном разведении серебряного карася следует применять меры профилактики для предотвращения энзоотий.

Крайне скудная паразитофауна карася, очевидно, может быть следствием преимущественного питания детритом (Роготнев и др., 2005) и отсутствия в пищевом рационе планктонных организмов, промежуточных хозяев многих видов гельминтов.

### **Японский колючий бычок *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879)**

Гельминтофауна японского колючего бычка оз. Тунайча была бедна и представлена одним видом – *H. aduncum* l. При этом бычок в летний период был значительно заражен паразитической копеподой *E. wilsoni*.

### **Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758**

Паразитофауна трехиглой колюшки оз. Тунайча представлена *Cestoda* fam. gen. sp. l., *H. aduncum* l., *E. wilsoni*, *T. gasterostei*. Абсолютно доминировали по численности копеподы *E. wilsoni*.

### **Амурская девятииглая колюшка *Pungitius sinensis* Guichenot, 1869**

Паразитофауна в видовом составе сходна с таковой у трехиглой колюшки и представлена двумя видами гельминтов: нематодами *H. aduncum*, *Nematoda* fam. gen. sp., а также цестодами *Cestoda* fam. gen. sp. l.

### **Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847**

Гельминтофауна сельди оз. Тунайча состоит исключительно из паразитов морского происхождения и включает два вида личинок нематод: *A. simplex* L., *H. aduncum* L., а также акантелл *C. strumosum*. На жабрах паразитировали два вида копепод: *E. wilsoni* и *E. hypomesi*. Качественный и количественный состав паразитофауны любого организма наряду с другими факторами, как правило, сопряжен с особенностями его биологии. Одним из типичных паразитов желудочно-кишечного тракта сельди Охотского моря является трематода *B. crenatus*. Показатели зараженности этим паразитом в зависимости от районов исследований варьировались от  $0,93 \pm 0,24$  до  $13,7 \pm 3,1$  экз./рыбу (Фролов, 2008). При исследовании сельди оз. Тунайча этот паразит нами не обнаружен. Ранее при исследованиях сельди оз. Тунайча этих трематод также не отмечено (неопубл. материалы, 2003 г.).

### **Звездчатая камбала *Platichthys stellatus* Pallas, 1787**

Гельминтофауну звездчатой камбалы в оз. Тунайча формировали исключительно морские и морские прибрежные элементы: *N. surmenicola* L., *B. scorpionii*, *P. decipiens* L., *A. simplex* L., *H. aduncum*.

Паразитофауна рыб оз. Тунайча тесно связана с их образом жизни. Гельминтофауна полупроходных рыб характеризуется относительно большим видовым разнообразием, сочетающим морские и пресноводные элементы.

Для пресноводных и солоноватоводных рыб характерна сравнительно бедная в количественном и качественном составе гельминтофауна, представленная в основном видами пресноводного происхождения. Наличие морского элемента паразитофауны *H. aduncum* L. у исследованных рыб носит, по всей видимости, случайный характер.

Паразитофауна морских видов рыб представлена гельминтами, осуществляющими свой цикл через организмы, обитающие в морском прибрежье. Фауна паразитических ракообразных имеет обычный для рыб озера видовой состав, морские индикаторы отсутствуют.

#### 9.4. СТРУКТУРА ИХТИОЦЕНОЗОВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА РЫБ

**Виталий Дмитриевич Никитин,**  
**Алексей Владимирович Метленков**

По данным исследований 1997–2010 гг., в озере формируются несколько прибрежных группировок рыб, заметно отличающихся по видовому составу и количественным показателям. На дендрограмме сходства неводных и сетных станций по относительной биомассе рыб выделяются группировки, приуроченные к участкам озера с различным характером грунтов, различными глубинами и особенностями водной растительности (**рис. 108**). «Группу А» составляют выборки, приуроченные к мелководным участкам глубиной до 3 м, с зарослями водной растительности. «Группа Б» характеризуется гравийным дном, зачастую с выходами коренных пород и глубинами до 3 м. «Группа В» приурочена к протокам озер и устьям рек. «Группа Г» наблюдается на гальке с гравием с глубинами до 5 м. «Группа Д» включает станции с чистым песчаным дном, редко с мелкой галькой или с крупным песком с глубиной до 5 м (**рис. 109**).

Для каждой группы рыб рассчитаны суммарные показатели численности и биомассы, выделены доминирующие и структурообразующие виды рыб (**прил. 48**).

Весной в ихтиофауне озера наибольшие значения численности и биомассы образуют весенне-нерестующие рыбы. Серебряный карась, при появлении первых промоин во льду, подходит к устьям впадающих в оз. Тунайча рек и ручьев. По некоторым водотокам он, преодолевая относительно большое течение, поднимается на довольно значительное расстояние от устья. В это время он образует скопления (0,004 экз./м<sup>2</sup> и 2,0 г/м<sup>2</sup>) на мелководье глубиной до 3 м («группа А»). Также в этот период в данном биотопе значимы мелкочешуйная красноперка (0,01 экз./м<sup>2</sup> и 0,4 г/м<sup>2</sup>) и трехиглая колюшка (0,07 экз./м<sup>2</sup> и 0,2 г/м<sup>2</sup>).

На гравийных грунтах, с выходами коренных пород («группа Б») весной в уловах отмечается 15 видов рыб. Структурообразующими видами являются молодь крупночешуйной красноперки, серебряный карась, мелкочешуйная красноперка и японская малоротая корюшка, суммарная численность и биомасса которых составляют 0,085 экз./м<sup>2</sup> и 3,995 г/м<sup>2</sup> соответственно. Из характерных видов отмечаются трехиглая и амурская девятииглая колюшки, обыкновенная малоротая ко-

рюшка и кунджа, суммарная численность и биомасса которых составляют соответственно 0,080 экз./м<sup>2</sup> и 0,212 г/м<sup>2</sup>.

В устьях рек и проток придаточных озер («группа В») на нерест заходят японская, обыкновенная малоротые корюшки, амурская девятииглая колюшка; с паводками в оз. Тунайча сносятся сахалинский озерный голянь, усатый голец и другие виды. Всего было отмечено 24 вида рыб. Структурообразующие виды: японская и обыкновенная малоротые корюшки, амурская девятииглая и трехиглая колюшки, сельдь. Суммарная численность и биомасса этих видов составляют соответственно 0,092 экз./м<sup>2</sup> и 0,580 г/м<sup>2</sup>.

На участках озера с галечным и гравийным дном с глубинами до 5 м («группа Г») весной в уловах доминирует сельдь, которая в этот период на прибрежных участках озера на глубинах 1–5 м формирует крупные нерестовые скопления. Также высока численность и биомасса морской малоротой корюшки, которая нерестится в прибойной зоне на участках, обычно приуроченных к устьям пресноводных водотоков. Другой структурообразующий вид в этот период – нагульная дальневосточная навага. Суммарная численность и биомасса этих трех видов составляют 0,081 экз./м<sup>2</sup> и 6,350 г/м<sup>2</sup> соответственно. Характерными видами являются мелкочешуйная красноперка и сахалинский таймень, численность и биомасса которых составляют соответственно 0,026 экз./м<sup>2</sup> и 0,354 г/м<sup>2</sup>.

На чистом песчаном дне с мелкой галькой («группа Д») весной доминировали сельдь и мелкочешуйная красноперка, численность и биомасса которых составляют соответственно 0,015 экз./м<sup>2</sup> и 0,710 г/м<sup>2</sup>. Характерными видами являются трехиглая колюшка, японская малоротая корюшка, дальневосточная навага, южная дальневосточная широколобка, обыкновенная и амурская колюшки (суммарно 0,091 экз./м<sup>2</sup> и 0,671 г/м<sup>2</sup>).

В летний период основу ихтиофауны озера составляют летненерестующие виды рыб, а также рыбы с растянутым по времени нерестом. Большинство морских видов (навага, звездчатая камбала, дальневосточная широколобка и др.) летом заходят в оз. Тунайча для нагула. Из уловов исчезает отнерестившаяся сельдь, которая мигрирует в море. В «группе А» происходит увеличение численности и биомассы рыб на мелководье, количество видов уменьшается до 11, но сохраняется тот же видовой состав структурообразующих видов – серебряный карась, мелкочешуйная красноперка и трехиглая колюшка. Их суммарная численность и биомасса равны соответственно 0,506 экз./м<sup>2</sup> и 4,782 г/м<sup>2</sup>. В этот период заметно увеличивается биомасса трехиглой колюшки, что связано с ее нерестом в прибрежье, в зарослях водной растительности. Из характерных видов отмечены крупночешуйная красноперка, амур-

ская девятииглая колюшка, японская малоротая корюшка и пресноводный дальневосточный бычок, показатели обилия которых суммарно составляют 0,133 экз./м<sup>2</sup> и 0,481 г/м<sup>2</sup> соответственно.

«Группа Б» в этот период объединяет 11 видов рыб. Доминирующими видами являются нагульная молодь крупночешуйной красноперки и японская малоротая корюшка, суммарная численность и биомасса которых составляют соответственно 0,302 экз./м<sup>2</sup> и 1,143 г/м<sup>2</sup>. Из характерных видов отмечены трехиглая колюшка, мелкочешуйная красноперка, пятнистый щуковидный бычок, кунджа, амурская девятииглая колюшка, обыкновенная малоротая корюшка и восточная бельдюга (суммарно 0,092 экз./м<sup>2</sup> и 0,300 г/м<sup>2</sup>).

Летом к «группе В» не относятся станции в устьях протоков в связи с тем, что уровень воды в них низок, а протоки с озер Добрецкое и Раскопанное зачастую и вовсе пересыхают. В уловах встречено 10 видов рыб. Структурообразующие виды – кунджа и крупночешуйная красноперка. Их суммарная численность и биомасса составляют 0,022 экз./м<sup>2</sup> и 1,163 г/м<sup>2</sup> соответственно. Характерными видами I порядка являются мелкочешуйная красноперка, сахалинский таймень, обыкновенная и японская малоротые корюшки и неполовозрелые особи кижуча (суммарно 0,025 экз./м<sup>2</sup> и 0,332 г/м<sup>2</sup>).

Летом в «группе Г» в уловах преобладают крупночешуйная красноперка, кунджа, обыкновенная малоротая корюшка и навага, суммарная численность и биомасса которых составляют 0,232 экз./м<sup>2</sup> и 3,837 г/м<sup>2</sup> соответственно. Характерными видами являются сахалинский таймень, мелкочешуйная красноперка, японская малоротая корюшка, молодь сельди, амурская девятииглая колюшка, южная дальневосточная широколобка (суммарно 0,091 экз./м<sup>2</sup> и 0,671 г/м<sup>2</sup>).

По составу доминирующих видов в летний период «группа Д» схожа с «группой В»: в уловах доминируют мелкочешуйная красноперка, обыкновенная малоротая корюшка и амурская колюшка, показатели обилия которых тотально составляют 0,096 экз./м<sup>2</sup> и 0,698 г/м<sup>2</sup>. Характерные виды – японский колючий бычок, трехиглая колюшка, крупночешуйная красноперка и звездчатая камбала (суммарно 0,117 экз./м<sup>2</sup> и 0,207 г/м<sup>2</sup>).

Осенью численность и биомасса рыб в прибрежной зоне озера снижается. В «группе А» структурообразующими видами становятся серебряный карась, мелкочешуйная и крупночешуйная красноперки, численность и биомасса которых составляют 0,085 экз./м<sup>2</sup> и 3,995 г/м<sup>2</sup> соответственно. Из характерных видов отмечается кунджа, лобан, южная дальневосточная широколобка, обыкновенная малоротая корюшка и амурская девятииглая колюшка (суммарно 0,094 экз./м<sup>2</sup> и 0,726 г/м<sup>2</sup>).

В этот период «группа Б» объединяет 13 видов рыб из 7 семейств. Доминирующими видами стали мелкочешуйная и крупночешуйная красноперки с суммарными численностью и биомассой, равными 0,141 экз./м<sup>2</sup> и 3,230 г/м<sup>2</sup> соответственно. Значимые виды – малоротые корюшки, зубастая корюшка и кунджа (суммарно 0,143 экз./м<sup>2</sup> и 1,249 г/м<sup>2</sup>).

В осенний период биотоп «группа В» разбивается на устья рек, где в уловах доминируют крупночешуйная красноперка и кунджа (тотально 0,018 экз./м<sup>2</sup> и 3,871 г/м<sup>2</sup>), и на устья проток придаточных озер с такими структурообразующими видами, как мелкочешуйная и крупночешуйная красноперки и обыкновенная малоротая корюшка (суммарно 0,113 экз./м<sup>2</sup> и 1,203 г/м<sup>2</sup>). В устьях рек характерными видами являются сахалинский таймень, мелкочешуйная красноперка и обыкновенная малоротая корюшка. В устьях проток характерные виды представлены амурской колюшкой, японской малоротой корюшкой, кунджей и звездчатой камбалой.

Осенью наблюдается объединение «группы Г» и «группы Д». Структурообразующими видами для обеих группировок являются сельдь, навага и крупночешуйная красноперка, суммарная численность и биомасса которых составляют 0,551 экз./м<sup>2</sup> и 7,577 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Выделенная структура группировок рыб помогает выявить значимые для промысла или любительского лова районы озера в разные сезоны для определенных видов рыб. Так, серебряный карась концентрируется на мелководных участках озера с зарослями водной растительности, красноперки тяготеют к более открытым акваториям озера с песчаным или гравийным дном, кунджа закономерно концентрируется в приустьевых участках рек и проток придаточных озер.

## 9.5. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ РЫБ

**Сергей Никитич Сафронов,**  
**Виталий Дмитриевич Никитин**

Ихтиофауна пресноводных водоемов южной части о. Сахалин значительно беднее, чем северной. В связи с тем, что внутренние водоемы юга острова, как правило, не насыщены и имеется возможность вселения туда значительного количества новых видов, интродукция рыб в них начала осуществляться еще с 30-х гг. прошлого столетия (период японского губернаторства Карафута), когда в некоторые озера южного Сахалина были заселены серебряный карась и сазан. Вселение новых видов было обосновано желанием обогащения коренной фауны ценными в промысловом отношении видами и увеличения промысловых уловов (Никаноров, 1960; Ключарева, 1964). В связи с этим в 70-е гг. прошлого столетия в целях повышения рыбопродуктивности озер юга Сахалина была сделана попытка акклиматизации в них амурских видов рыб (Сафронова, Сафронов, 1980; Бровко, Сафронов, 1989; Сафронов, 1990).

С этой целью сотрудниками Сахалинрыбвода в 1955–1959 гг. путем кратковременных выездов обследовались озера Вавайской системы, Тунайча, Охотское, Русское, Хвалисекое в южной части о. Сахалин и оз. Сладкое на севере острова. Поскольку в результате исследований не удалось установить форму хозяйствования на этих водоемах, было принято решение продолжить работу по их изучению. В 1959 г. управление по воспроизводству рыбных запасов Сахалинрыбпрома заключило с кафедрой ихтиологии Московского государственного университета договор о проведении работ по теме «Разработка биологических основ ведения рыбного хозяйства на озерах Сахалинской области». В летние месяцы 1959–1961 гг. экспедицией МГУ было проведено рекогносцировочное обследование некоторых озер южного Сахалина (Тунайча, Большое Вавайское, Чибисанское, Русское, Хвалисекое и Айнское), изучены гидрологический и гидрохимический режимы, видовой состав и биологические особенности некоторых видов рыб и беспозвоночных. Отмечено, что обследованные водоемы относятся к такому типу озер и озерного хозяйства, биологические основы которого, к сожалению, известны еще далеко недостаточно, и разработка их – важная задача на ближайшие годы. Эксплуатацию этих озер было рекомендовано вести по принципу интенсивного нагульного хозяйства, а с целью увеличе-

ния их рыбопродуктивности – акклиматизировать амурского карася и сазана, а также сига.

Основываясь на полученных рекомендациях, Сахалинрыбвод и Сахалинрыбторг в 50-х гг. XX века приняли решение разводить в озерах южного Сахалина амурского сазана и карася. В Вавайские озера в 1958 г. вместе с карасем было завезено 187 сазанчиков из бассейна р. Амур. Разумеется, выпуск такого количества рыб на акваторию в 70 км<sup>2</sup> никаких ощутимых результатов принести не мог. Попытка акклиматизации в оз. Хвалисекое ладожского рипуса личинками, полученными из икры, проинкубированной на Охотском рыболовном заводе, в 1960 г. не увенчалась успехом.

В дальнейшем, вплоть до 70-х гг. прошлого века все работы по исследованию и рыбохозяйственному освоению озер были прекращены. Осенью 1970 г. Южно-Сахалинским рыбокомбинатом Сахалинрыбпрома начаты работы по вселению амурского сазана в озера Охотской системы. За это дело горячо взялись техник-рыбовод В. Я. Пачуев и три рабочих-пенсионера. Сеголетки сазана, привезенные из Хабаровского рыбопитомника в количестве 80 тыс. шт., были выпущены в озера Русское и Хвалисекое. В эти озера, а также в находящиеся рядом озера Хазарское и Свободинское в период с 1970 по 1974 г. посажено 570 тыс. сеголетков сазана. Тогда же проводилось известкование озер Русское и Хвалисекое для снижения кислотности воды. Для повышения концентрации солей азота и фосфора вносили суперфосфат и аммиачную селитру. В нагульный период проводилась подкормка сазана концентрированными кормами.

Проведенные наблюдения свидетельствуют о том, что сазан успешно внедрился в состав местных рыб, хорошо осваивает кормовую базу водоемов, и указывают на возможность использования других озер области для выращивания этого перспективного вида.

В 1972 г. в оз. Свободное было выпущено 98 тыс. сеголетков сазана и производителей карася. Рыбы хорошо освоились в водоеме и в первые два года хорошо росли. Особи в возрасте 3 лет в среднем достигли длины 35,5 см и массы 720 г. В результате частичного прорыва плотины и снижения уровня воды в озере произошел замор. Большая часть сазана погибла, а оставшиеся в живых рыбы скатились в оз. Тунайча. Скатившиеся в оз. Тунайча из оз. Свободное сазан и карась нашли здесь благоприятные условия для нагула и зимовки и образовали жилые популяции. Однако солоноватая вода не позволяет этим рыбам воспроизводиться естественным путем. Даже если нерест и происходит в сильно опресненных участках, то развитие икры происходит ненормально, а выклюнувшиеся из икринок личинки сильно деформированы и сразу

гибнут. Поэтому сазан и карась весной вынуждены искать условия для нереста в многочисленных придаточных протоках и озерах: Добрецкое, Открытое, Свободное и другие. Численность карася, наиболее приспособившегося к таким условиям, в последние годы сильно возросла, что не прошло мимо внимания рыбаков-любителей.

Одним из способов борьбы с прогрессирующим зарастанием водоемов является расселение растительноядных рыб (белого амура и белого толстолобика). В пользу этого говорит и тот факт, что при акклиматизации сазана в оз. Русское случайно завезено небольшое количество сеголетков белого амура, которые прижились и через два года имели длину 38 см и массу 820 г. И как результат жизнедеятельности белого амура в озере его западная часть («гнилой угол»), сильно зарастающая тростником, в последние годы значительно очистилась.

В целях создания благоприятных условий для размножения, нагула и зимовки промысловых рыб необходимы гидротехнические работы, мелиорация естественных и создание искусственных нерестилищ, строительство инкубационных цехов и простейших рыбоводных пунктов, зарыбление водоемов, другие мероприятия. Объем и характер этих работ должны определяться на основе рекомендаций научных рыбохозяйственных организаций.

Выработка правильного подхода к поставленной проблеме облегчит решение задач рационального использования и охраны других природных комплексов, которыми так богата наша островная область.

## ГЛАВА 10. СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В зимний период планктонное сообщество характеризуется минимальными количественными показателями. Численность водорослей фитопланктона составляет в это время 16–100 тыс. кл./л, а биомасса – 16–30 мг/м<sup>3</sup>, наибольшие количественные характеристики в этот период имеют диатомовые и синезеленые водоросли. Зоопланктон также характеризуется низкими показателями обилия: его плотность в разные годы не превышала 1 098 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 0,89 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее значимой группой в его составе являются коловратки, с превалированием *Synchaeta lakowitziana*. О показателях ихтиопланктона в ледовый период нам ничего не известно, скорее всего, он отсутствует. Макробентос, по вполне понятным причинам, зимой также не обследован, но достоверно известно, что на литорали в зоне эрозионного воздействия ледового покрова донная биота отсутствует. Другой факт, установленный во время зимних гидробиологических исследований, – частичная вегетация погруженных форм макрофитов подо льдом, с постепенным ослизнением и разрушением вегетативных побегов к концу зимнего периода. Кладофора, судя по состоянию талломов, вегетирует, хотя и незначительно, в течение всего подледного периода.

Наступление весны характеризуется бурным развитием биологических процессов. Резко увеличиваются показатели обилия фитопланктона, обозначая его вступление в весеннюю фазу развития: 499–509 тыс. кл./л, 235–724 мг/м<sup>3</sup>; в структуре фитопланктона превалируют золотистые (кокколитофориды) и диатомовые микроводоросли (*Diatoma vulgare*), реже – зеленые (*Ankistrodesmus convolutus*) и динофитовые (*Peridiniella catenata*). В зоопланктоне также наблю-

дается вспышка количественных показателей, совпадающая с фазой “*Synchaeta lakowitziana*”: 27 620 экз./м<sup>3</sup>, 101 мг/м<sup>3</sup>. Ихтиопланктон характеризуется монодоминантой сносимой икры и личинок сельди (до 145,96 млн экз. на озеро). Завершается эта фаза развития прогревом вод миксолимниона до температуры 12,6 °С. В апреле–мае в макрофитобентосе происходят разнонаправленные процессы: завершается разложение вегетативных побегов прошлогодней генерации при одновременном появлении новых вегетативных побегов. В зообентосе наблюдается концентрация показателей обилия (число видов, численность и биомасса) в центрах обилия (глубина 2–3 м и максимальная глубина залегания песчаных грунтов). Микробное сообщество, завершающее цикл органики в озере, также характеризуется высокими количественными характеристиками (например, численность олиготрофной группы сапрофитов пелагиали составляла в мае 2003 г. 15 888 кл./мл).

Летний период неоднороден по динамике. Процесс развития фитопланктона характеризуется одним-двумя максимумами развития. В первую фазу наблюдается постепенная смена диатомовой доминанты синезелеными, вторая фаза знаменуется монодоминантой синезеленых (*Anabaena spiroides*). Численность и биомасса микроводорослей достигали по годам 1 299–5 610 тыс. кл./л и 271–3 500 мг/м<sup>3</sup>. В этот период отмечены максимальные величины биомассы фитопланктона. В зоопланктоне также наблюдается две фазы: “*Keratella–Sinocalanus*” (первый месяц летнего периода) и “*Sinocalanus–Eurytemora*”. Переход между фазами наблюдается при температуре 15–17 °С. Наибольшая плотность организмов наблюдалась в фазу “*Keratella–Sinocalanus*” – до 368 796 экз./м<sup>3</sup> – при доминанте коловраток *Keratella cruciformis*. Наибольшая биомасса характеризует фазу “*Sinocalanus–Eurytemora*” – до 300 мг/м<sup>3</sup> – преобладали копеподы *Sinocalanus tenellus*.

Отмечено интенсивное размножение рачкового планктона. И в динамике ихтиопланктона также наблюдаются две фазы: в июне–июле доминируют икра сельди, икра и личинки японской малоротой корюшки, демерсальная икра саланкса, отмечен нерест пресноводного дальневосточного бычка; в июле–августе преобладают личинки саланкса, колючего молочного и шуковидного бычков. Летом наблюдается максимальное развитие макрофитобентоса и макроформ перифитона как погруженных, так и с надводными стеблями: средневзвешенная биомасса фитобентоса составляет 63,8 г/м<sup>2</sup>; средняя биомасса в скоплениях камыша – 2 768 г/м<sup>2</sup>. В зообентосе наблюдается рассредоточение организмов из центров обилия по смежным глубинам. Отмечено интенсивное размножение донных гидробионтов. Причем холодноводные формы (например, *Eogammarus kygi*) размножаются в течение всего лета,

а тепловодные (корбикула) начинают нерест только при достижении водами миксолимниона температуры более 15,2 °С.

В годы с теплым летом, когда температура вод активного слоя превышала указанный порог, резко возрастала продуктивность тепловодных видов (например, для *Gnoringosphaeroma ovatum* продукция в теплом 2003 г. была в 16 (!) раз выше, чем в холодном 2002 г.) по сравнению с холодноводными видами. Сапротрофное микробное сообщество, как в пелагиали, так и в грунте, обнаруживает летом максимальную численность (для олиготрофной группы сапрофитов пелагиали в мае 2003 г. – 129 533 кл./мл). Но максимум численности отстает на две недели от пика обилия фитопланктона, что позволяет считать последний основным поставщиком органики в озере. Переход между летним и осенним периодами знаменуется достижением водами миксолимниона температуры 15,3–15,7 °С.

Осень характеризуется общим снижением показателей обилия сообществ пелагиали. Пиковые значения показателей обилия для фитопланктона составляли 129–752 тыс. кл./л, 164–1 651 мг/м<sup>3</sup>. Доминирующей группой микроводорослей являлись диатомовые (*Coscinodiscus jonesianus*), кокколитофориды из золотистых и криптомонады (*Cryptomonas* sp.). Осенний пик развития зоопланктона также связан с *Sinocalanus tenellus*: численность гидробионтов гораздо ниже, чем летом, за счет выпадения личиночных стадий (около 25 000 экз./м<sup>3</sup>), но биомасса достаточно велика (до 200 мг/м<sup>3</sup>). Осенняя фаза развития зоопланктона постепенно переходит в зимнюю. В макрофитобентосе основные изменения затрагивают формы с надводными стеблями (камышы, тростник): вся надводная фитомасса отмирает уже к ноябрю. Погруженные формы и макроформы обрастаний по-прежнему обильны. Ситуация в зообентосе сходна с весенней: размножение всех видов завершается, бентос концентрируется в зонах обилия. Резко снижаются показатели обилия сапрофитов воды и грунта в микробном сообществе.

Таким образом, в динамике планктонного и бентосного сообществ наблюдаются три периода: весенний, летний и осенний. Часто внутри летнего периода можно выделить еще две фазы. Термограницей между весенней и летней фазами служит температура вод миксолимниона 12–13 °С, а между летней и осенней, а также между двумя летними – 15–16 °С.

Обратимся к биогеографической характеристике преобладающих в отдельные периоды и фазы видов. Все виды весеннего периода относятся либо к аркто-бореальным (тихоокеанская сельдь), либо к палеарктическим послеледниковым формам (*Synchaeta lakowitziana*, *Diatoma vulgare*, *Ankistrodesmus convolutus*, *Peridiniella catenata*). Сле-

довательно, весенний период определяется массовым развитием холодноводных форм с температурным оптимумом развития ниже 12–13 °С. Этот вывод является вполне ожидаемым.

Чем отличается первая летняя фаза? Если в фитопланктоне наблюдается простая замена холодноводных видов тепловодными, то в составе зоо- и ихтиопланктона ей соответствует массовое развитие вполне определенных видов. Массовый в зоопланктоне вид *Keratella cruciformis* является циркумбореальным, а наиболее обычные в ихтиопланктоне виды – японская малоротая корюшка, саланкс и пресноводный дальневосточный бычок – широкобореальными. Именно в этот период начинается массовое размножение умеренно-холодноводных форм бентоса, к каковым, без сомнения, можно отнести массовых в прибрежье бокоплавов *Eogammarus kygi* и мизид *Neomysis awatschensis* (тихоокеанские приазиатские широкобореальные виды). Следовательно, первая летняя фаза определяется массовым развитием умеренно-холодноводных видов и форм, температурный оптимум существования которых приходится на диапазон от 12–13 до 15–16 °С.

Вторая летняя фаза характеризуется обилием таких массовых видов, как *Anabaena spiroides* (фитопланктон), *Sinocalanus tenellus* (зоопланктон), саланкс, колючий молочный и щуковидный бычки (ихтиопланктон). Все перечисленные виды, кроме саланкса (широкобореальный), являются тепловодными, субтропическо-низкобореальными. При превышении водами миксолимниона термограницы 15–16 °С (что соответствует началу второй летней фазы) начинается размножение (*Corbicula japonica*) или увеличивается скорость продуцирования (*Gnorimosphaerota ovatum*) типично тепловодных приазиатских субтропическо-низкобореальных видов бентоса. К этого же плана характеристикам относится появление в бентосе водных стадий амфибиотических насекомых Хоккайдского биогеографического комплекса, впервые обнаруженных в России именно в оз. Тунайча (*Hidroptila ito*). Поэтому вторую летнюю фазу можно уверенно соотнести с массовым развитием тепловодных видов, с термооптимумом выше 15–16 °С.

Осенний период специфически проявляется только для некоторых видов фитопланктона, хотя и в зоопланктоне возрастает доля численности широкобореальной *Euruthemora affinis*. Для всех прочих компонентов пелагического и донного сообществ этот период проявляется в прекращении размножения практически всех видов зоопланктона и зообентоса, чем и отличается от летних фаз, и отмирании надводной фитомассы.

Таким образом, сезонные изменения в пелагическом и донном сообществах обусловлены изменениями температуры воды миксолимниона и связаны со сменой биогеографических комплексов.

## ГЛАВА 11. ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВОДНОЙ БИОТЫ И ВСЕГО БИОЦЕНОЗА В ЦЕЛОМ

Еще одним показателем состояния водного сообщества являются процессы продуцирования, утилизации и перехода по уровням органического вещества. Для их анализа обратимся к **рисунку 110**. Продукцию первого трофического уровня формируют фитопланктон, макрофитобентос и фитоперифитон. Наблюдается недооценка всей продукции фитопланктона, связанная с неточностью хлорофилльного метода. Также явно недоучитываются продукция макроформ перифитона (кладофора, полисифония) в оторванной от субстрата плавающей форме и продукция в ледовый период из-за трудностей, связанных с отбором проб.

Продукция консументов почти полностью формируется консументами первого порядка, к которым относятся большинство видов зоопланктона и доминирующий в зообентосе элемент – корбикула. Другая массовая в озере группа зообентоса, формирующая большую часть биомассы зообентоса в прибрежном мелководье, – ракообразные, с доминированием бокоплавов *Eogammarus kygi* и креветок *Palaemon paucidens*. По строению ротовых аппаратов они относятся к эврифагам, но биомасса их потенциальных жертв – мелких беспозвоночных других групп – значительно меньше собственной, поэтому их можно условно отнести к фитофагам. Детритофаги – ряд видов хирономид и олигохеты – составляют крайне незначительную часть общей биомассы бентоса озера, поэтому их биомассой можно пренебречь. Все

вышеперечисленное позволяет считать практически всю продукцию зоопланктона и зообентоса относящейся ко второму трофическому уровню (продуценты первого порядка).

Все вышесказанное говорит о весьма приблизительной оценке соотношения продукции первого и второго трофического уровней, разница между ними должна быть больше полученной нами величины.

Большую часть (96%) продукции первого трофического уровня формирует фитопланктон. Но зоопланктон потребляет только незначительную ее часть (доля зоопланктона от общей продукции второго уровня составляет только 2%). При этом продукция фитопланктона не остается в пелагиали (на это указывает преобладание олиготрофной группы сапрофитов над эвтрофной в воде) и не разлагается там (об этом свидетельствует низкая скорость процессов минерализации органики в пелагиали – значительное развитие нитрифицирующих бактерий). Большая часть произведенной фитопланктоном органики оседает на дно (о чем свидетельствует преобладание эвтрофной группы сапрофитов грунта над олиготрофной), где потребляется донными консументами, преимущественно корбикулой, или переходит в детрит, который, в свою очередь, потребляется беспозвоночными-детритофагами или рыбами-детритофагами (карась [Роготнев и др., 2005]). Часть продукции фитопланктона выносится в море (оз. Тунайча характеризуется положительным балансом вод). Значительная часть оседающей органики не утилизируется консументами озера и оседает в молилимнион, характеризующийся абиотическими условиями существования.

Продукция макрофитов вряд ли потребляется зоопланктоном и зообентосом (из-за содержания в клеточных стенках целлюлозы), так как в озере мало специализированных для этой группы фитофагов (толстолобика и белого амура). Поэтому большая часть отмирающей вегетативной фитомассы переходит в детрит или выбрасывается на берег, где и разлагается. Оценить долю продукции макрофитов и макроформ перифитона, выбрасываемых на берег, на данном этапе изучения нам не представляется возможным.

В целом, соотношение продукции второго и первого трофического уровней составляет около 1:12, что близко к классическому соотношению 1:10. Исходя из суммарной продукции второго трофического уровня в 85 434 т, можно условно спрогнозировать продукцию третьего трофического уровня, представленного рыбами-планктофагами и бентофагами, в 8 543 т (соотношение 1:10). Но эта цифра в действительности гораздо ниже, так как основной компонент второго трофического уровня – корбикула – слабо потребляется бентофагами.

Весьма условно рассчитанная годовая продукция рыб (по разнице между максимальной и минимальной за год удельной биомассе для 16 наиболее массовых видов) над глубинами до 5 м составляет 4,034 г/м<sup>2</sup>, или 266,2 т (для акватории над глубинами до 10 м). Таким образом, соотношение продукции третьего-четвертого и второго трофических уровней близко к 1:32, что свидетельствует о значительной недоиспользованности кормовой биоты озера рыбами и находит свое подтверждение в слабой потребляемости бентофагами корбикулы – основного консумента II порядка в озере (см. гл. 8 и 9.1).

Ниже приводится анализ элементов суточного баланса оз. Тунайча в теплый сезон при температуре воды миксолимниона, равной 20 °С. Расчеты суточной продукции фито- и зоопланктона взяты из соответствующих глав (см. гл. 6 и 7).

### Двустворчатые моллюски

Преобладающий элемент донной фауны оз. Тунайча – двустворчатые моллюски. Будучи облигатными фильтраторами они выступают в качестве природных биофильтраторов и седиментаторов взвеси. Тем самым они выполняют в биосистеме три важнейшие функции: эффективно очищают воду от взвеси; создают биогенную циркуляцию воды в малопроточных зонах (Алимов, 1981; Комендантов, Орлова, 2003); переводят дисперсное вещество в донные осадки, преобразуя его в оформленные фекалии и псевдофекалии.

При средней массе японской корбикулы в популяции  $W=0,537$  г она отфильтровывает 0,707 л/сутки. Совокупность особей с квадратного метра (средневзвешенная величина – 1 479,8 экз.) процеживает в сутки 1 045,6 л. В доленом отношении в качестве пищи ( $C$ ) используется 99,7% отфильтрованного органического вещества (табл. 36). Ассимилируется (непосредственный поток энергии через популяцию –  $A$ ) 59,9% энергии экологического рациона ( $S$ ). Очень небольшое количество энергии осажденного вещества остается в популяции в виде прироста ( $P$ ) – 15,6%.

Роль еще 2 видов двустворчатых моллюсков – *P. amurensis* и *M. balthica* – в энергетическом балансе гораздо ниже (см. табл. 36). Данными видами ассимилируется за сутки всего 11,4 кал/м<sup>2</sup>.

В донном сообществе полигона оз. Тунайча второе место в утилизации и трансформации энергии и вещества принадлежит (после сестонофагов) детритофагам (ракообразные, олигохеты, большинство амфибиотических насекомых) (табл. 37). Для креветок и бокоплавов, на основании работы В. И. Дулепова с соавторами (Дулепов и др., 1986), условно принято, что 0,8 своего рациона они получают как детритофа-

ги, а 0,2 – как хищники. Несмотря на развитие микрофитобентоса и перифитона на нем, пастбищная цепь развита очень слабо. К ней можно отнести брюхоногих моллюсков, частично в пастбищной цепи участвуют и креветки (Куренков, 1950, 1958; Дулепов и др., 1986). Общая продукция пастбищных организмов составляет только 0,33% общей продукции макрозообентоса, или 0,32% продукции мирного бентоса.

Роль детритофагов несколько больше, они формируют 0,85% продукции мирного макрозообентоса. В работе А. Ю. Комендантова и М. И. Орловой (Комендантов, Орлова, 2003) описано, что основу рациона собирающих детритофагов в эстуариях рек южного Приморья составляют фекалии и псевдофекалии сестонофагов – двустворчатых моллюсков. В нашем случае общее количество энергии фекалий и псевдофекалий двустворчатых моллюсков (6 263 кал/м<sup>2</sup> в сутки) достаточно для покрытия потребностей рациона детритофагов (84,6 кал/м<sup>2</sup>). Существует три пути поступления детритного органического вещества на дно. Первый связан с поступлением фекалий и псевдофекалий от скоплений крупных двустворчатых моллюсков, второй обусловлен потоком детрита из пелагиали от отмирающего фитопланктона, третий – с берега и из зарослей макрофитов. Следовательно, в оз. Тунайча наблюдается положительный баланс детрита.

Завершается трофическая цепь хищниками. К факультативным хищникам могут быть отнесены ракообразные со смешанным типом питания – креветки и амфиподы. В озере, кроме перечисленных видов, в бентосе встречаются другие виды беспозвоночных хищников – пиявки и другие, но в пробах бентоса на полигонах они значимой роли не играли. Роль хищников в общей продукции зообентоса мала – 0,37%, но основная часть ее приходится на глубину до 0,5 м и создается прибрежными ракообразными – креветками и бокоплавами. На литорали основная роль хищников для донных гидробионтов принадлежит рыбам (бычкам-гобиидам, колюшкам и др.) (Лабай и др., 2003а; Роготнев и др., 2005). Не исключено, что наличие большого числа хищников-рыб в литоральном сообществе в отдельные моменты времени является фактором, непосредственно лимитирующим численность и биомассу детритофагов.

Расчетный суточный баланс потоков энергии (при 20 °С) показан на **рисунке 111**. Выход в виде продукции фитопланктона составляет около 22,4 ккал, или 0,45% падающей солнечной энергии. Напрямую на питание сестонофагов от общей продукции фитопланктона и фитоперифитона переходит 74,7%, остальное оседает в виде мелкодисперсного детрита на дне или выносится в протоку. Вынос в море через протоку составляет 34,4 кал/м<sup>2</sup>. Общее количество детрита, поступающего

на дно, составляет 14,2 ккал/м<sup>2</sup>, или 54,2% всей первичной продукции, из них 876 ккал/м<sup>2</sup> переходит в абиотический слой на микробную петлю. Из интегральной энергии детритного вещества детритофагом потребляется 3,32 ккал/м<sup>2</sup>, или 23,4% всей энергии детрита. Совокупная продукция организмов второго трофического уровня (консументы I порядка), объединяющая сестонофагов (двусторчатые моллюски и мирный зоопланктон), детритофагов и растительноядных беспозвоночных, составляет 2,7 ккал/м<sup>2</sup> (10,2% первичной продукции).

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов, В. В.** *Mugil cephalus* (Linne) Cuvier – лобан из низовья Амура [Текст] / В. В. Абрамов // Докл. АН СССР. – 1952. – Т. 85, № 2. – С. 441–442.
- Аверинцев, В. Г. АВС-метод оценки функционального состояния донных биоценозов [Текст] / **В. Г. Аверинцев, Е. И. Жуков** // Теор. подходы к изуч. экосистем морей Арктики и Субарктики. – Апатиты, 1992. – С. 84–90.
- Алабастер, Дж. Критерии качества воды для пресноводных рыб [Текст] / **Дж. Алабастер, Р. Ллойд**. – М. : Лег. и пищ. пром-ть, 1984. – 344 с.
- Алимов, А. Ф.** Функциональная экология пресноводных двусторчатых моллюсков [Текст] / А. Ф. Алимов. – Л. : Наука, Ленинград. отд-ние, 1981. – 248 с. – (Тр. ЗИН АН СССР. Т. 96).
- Алимов, А. Ф.** Введение в продукционную гидробиологию [Текст] / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
- Андрияшев, А. П.** Рыбы северных морей СССР [Текст] / А. П. Андрияшев. – М.–Л. : АН СССР, 1954. – 566 с.
- Аннотированный** каталог круглоротых и рыб континентальных вод России [Текст]. – М. : Наука, 1998. – 220 с.
- Асхаев, М. Г.** Результаты акклиматизации амурского сазана в водоемах Восточной Сибири [Текст] / М. Г. Асхаев // Тр. Бурят. компл. науч.-исслед. ин-та. – 1960. – Вып. 4. – С. 108–110.
- Атлас** количественного распределения нектона в Охотском море [Карты] / Под ред. В. П. Шунтова и Л. Н. Бочарова. – М. : Изд-во ФГУП «Нацрыбресурс», 2003. – 1040 с. – (Биол. ресурсы Мирового океана. Т. 1).
- Атлас** пресноводных рыб России [Текст] / Под ред. Ю. С. Решетникова. – М. : Наука, 2002. – 253 с.
- Атлас** Сахалинской области. Ресурсы и экономика [Текст]. – Ю-Сах., 1994. – 154 с.
- Балушкина, Е. В. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных [Текст] / **Е. В. Балушкина, Г. Г. Винберг** // Общ. основы изуч. вод. экосистем. – Л. : Наука, 1979. – С. 169–172.
- Балушкина, Е. В. Зависимость между длиной и массой тел планктонных ракообразных [Текст] / **Е. В. Балушкина, Г. Г. Винберг** // Эксперимент. и полевые исслед. биол. основ продуктивности озер. – Л. : Изд-во АН СССР, 1979а. – С. 58–72.
- Барина, С. С. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток) [Текст] / **С. С. Барина, Л. А. Медведева**. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 364 с.

- Баринава, С. С.** Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. Ч. I [Текст] / С. С. Баринава // Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М. : ВНИИ природы, **2000**. – С. 1–59.
- Баринава, С. С. Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов [Текст] / С. С. Баринава, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова // Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М. : ВНИИ природы, **2000**. – С. 60–150.
- Барсуков, В. В.** Рыбы бухты Провидения и сопредельных вод Чукотского полуострова [Текст] / В. В. Барсуков // Тр. ЗИН АН СССР. – **1958**. – Т. 25. – С. 130–163.
- Белоусова, С. П.** Питание и пищевые взаимоотношения малоротой корюшки *Hypomesus olidus* Pallas в озере Азабачьем [Текст] / С. П. Белоусова // Изв. ТИНРО. – **1975**. – Т. 98. – С. 148–155.
- Берг, Л. С.** Рыбы пресных вод Российской империи [Текст] / Л. С. Берг. – М. : Изд-во Департамента земледелия, **1916**. – XXVII+563 с.
- Берг, Л. С.** Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 1 [Текст] / Л. С. Берг. – Л. : Изд-во ВНОиРРХ, **1932**. – 540 с.
- Берг, Л. С.** Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 1 [Текст] / Л. С. Берг. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, **1948**. – 468 с.
- Берг, Л. С.** Яровые и озимые расы у проходных рыб [Текст] / Л. С. Берг // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, **1953**. – С. 242–260.
- Берг, Л. С.** Разделение территории Палеарктики и Амурской области на зоогеографические области на основании распространения пресноводных рыб [Текст] / Л. С. Берг // Избр. тр. – М. : Изд-во АН СССР, **1962**. – Т. 5. – С. 320–360.
- Беренбейм, Д. Я.** Влияние температуры воды на сроки нереста морских промысловых рыб [Текст] / Д. Я. Беренбейм. – М. : Пищ. пром-ть, **1971**. – 152 с.
- Биологическая характеристика оз. Тунайча и перспективы ее промыслового использования : Отчет о НИР [Текст] / СахНИРО, отв. исполн. Э. Р. Ившина, Л. С. Ширманкина. – Ю-Сах. : СахНИРО, **2001**. – 38 с. – Арх. № 8830.**
- Бирман, И. Б.** Некоторые вопросы биологии симы *Oncorhynchus masu* (Brevoort) [Текст] / И. Б. Бирман // Изв. ТИНРО. – **1972**. – Т. 82. – С. 235–247.
- Бискэ, С. Ф. Основные черты палеогеографии Берингии в дочетвертичном кайнозое [Текст] / С. Ф. Бискэ, Ю. П. Баранова // Берингия в кайнозое. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, **1976**. – С. 121–128.
- Борец, Л. А.** Аннотированный список рыб дальневосточных морей [Текст] / Л. А. Борец. – Владивосток : ТИНРО-Центр, **2000**. – 192 с.
- Боруцкий, Е. В.** Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб [Текст] / Е. В. Боруцкий. – М. : АН СССР, **1960**. – 118 с.
- Боруцкий, Е. В. Зоопланктон озер южного Сахалина [Текст] / Е. В. Боруцкий, А. С. Богословский // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. – М. : Изд-во МГУ, **1964**. – С. 97–140.
- Боруцкий, Е. В. Определитель Calanoida пресных вод СССР [Текст] / Е. В. Боруцкий, Л. А. Степанова, М. С. Кос. – Л. : Наука, **1991**. – 504 с.
- Брагинский, Л. П.** Размерно-весовая характеристика руководящих форм прудового зоопланктона [Текст] / Л. П. Брагинский // Вопр. ихтиологии. – **1957**. – Вып. 9. – С. 188–191.

Бровко, П. Ф. Ресурсно-экологический анализ лагун Сахалина [Текст] / **П. Ф. Бровко, С. Н. Сафронов** // Рац. природопользование в р-нах избыточного увлажнения. – Калининград : Изд-во Калининград. ун-та, **1989**. – С. 19–21.

**Бровко, П. Ф.** Развитие прибрежных лагун [Текст] / П. Ф. Бровко. – Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. ун-та, **1990**. – 148 с.

Лагуны Сахалина [Текст] / **П. Ф. Бровко, Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков и др.** – Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. ун-та, **2002**. – 80 с.

**Бугаев, В. Ф.** Трехиглая колюшка р. Камчатка [Текст] / В. Ф. Бугаев // Вопр. ихтиологии. – **1992**. – Т. 32, вып. 4. – С. 71–82.

**Буяновский, А. И.** К экологии дальневосточных жемчужниц (*Bivalvia Margaritiferidae*) *Dahurinaia middendorffi* и *Dahurinaia kurilensis* [Текст] / А. И. Буяновский // Зоол. журн. – **1993**. – Т. 72, вып. 9. – С. 29–36.

**Быховская-Павловская, И. Е.** Паразиты рыб: руководство по изучению [Текст] / И. Е. Быховская-Павловская. – М. : Наука, **1985**. – 121 с.

**Василец, П. М.** Корюшки прибрежных вод Камчатки : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / П. М. Василец. – Владивосток : Ин-т биологии моря АН СССР, **2000**. – 24 с.

О биологии малоротой корюшки *Hypomesus olidus* в водах Камчатки [Текст] / **П. М. Василец, В. В. Максименков, Т. Н. Травина, С. А. Травин** // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана : Сб. науч. тр. – П-Камчат. : КамчатНИРО, **2000**. – Вып. 5. – С. 94–100.

**Васильева, Е. Д.** Природа России: жизнь животных. Рыбы [Текст] / Е. Д. Васильева. – М. : ООО Фирма «Изд-во АСТ», **1999**. – 640 с.

**Васильева, О.** Царь-рыба меняет прописку [Текст] / О. Васильева // Рос. газ. ДВ. – **27 июня 2007 г.** – № 4398.

Вдовин, А. Н. Распределение звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* в заливе Петра Великого [Текст] / **А. Н. Вдовин, Д. В. Антоненко, Т. Г. Соколовская** // Биология моря. – **1997**. – Т. 23, № 4. – С. 227–233.

Вдовин, А. Н. Распределение камбал (*Pleuronectidae*) в заливе Петра Великого в период гидрологического лета (июль–сентябрь) [Текст] / **А. Н. Вдовин, Г. В. Швыдкий** // Изв. ТИНРО. – **2000**. – Т. 127, ч. 1. – С. 122–136.

**Вербина, Н. М.** Гидромикробиология [Текст] / Н. М. Вербина. – М. : Пищ. пром-ть, **1980**. – 288 с.

Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования [Текст] / **Л. В. Веснина, В. Б. Журавлев, В. А. Новоселов и др.** – Новосибирск : Наука. Сиб. предприятие РАН, **1999**. – 285 с.

**Винберг, Г. Г.** О зависимости обмена у членистоногих от величины тела [Текст] / Г. Г. Винберг // Ученые зап. Беларус. ун-та. – **1956**. – Вып. 26, сер. Биол. – С. 25–31.

**Винберг, Г. Г.** Общие закономерности роста животных [Текст] / Г. Г. Винберг // Методы определения продукции вод. животных. – Минск : Высш. школа, **1968**. – С. 45–49.

Использование структурных показателей бактерио- и зообентоса для оценки качества донных отложений (на примере водоемов Верхневолжского бассейна) [Текст] / **Г. А. Виноградов, Н. А. Березина, Н. А. Лаптева, Г. П. Жариков** // Вод. ресурсы. – **2002**. – Т. 29, № 3. – С. 329–336.

**Володин, А. В.** Размерно-возрастной состав и рост плоскоголового бычка *Megalocottus platycephalus* (Pallas) лагун северо-восточного Сахалина [Текст] / А. В. Володин // Тр. СахНИРО. – **1999**. – Т. 2. – С. 143–146.

**Воробьев, В. П.** Бентос Азовского моря [Текст] / В. П. Воробьев // Тр. Азовско-Черноморского НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. – 1949. – Вып. 13. – С. 1–193.

**Вотинцев, К. К.** Формирование качества воды озера Байкал [Текст] / К. К. Вотинцев // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22, № 4. – С. 3–9.

**Вялова, Г. П.** Случай эргазилеза рыб в озере Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / Г. П. Вялова // Экспресс-информация ЦНИИТЭИРХ, сер. Рыбохоз. использ. внутр. вод. – 1983. – № 1. – С. 14–15.

Гавренков, Ю. И. Биология и экология размножения малоротых корюшек рода *Hypomesus* (Osmeridae) Приморья [Текст] / Ю. И. Гавренков, Л. К. Платошина // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 425–435.

**Геоморфолого-экологические** исследования оз. Тунайча : Отчет о НИР [Текст] / ДВГУ; отв. исполн. А. Н. Володарский. – Владивосток : ДВГУ, 1989. – 161 с. – Архив СахНИРО. № 6234.

**Геоэкология** озера Тунайча. Рыбохозяйственное значение и рекомендации по рациональному использованию оз. Тунайча. Заключительный отчет по ХД 153-89 с СахТИНРО по теме «Геоморфолого-экологические исследования озера Тунайча» по х/д № 11/90 с Корсаковским горисполкомом по теме «Рыбохозяйственное значение и рекомендации по рациональному использованию озера Тунайча» [Текст] / ДВГУ; отв. исполн. Л. В. Демин, В. А. Ключанов. – Владивосток : ДВГУ, 1991. – 171 с. – Архив СахНИРО. № 6233.

**Гидробиологическая** характеристика озера Тунайча в 2002 г. : Отчет о НИР [Текст] / СахНИРО; рук. В. С. Лабай. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2003. – 198 с. – Архив СахНИРО. № 9502.

**Гидробиологическая** характеристика шельфовой зоны северо-востока Сахалина и о. Тюлений : Отчет о НИР [Текст] / СахНИРО; отв. исполн. В. С. Лабай. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2001. – 305 с. – Архив СахНИРО. № 8602.

**Гидрологический** режим озера Тунайча [Текст] / СахУГМС; отв. исполн. В. В. Шкаликова. – Ю-Сах. : СахУГМС, 1969. – 192 с. – Б-ка СахУГМС. № 118.

**Гидрохимические** и гидробиологические условия озера Тунайча (промежуточный отчет по х/д 153-89 с СахТИНРО по теме «Геоморфолого-экологические исследования озера Тунайча» [Текст] / ДВГУ; отв. исполн. Л. В. Демин. – Владивосток : ДВГУ, 1990. – 93 с. – Архив СахНИРО. № 6088.

**Глубоковский, М. К.** Эволюционная биология лососевидных рыб [Текст] / М. К. Глубоковский. – М. : Наука, 1995. – 343 с.

Голлербах, М. М. Сине-зеленые водоросли [Текст] / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский // Определ. пресновод. водорослей СССР. – М. : Сов. наука, 1953. – Вып. 2. – 652 с.

**ГОСТ 17.1.2.04-77.** Охрана природы, гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М. : Госком. стандартов Совета Министров СССР, 1977. – 18 с.

**Григорьев, В. И.** Озера Тонино-Анивского полуострова южного Сахалина : Дипломная работа; Рукопись [Текст] / В. И. Григорьев; МГУ. – 1961. – 180 с. – Архив Сахалингидромета. № 45.

**Гриценко, О. Ф.** О двух разновидностях дальневосточной красноперки рода *Leuciscus* в реках Сахалина [Текст] / О. Ф. Гриценко // Зоол. журн. – 1972. – Т. 51, вып. 3. – С. 388–392.

- Гриценко, О. Ф.** Систематика дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* Sauvage, 1883 (*Leuciscus brandti* (Dybowski) (Cyprinidae)) [Текст] / О. Ф. Гриценко // Вопр. ихтиологии. – 1974. – Т. 14, вып. 5. – С. 782–795.
- Гриценко, О. Ф. Сахалинский таймень *Hucho perryi* (Brevoort) реки Богатой (восточное побережье Сахалина) [Текст] / **О. Ф. Гриценко, Е. М. Малкин, А. А. Чуриков** // Изв. ТИНРО. – 1974. – Т. 93. – С. 91–101.
- Гриценко, О. Ф.** Систематика и происхождение сахалинских гольцов рода *Salvelinus* [Текст] / О. Ф. Гриценко // Тр. ВНИРО. – 1975. – Т. 106. – С. 141–160.
- Гриценко, О. Ф. Исследование экологии тайменя Северного Сахалина [Текст] / **О. Ф. Гриценко, А. А. Чуриков**. – М. : ВНИРО, 1977. – 26 с.
- Гриценко, О. Ф. Экология размножения сельди Ныйского залива (Сахалин) [Текст] / **О. Ф. Гриценко, Н. И. Шилин** // Биология моря. – 1979. – № 1. – С. 58–65.
- Гриценко, О. Ф. Систематика малоротых корюшек рода *Hypomesus* (Salmoniformes, Osmeridae) азиатского побережья Тихого океана [Текст] / **О. Ф. Гриценко, А. А. Чуриков** // Зоол. журн. – 1983. – Т. 62, вып. 4. – С. 553–563.
- Гриценко, О. Ф.** Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) : Дис. ... д-ра биол. наук [Текст] / О. Ф. Гриценко; ВНИРО. – М., 1990. – 349 с.
- Гриценко, О. Ф.** Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) [Текст] / О. Ф. Гриценко – М. : ВНИРО, 2002. – 248 с.
- Громов, И. А. Дальневосточный лобан: что показали исследования [Текст] / **И. А. Громов, Ю. Я. Долгополов, Г. М. Тысло** // Рыб. хоз-во. – 1990. – № 10. – С. 22–25.
- Гудков, П. К.** Биологические особенности южной дальневосточной широколобки *Megalocottus platycephalus taeniopterus* (Kner) из бассейна озера Тунайча [Текст] / П. К. Гудков // Тр. СахНИРО. – 2004. – Т. 6. – С. 138–149.
- Гудков, П. К.** Некоторые биологические особенности кунджи *Salvelinus leucomaenis* (Pallas) из оз. Тунайча [Текст] / П. К. Гудков // Тр. СахНИРО. – 2004а. – Т. 6. – С. 129–137.
- Гудков, П. К.** Морфологические особенности дальневосточной широколобки *Megalocottus platycephalus taeniopterus* (Kner) [Текст] / П. К. Гудков // Вопр. ихтиологии. – 2006. – Т. 46, № 6. – С. 766–780.
- Гудков, П. К. Сравнительный анализ ихтиофауны некоторых водоемов Тонино-Анивского полуострова Сахалина [Текст] / **П. К. Гудков, Н. К. Заварзина** // Тр. СахНИРО. – 2006. – Т. 8. – С. 50–66.
- Гусев, М. В. Нефтяные загрязнения и микрофлора морских экосистем [Текст] / **М. В. Гусев, Т. В. Коронелли, В. В. Ильинский** // Человек и биосфера. – 1980. – Вып. 5. – С. 36–53.
- Данильченко, П. Г.** Костистые рыб [Текст] / П. Г. Данильченко // Основы палеонтологии. Бесчелюстные, рыбы. – М. : Наука, 1964. – С. 396–472.
- Денисова, Н. В. Оценка степени антропогенного евтрофирования пойменных озер по фитопланктону [Текст] / **Н. В. Денисова, Ф. Б. Шкундина** // Общая гидробиология. – 2005. – Т. 41, № 6. – С. 33–43.
- Дехник, Т. В. Методы оценки нерестового запаса рыб с применением ихтиопланктонных съемок [Текст] / **Т. В. Дехник, Ю. Н. Ефимов**. – М. : ВНИРО, 1984. – 43 с.
- Дзюбан, А. Н. Микробиологические процессы в Горьковском водохранилище [Текст] / **А. Н. Дзюбан, Д. Б. Косолапов, А. И. Кузнецова** // Вод. ресурсы. – 2001. – Т. 28, № 1. – С. 47–57.

**Дзюбан, А. Н.** Экологическое состояние Шекснинского водохранилища: оценка на основе микробиологических исследований [Текст] / А. Н. Дзюбан // *Вод. ресурсы.* – 2005. – Т. 32, № 1. – С. 70–78.

**Диатомовые** водоросли СССР (ископаемые и современные) [Текст] / Под ред. А. И. Прошкина-Лавренко. – Л. : Наука, 1974. – Т. 1. – 403 с.

**Димитриева, Г. Ю.** Микроорганизмы – биоиндикаторы фенольного загрязнения прибрежной морской среды [Текст] / Г. Ю. Дмитриева // *Биология моря.* – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 407–411.

**Долганов, В. Н.** Происхождение и расселение скатов подотряда *Rajoidae* дальневосточных морей России / В. Н. Долганов // *Вопр. ихтиологии.* – 2001. – Т. 41, № 3. – С. 304–311.

Дулепов, В. И. Биология и продукция ракообразных Курильских островов. [Текст] / **В. И. Дулепов, Е. П. Дулепова, О. В. Пойс.** – Владивосток : Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1986. – Ч. 1. – 247 с.

**Душкина, Л. А.** Биология морских сельдей в раннем онтогенезе [Текст] / Л. А. Душкина – М. : Наука, 1988. – 192 с.

Дюран, Б. Кластерный анализ [Текст] / **Б. Дюран, П. Оделл.** – М. : Статистика, 1977. – 128 с.

**Ерлов, Н.** Оптическая океанография [Текст] / Н. Ерлов. – М. : Мир, 1970. – 224 с.

**Жуков, П. И.** Справочник по экологии пресноводных рыб [Текст] / П. И. Жуков. – Минск : Наука и техника, 1988. – 310 с.

Заварзин, Д. С. Зоопланктон озера Сладкое (северо-западный Сахалин) [Текст] / **Д. С. Заварзин, С. Н. Сафронов** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 187–194.

**Заварзин, Д. С.** Сезонная динамика зоопланктона озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / Д. С. Заварзин // *Тр. СахНИРО.* – 2003. – Т. 5. – С. 106–112.

**Заварзин, Д. С.** Состав и пространственное распределение зоопланктонных сообществ озера Тунайча (южный Сахалин) по данным летней съемки 2001 г. [Текст] / Д. С. Заварзин // *Тр. СахНИРО.* – 2003а. – Т. 6. – С. 331–338.

**Заварзин, Д. С.** Некоторые вопросы сезонной динамики зоопланктона озера Тунайча (южный Сахалин) на современном этапе [Текст] / Д. С. Заварзин // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – Вып. 3. – С. 95–105.

Завгородняя, Н. Г. Рост и питание сахалинского тайменя *Hucho perryi* (Brevoort) в озерах южного Сахалина [Текст] / **Н. Г. Завгородняя, О. А. Ключарева, А. А. Световидова** // *Вопр. ихтиологии.* – 1964. – Т. 4, вып. 3. – С. 523–533.

**Заика, В. Е.** Сравнительная продуктивность гидробионтов [Текст] / В. Е. Заика. – Киев : Наукова думка, 1983. – 208 с.

**Зайцев, Г. Н.** Математическая статистика в экспериментальной ботанике [Текст] / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.

Золотухин, Д. Е. Преодоление экологического кризиса на озере Тунайча [Текст] / **Д. Е. Золотухин, В. А. Шустин, В. Н. Храмушин** // XVIII конф. молодых ученых «Молодые научные резервы Сахалина, наука и развитие региона» (12–14 окт. 2004 г., ИМГиГ ДВО РАН). – Ю-Сах., 2004. – С. 68–70.

Золотухин, Д. Е. Сохранение биоценоза сахалинского озера Тунайча [Текст] / **Д. Е. Золотухин, В. А. Шустин, В. Н. Храмушин** // Проблемы экологии и рац. природопользования Дальнего Востока : Материалы регион. конф. молодых ученых (18–19 нояб. 2004 г.). – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2004а. – С. 105–108.

- Золотухин, Д. Е. Рациональное хозяйственное использование сахалинского озера Тунайча [Текст] / Д. Е. Золотухин, В. А. Шустин, В. Н. Храмушин // Проблемы безопасности жизнедеятельности в техносфере : Материалы межрегион. конф. молодых ученых (7–10 дек. 2004 г.). – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2004 б. – С. 74–78.
- Зюганов, В. В.** Семейство колюшковых (Gasterosteidae) мировой фауны [Текст] / В. В. Зюганов // Фауна СССР. Рыбы. – Л., 1991. – Т. 5, вып. 1. – 261 с.
- Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни [Текст] / В. Н. Иванков, В. В. Андреева, Н. В. Тяпкина и др. – Владивосток : ДВГУ, 1999. – 260 с.
- Иванкова, З. Г. Сельдь восточного побережья Сахалина [Текст] / З. Г. Иванкова, Б. М. Козлов // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 12–19.
- Иванов, А. Н. О составе и зоогеографическом районировании ихтиофауны пресных вод северо-западного Сахалина [Текст] / А. Н. Иванов, Л. В. Иванова // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 250–263.
- Иванов, А. П.** Рыбоводство в естественных водоемах [Текст] / А. П. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 368 с.
- Иванова, М. Б.** Продукция планктонных ракообразных в пресных водах [Текст] / М. Б. Иванова. – Л. : ЗИН АН СССР, 1985. – 223 с.
- Ископаемые** костистые рыбы СССР [Текст] // Тр. ПИН. – 1980. – Т. 178. – 211 с.
- К исследованию** зоопланктона оз. Тунайча : Отчет о НИР [Текст] / СахТИНРО; отв. исполн. Э. Р. Чернышева. – Ю-Сах. : СахТИНРО, 1981. – 7 с. – Архив СахНИРО. № 4749.
- Кафанов, А. И.** Кайнозойская история малакофаун шельфа северной Пацифики [Текст] / А. И. Кафанов // Мор. биогеография: предмет, методы, принципы районирования. – М. : Наука, 1982. – С. 134–176.
- Кафанов, А. И. Биота и сообщества макробентоса лагун северо-восточного Сахалина [Текст] / А. И. Кафанов, В. С. Лабай, Н. В. Печенева. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2003. – 176 с.
- Кафанов, А. И. Морская биогеография : Учеб. пособие [Текст] / А. И. Кафанов, В. А. Кудряшов. – М. : Наука, 2000. – 176 с.
- Квасников, Е. И. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных бассейнах [Текст] / Е. И. Квасников, Т. М. Ключникова. – Киев : Наукова думка, 1981. – 132 с.
- Киселев, И. А.** Состав и распределение фитопланктона в Амурском лимане [Текст] / И. А. Киселев // Исслед. морей СССР. Изв. Гос. гидролог. ин-та. – 1931. – Вып. 14. – С. 31–116.
- Киселев, И. А.** Новые данные о составе, распределении и происхождении фитопланктона в Амурском Лимане и ближайших к нему участках Японского и Охотского морей [Текст] / И. А. Киселев // Уч. зап. Ленинград. гос. ун-та, сер. «Биология». – 1937. – Т. 3, № 15. – С. 41–52.
- Клюканов, В. А.** Морфологические основы систематики корюшек рода *Osmerus* [Текст] / В. А. Клюканов // Зоол. журн. – 1969. – Т. 48, вып. 1. – С. 99–109.
- Клюканов, В. А.** Систематика и родственные отношения родов *Osmerus* и *Hypomesus* и их расселение [Текст] / В. А. Клюканов // Зоол. журн. – 1975. – Т. 54, № 4. – С. 590–596.
- Клюканов, В. А.** Происхождение, расселение и эволюция корюшковых (Osmeridae) [Текст] / В. А. Клюканов // Основы классификации и филогении лососевидных рыб : Сб. науч. тр. – Л. : ЗИН АН СССР, 1977. – С. 13–27.

**Ключарева, О. А.** Материалы по ихтиофауне и рыбному хозяйству озер южного Сахалина [Текст] / О. А. Ключарева // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. – М. : Изд-во МГУ, 1964. – С. 223–266.

Ключарева, О. А. Серебряный карась *Carassius auratus gibelio* (Bloch) озер южного Сахалина [Текст] / О. А. Ключарева, Н. П. Куликова, И. В. Никитинская // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. – Изд-во МГУ, 1964. – С. 190–207.

Ковалев, М. Ю. Особенности биологии серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) из некоторых водоемов Дальнего Востока [Текст] / М. Ю. Ковалев, И. А. Азарова, Н. С. Романов // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 277–283.

**Ковтун, А. А.** Биология кижуча острова Сахалин [Текст] / А. А. Ковтун. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2005. – 96 с.

**Кольцова, Т. И.** Определение объема и поверхности клеток фитопланктона [Текст] / Т. И. Кольцова // Биол. науки. – 1970. – № 6. – С. 114–119.

Комендантов, А. Ю. Экология эстуарных двустворчатых моллюсков и полихет южного Приморья [Текст] / А. Ю. Комендантов, М. И. Орлова. – СПб., 2003. – 164 с. – (Сер.: Исслед. фауны морей. Вып. 52).

**Кондратьева, Е. С.** Ранний онтогенез пятнистого шуковидного бычка *Luciogobius guttatus* (Gobiidae) из вод южного Приморья [Текст] / Е. С. Кондратьева // Изв. ТИНРО-Центра. – 2001. – Т. 128. – С. 773–776.

Кондратьева, Е. С. Таксономический состав рыб семейства бычковых (Gobiidae) в водах залива Петра Великого [Текст] / Е. С. Кондратьева, А. С. Соколовский // Изв. ТИНРО-Центра. – 2001. – Т. 128. – С. 768–772.

Кондратьева, Л. М. Роль микробных комплексов в формировании качества воды в бурейском и зейском водохранилищах [Текст] / Л. М. Кондратьева, Л. М. Чухлебова // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – Вып. 3. – С. 166–173.

**Коновалова, Г. В.** Микро- и наннопланктон Амурского залива зимой / Г. В. Коновалова // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 6–8.

**Константинов, А. С.** О питании сазана в некоторых водоемах бассейна Амура [Текст] / А. С. Константинов // Тр. Амур. ихтиолог. экспедиции 1945–1949 гг. – 1952. – Т. 3. – С. 396–402.

Микробиологическая характеристика воды Иваньковского водохранилища [Текст] / А. И. Копылов, И. Н. Крылова, Д. Б. Косолапов, Т. С. Масленникова // Вод. ресурсы. – 2000. – Т. 27, № 6. – С. 728–734.

**Коровчинский, Н. М.** Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (морфология, систематика, экология, зоогеография) [Текст] / Н. М. Коровчинский. – М. : Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 410 с.

Угледородокисляющая микрофлора акваторий балтийского моря и Куршского залива, загрязненных при разливе мазута [Текст] / Т. В. Коронелли, В. В. Ильинский, В. А. Янушка, Т. И. Красникова // Микробиология. – 1987. – Т. 56, вып. 3. – С. 326–332.

**Кравцова, Г. В.** Фитопланктон в условиях внутренних солоноватых водоемов [Текст] / Г. В. Кравцова // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – Л., 1989. – Т. 196. – С. 64–81.

**Красная книга РСФСР (Животные)** [Текст]. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 454 с.

**Красная книга Сахалинской области. Животные** [Текст]. – Ю-Сах. : Сах. книж. изд-во, 2000. – 190 с.

- Красная книга Российской Федерации** [Текст]. – М. : АСТ, **2001**. – 860 с.
- Куличенко, Н. И.** Некоторые данные о возрасте и росте амурского сазана *Cyprinus carpio heameatopterus* Temm. Et Schleg и черного амура *Mylopharyngodon piceus* Richardson [Текст] / Н. И. Куличенко // Тр. Амур. ихтиолог. экспедиции. – **1958**. – Т. 4. – С. 159–164.
- Куренков, И. И.** К биологии дальневосточных пресноводных креветок [Текст] / И. И. Куренков // Тр. Амур. ихтиолог. экспедиции 1945–1949 гг. – М. : Изд-во МОИП, 1950. – Т. 1. – С. 379–390.
- Куренков, И. И.** Некоторые данные по экологии пресноводных дальневосточных креветок в связи с возможностью их акклиматизации [Текст] / И. И. Куренков // Тр. Моск. техн. ин-та рыб. пром-ти и хоз-ва им. А. И. Микояна. – **1958**. – Вып. 9. – С. 80–101.
- Кутикова, Л. А.** Коловратки фауны СССР (Rotifera). Подкласс Eurotifera (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) [Текст] / Л. А. Кутикова. – Л. : Наука, **1970**. – 744 с.
- Корбикула *Corbicula japonica* (Bivalvia) озера Тунайча: условия обитания, некоторые аспекты морфологии и биологии вида [Текст] / **В. С. Лабай, Д. С. Заварзин, И. В. Мотылькова, Н. В. Коновалова** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, **2003**. – Вып. 2. – С. 143–152.
- Лабай, В. С. Некоторые аспекты питания мелкочешуйной красноперки *Tribolodon brandti* (Dybowski) озера Тунайча (остров Сахалин) [Текст] / **В. С. Лабай, Н. К. Ни, М. Г. Роготнев** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, **2003а**. – Вып. 2. – С. 444–453.
- Лабай, В. С. Вертикальное распределение и сезонная динамика макрозообентоса на полигоне озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / **В. С. Лабай, М. Г. Роготнев, Т. С. Шпилько** // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – **2004**. – Вып. 7. – С. 111–121.
- Лабай, В. С. Состав, структура и сезонная динамика макробентоса озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / **В. С. Лабай, М. Г. Роготнев** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, **2005**. – Вып. 3. – С. 62–94.
- Лабай, В. С. Сравнительный анализ параметров роста некоторых крупных двустворчатых моллюсков (Bivalvia) из пресных и солоноватых вод о. Сахалин [Текст] / **В. С. Лабай, С. О. Чижиков** // Тр. СахНИРО. – **2008**. – Т. 10. – С. 147–156.
- Планктон и бентос озер Вавайской системы (южный Сахалин) и условия их обитания [Текст] / **В. С. Лабай, Д. С. Заварзин, О. Н. Мухаметова и др.** – Ю-Сах. : СахНИРО, **2010**. – 216 с.
- География и мониторинг биоразнообразия [Текст] / **Н. В. Лебедева, Д. А. Кривоуцкий, Ю. Г. Пузаченко и др.** – М. : Изд-во Науч. и метод. центра, **2002**. – 432 с.
- Леванидов, В. Я.** О гидрологическом режиме нерестилищ кеты и горбуши [Текст] / В. Я. Леванидов // Изв. ТИНРО. – **1968**. – Т. 64. – С. 101–125.
- Леванидов, В. Я.** Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова [Текст] / В. Я. Леванидов // Пресновод. фауна Чукот. п-ова. – Владивосток, **1976**. – С. 104–122.
- Линдберг, Г. У. Материалы по рыбам Шантарского моря [Текст] / **Г. У. Линдберг, Г. Д. Дулькейт** // Изв. ТИНРО. – **1929**. – Т. 3, вып. 1. – 138 с.
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 1 [Текст] / **Г. У. Линдберг, М. И. Легеза**. – М.–Л. : Наука, **1959**. – 208 с.

- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 2 [Текст] / Г. У. Линдберг, И. И. Легеза. – М.–Л. : Наука, 1965. – 391 с.
- Линдберг, Г. У. Крупные колебания уровня океана в четвертичный период [Текст] / Г. У. Линдберг. – Л. : Наука, 1972. – 548 с.
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 4 [Текст] / Г. У. Линдберг, З. В. Красюкова. – Л. : Наука, 1975. – 463 с.
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Японского морей. Ч. 5 [Текст] / Г. У. Линдберг, З. В. Красюкова. – Л. : Наука, 1987. – 526 с.
- История мезозойско-кайнозойской седиментации в Мировом океане [Текст] / А. П. Лисицын, Ю. А. Богданов, М. А. Левитан и др. // Океанология. Геология океана. Геол. история океана. – М. : Наука, 1980. – С. 407–427.
- Ловецкая, А. А. Питание некоторых промысловых рыб Амур [Текст] / А. А. Ловецкая // Зоол. журн. – 1941. – Т. 20, вып. 4/5. – С. 604–610.
- Лукьянова, О. Н. Гидрохимическая основа биопродуктивности нерестово-выростных лососевых озер : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / О. Н. Лукьянова. – М. : ВНИРО, 2007. – 22 с.
- Лымарев, В. И. Основные проблемы физической географии океана [Текст] / В. И. Лымарев. – М. : Мысль, 1978. – 248 с.
- Любаев, В. Я. Экологические и биотехнические аспекты создания стад кижуча на рыбоводных заводах : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / В. Я. Любаев. – М. : МГТА, 2002. – 21 с.
- Макарова, И. В. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона [Текст] / И. В. Макарова, Л. О. Пичкилы // Биол. журн. – 1970. – Т. 55, № 10. – С. 1488–1494.
- Макарова, И. В. О морфологии и таксономии двух видов рода *Coscinodiscus* (Bacillariophyta) [Текст] / И. В. Макарова // Бот. журн. – 1985. – Т. 70, № 1. – С. 51–54.
- Макарченко, Е. А. Новый вид *Psectrocladius kieffer* (Diptera, Chironomidae, Orthocladiinae) с юга российского Дальнего Востока [Текст] / Е. А. Макарченко // Евроазиатский энтомолог. журн. – 2003. – 2 (1). – С. 61–66.
- Максименков, В. В. Питание малоротой корюшки *Hypomesus olidus* в эстуарии р. Большая (западная Камчатка) [Текст] / В. В. Максименков, А. М. Токранов // Вопр. ихтиологии. – 1993. – Т. 33, вып. 3. – С. 388–394.
- Маркевич, А. П. Нові представники *Copepoda parasitica* з родини Ergasilidae [Текст] / А. П. Маркевич // Київський державний університет. – 1940. – Т. IV. – С. 107–123.
- Маркевич, А. П. Паразитические веслоногие рыб СССР [Текст] / А. П. Маркевич. – Киев : Изд-во АН УССР, 1956. – 259 с.
- Маркина, Н. П. Количественное распределение планктона и бентоса в Охотском море [Текст] / Н. П. Маркина, В. И. Чернявский // Изв. ТИНРО. – 1984. – Т. 109. – С. 109–119.
- Марченко, В. И. Биологические характеристика нерестовой популяции восточной бельдюги (*Zoarces elongates* Kner, 1868, Zoarcidae, Perciformes) восточного Сахалина [Текст] / В. И. Марченко // Тр. СахНИРО. – 2004. – Т. 6. – С. 150–159.
- Марченко, С. Л. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / С. Л. Марченко. – Владивосток, 2004. – 24 с.

Матаруева, И. А. Микробиологическая характеристика озера Малая Шарга в связи с особенностями его гидрохимического режима [Текст] / **И. А. Матаруева, О. Г. Матаруев** // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 77. – С. 160–168.

**Материалы** по зоопланктону оз. Тунайча : Отчет о НИР [Текст] / СахТИНРО; отв. исполн. Э. Р. Чернышева. – Ю-Сах. : СахТИНРО, 1978. – 4 с. – Архив СахНИРО. № 4074.

**Материалы** по сельди, собранной в период контрольного лова на протоке Красноармейской оз. Тунайча в мае–июне 1995 года : Отчет [Текст] / СахНИРО; рук. Л. С. Ширманкина. – Ю-Сах. : СахНИРО, 1995. – 10 с. – Архив СахНИРО. № 6907.

**Методические** рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция [Текст]. – Л. : ГОСНИОРХ, 1984. – 33 с.

**Методические** рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России [Текст] : Метод. пособие. – М. : ВНИРО, 2003. – 95 с.

**Методы** определения продукции водных животных (методическое руководство и материалы) [Текст]. – Минск : Вышэйша школа, 1968. – 248 с.

Микишин, Ю. А. Южный Сахалин. Озеро Тунайча [Текст] / **Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков, П. Ф. Бровко** // История озер Севера Азии. – СПб. : Наука, 1995. – С. 112–120. – (Сер.: История озер).

Микодина, Е. В. Сахалинский осетр: краткая хронология работ по изучению его биологии, разработке технологии искусственного воспроизводства и реакклиматизации в природном ареале [Текст] / **Е. В. Микодина, В. Е. Хрисанов** // Результаты и перспективы акклиматизационных работ : Материалы науч.-практ. конф. (Клязьма, 10–13 дек. 2006 г.). – М. : Изд-во ВНИРО, 2008. – С. 79–86.

**Микроорганизмы** в экосистемах Приамурья [Текст] / Под ред. Л. М. Кондратьевой. – Владивосток : Дальнаука, 2000. – 198 с.

**Микулин, А. Е.** Зоогеография рыб : Учеб. пособие [Текст] / А. Е. Микулин. – М. : Изд-во ВНИРО, 2003. – 436 с.

**Мионов, О. Г.** Нефтеокисляющие микроорганизмы в море [Текст] / О. Г. Мионов. – Киев : Наукова думка, 1971. – 233 с.

**Моисеев, П. А.** Треска и камбалы дальневосточных морей СССР [Текст] / П. А. Моисеев // Изв. ТИНРО. – 1953. – Т. 40. – С. 149–160.

**Монаков, А. В.** Питание и пищевые взаимоотношения пресноводных копепод [Текст] / А. В. Монаков. – Л. : Наука, 1976. – 170 с.

**Монаков, А. В.** Питание пресноводных беспозвоночных [Текст] / А. В. Монаков. – М. : Изд-во ИПЭЭ РАН, 1998. – 321 с.

**Мордухай-Болтовской, Ф. Д.** Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона [Текст] / Ф. Д. Мордухай-Болтовской // Тр. проблем. и темат. совещ. Вып. II. Проблемы гидробиологии внутр. вод. – М.–Л. : АН СССР, 1954. – С. 223–241.

Мотылькова, И. В. Весенний фитопланктон озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / **И. В. Мотылькова, Н. В. Коновалова** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 287–294.

Мотылькова, И. В. Динамика фитопланктона лагунного озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / **И. В. Мотылькова, Н. В. Коновалова** // Гидробиол. журн. – 2012. – Т. 48, № 5. – С. 30–38.

- Муратова, М. В.** История развития растительности и климата Юго-Восточной Чукотки в неоген-плейстоцене [Текст] / М. В. Муратова. – М. : Наука, **1973**. – 126 с.
- Мухаметова, О. Н.** Особенности пространственного распределения и развития икры и личинок некоторых промысловых и массовых видов рыб в озере Тунайча (юго-восточный Сахалин) [Текст] / О. Н. Мухаметова // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – **2004**. – Вып. 7. – С. 149–159.
- Мухаметова, О. Н.** Динамика численности ихтиопланктона в поверхностном слое озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / О. Н. Мухаметова // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, **2005**. – Вып. 3. – С. 576–584.
- Мухаметова, О. Н. Ихтиопланктон лагунных озер юго-восточной части острова Сахалин : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / О. Н. Мухаметова. – Ю-Сах. : СахНИРО, **2008**. – 19 с.
- Мухомедиаров, Ф. Б.** Трехиглая колюшка Кандалакшского залива Белого моря [Текст] / Ф. Б. Мухомедиаров // Вопр. ихтиологии. – **1966**. – Т. 6, № 3. – С. 454–468.
- Назаркин, М. В.** Миоценовые рыбы из агневской свиты острова Сахалин: фауна, систематика и происхождение : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / М. В. Назаркин. – Магадан, **2000**. – 428 с.
- Науменко, Н. И.** Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока : Автореф. дис. ... д-ра биол. наук [Текст] / Н. И. Науменко. – М., **2000**. – 45 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–16. Вып. 34. Сах. обл. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 351 с.**
- Неелов, А. В.** Сейсмодатированная система и классификация керчаковых рыб (Cottidae: Muohoscephalinae, Artediellinae) [Текст] / А. В. Неелов. – Л. : Наука, **1979**. – 208 с.
- Никаноров, В. Е.** Внутренние водоемы и любительское рыболовство на Сахалине [Текст] / В. Е. Никаноров. – Ю-Сах. : Сах. книж. изд-во, **1960**. – 115 с.
- Никитин, В. Д.** Гольяны острова Сахалин (систематика, распространение, экология) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / В. Д. Никитин. – М. : ВНИРО, **2010**. – 24 с.
- Никитин, Д. И. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий [Текст] / Д. И. Никитин, Э. С. Никитина. – М. : Наука, **1978**. – 203 с.
- Никифоров, С. Н.** Ихтиофауна пресных вод Сахалина и ее формирование : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / С. Н. Никифоров. – Ю-Сах., **2001**. – 200 с.
- Николаев, И. И.** Очерк структуры и формирования лимнологического цикла водоемов умеренной зоны [Текст] / И. И. Николаев // Озера Карельского перешейка. – Л. : Наука, **1971**. – С. 5–33.
- Никольский, А. М.** Остров Сахалин и его фауна позвоночных животных [Текст] / А. М. Никольский // Зап. Император. АН. – **1889**. – Т. 60, прил. № 5. – 334 с.
- Никольский, Г. В.** Рыбы бассейна Амура [Текст] / Г. В. Никольский. – М. : Изд-во АН СССР, **1956**. – 551 с.
- Никольский, Г. В.** Частная ихтиология [Текст] / Г. В. Никольский. – М. : Высшая школа, **1971**. – 472 с.
- Никольский, Г. В.** Экология рыб / Г. В. Никольский. – М. : Высшая школа, **1974**. – 360 с.
- Никольский, Г. В.** Теория динамики стада рыб [Текст] / Г. В. Никольский. – М. : Пищ. пром-ть, **1974а**. – 448 с.
- Рыбы Приморья [Текст] / **Н. П. Новиков, А. С. Соколовский, Т. Г. Соколовская, Ю. М. Яковлев**. – Владивосток : Дальрыбвтуз, **2002**. – 552 с.

Комплексная экологическая классификация вод суши [Текст] / **О. П. Окснюк, В. Н. Жукинский, Л. П. Брагинский и др.** // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62–76.

**Основы палеонтологии.** Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Бесчелюстные, рыбы [Текст] / Отв. ред. Д. В. Обручев. – М. : Наука, 1964. – 521 с.

**Отчет** о выполнении экспедиционных научно-исследовательских работ на ПТР «Святитель Николай» по хоздоговору 19/01 [Текст] / СахНИРО; отв. исполн. В. С. Лабай. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2001. – 6 с. – Архив СахНИРО. № 8723.

**Отчет** о проведении гидролого-химических исследований вод озера Тунайча в 2002 г. [Текст] / СахУГМС; отв. исполн. Е. Г. Золотухин. – Ю-Сах. : СахУГМС, 2003. – 170 с. – Архив СахУГМС. № 6088.

**Отчет** по обследованию озера Тунайча. Экспедиция «Сахалингосрыбвода» [Текст] / Сахалингосрыбвод; исполн. В. Е. Никоноров, Н. М. Золотарева, Р. З. Вахрудинова. – Ю-Сах. : Сахалингосрыбвод, 1956. – 20 с. – Архив СахНИРО. № 763.

**Палий, В. Ф.** О количественных показателях при обработке фаунистических материалов [Текст] / В. Ф. Палий // Зоол. журн. – 1961. – Т. 40, вып. 1. – С. 3–6.

Парпура, И. З. Биология и внутривидовая дифференциация корюшек Приморья [Текст] / **И. З. Парпура, Н. В. Колпаков** // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – 2001. – Вып. 1. – С. 284–296.

**Пастернак, А. Ф.** Усвояемость пищи и коэффициент использования усвояемой пищи на рост япономорской мизиды *Neomysis mirabilis* (Czerniavsky) [Текст] / А. Ф. Пастернак // Энергетические аспекты роста и обмена водных животных : Тез. докл. – Киев, 1972. – С. 169.

**Перцева-Остроумова, Т. А.** Размножение и развитие дальневосточных камбал [Текст] / Т. А. Перцева-Остроумова. – М. : Наука, 1961. – 486 с.

**Петров, О. М.** Геологическая история Берингова пролива в позднем кайнозое / О. М. Петров // Берингия в кайнозое. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 28–32.

**Пинчук, В. И.** Замечание о дополнении к семейству бычковых Gobiidae в книге Г. У. Линдберга и З. В. Красюковой «Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей», ч. 4 с описанием нового вида *Chaenogobius taranetzi* sp. nov. [Текст] / В. И. Пинчук // Вопр. ихтиологии. – 1978. – Т. 18, № 1. – С. 3–17.

**Пинчук, В. И.** О фауне бычковых Gobiidae Приморья и Сахалина [Текст] / В. И. Пинчук // Вопр. ихтиологии. – 1992. – Т. 32, № 4. – С. 30–36.

**Пинчук, В. И.** О фенотипических и фенетических описания малоротых бычковых дальневосточных родов *Chaenogobius* и *Rhodoniichthys* (Perciformes, Gobiidae) [Текст] / В. И. Пинчук // Зоол. журн. – 1981. – Т. 60, № 10. – С. 1508–1516.

**Пискунов, И. А.** Весенняя сельдь западного побережья южного Сахалина : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / И. А. Пискунов. – Владивосток : Дальневост. филиал АН СССР, 1951. – 15 с.

**Полтева, А. В.** Микробиологическая характеристика воды и донных отложений озера Тунайча [Текст] / А. В. Полтева // Тр. СахНИРО. – 2003. – Т. 5. – С. 251–258.

**Полтева, А. В.** Некоторые характеристики микробного сообщества озера Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / А. В. Полтева // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – Вып. 3. – С. 192–197.

Пометеев, Е. В. Некоторые вопросы питания звездчатой камбалы (*Platichthys stellatus*) северо-восточного шельфа о. Сахалин [Текст] / **Е. В. Пометеев, А. В. Смирнов** // Тр. СахНИРО. – 2006. – Т. 8. – С. 216–231.

**Пометеев, Е. В.** Распределение звездчатой камбалы (*Platichthys stellatus*) на шельфе северо-восточного побережья о. Сахалин [Текст] / Е. В. Пометеев // Тр. СахНИРО. – 2004. – Т. 6. – С. 76–86.

**Пометеев, Е. В.** Распределение и запасы звездчатой камбалы северо-восточного побережья Сахалина [Текст] / Е. В. Пометеев // Прибреж./ рыболовство – XXI век : Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Ю-Сах., 2001. – С. 95–96.

**Поползин, А. Г.** Проблема зональной типологии озер юга Обь-Иртышского бассейна [Текст] / А. Г. Поползин // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. – М. : Наука, 1967. – С. 283–289.

**Практикум по микробиологии** [Текст] / Под ред. Н. С. Егорова. – М. : Изд-во МГУ, 1976. – 307 с.

**Природа Корсаковского района** [Текст] / Под ред. П. Ф. Бровко. – Владивосток : Изд. Дальневост. ун-та, 1995. – 96 с.

Пробатов, А. Н. Сельдь озера Тоная [Текст] / А. Н. Пробатов, А. И. Фролов // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 35. – С. 97–104.

**Раков, П. В.** Распределение и запасы двустворчатого моллюска *Corbicula japonica* в эстуарии р. Гладкая [Текст] / П. В. Раков // II регион. конф. по актуальным проблемам мор. биологии, экологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых (4–5 нояб. 1999 г., Владивосток). – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 1999. – С. 115–116.

**Расс, Т. С.** Инструкция по поиску рыбы по плавающей икре [Текст] / Т. С. Расс. – Пекин, 1965. – 31 с.

Расс, Т. С. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб [Текст] / Т. С. Расс, И. И. Казанова. – М. : Пищ. пром-ть, 1966. – 43 с.

**Результаты** обследования оз. Тунайча и рекомендации по его биологической мелиорации : Отчет о НИР [Текст] / СахТИНРО; отв. исполн. Э. Х. Сабитов. – Ю-Сах. : СахТИНРО, 1977. – 8 с. – Архив СахНИРО. № 3993.

**Рекомендации** по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Курисио [Текст]. – Владивосток : ТИНРО, 1987. – 70 с.

**Роготнев, М. Г.** Сезонная динамика биомассы и численности массовых видов высших раков (Crustacea: Malacostraca) озера Тунайча и их продукция [Текст] / М. Г. Роготнев // Тр. СахНИРО. – 2003. – Т. 6. – С. 280–292.

Роготнев, М. Г. Сравнительная характеристика питания некоторых массовых прибрежных рыб озера Тунайча (юго-восточный Сахалин) [Текст] / М. Г. Роготнев, В. С. Лабай, Н. К. Заварзина // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – Вып. 3. – С. 566–576.

**Родина, А. Г.** Методы водной микробиологии [Текст] / А. Г. Родина. – Л. : Наука, 1965. – 364 с.

Романов, Н. С. Морфологическая изменчивость карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) (Cypriniformes, Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока [Текст] / Н. С. Романов, М. Ю. Ковалев // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – 2003. – Вып. 2. – С. 407–416.

**Руководство** по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Текст] / Под ред. проф. В. А. Абакумова. – СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. – 318 с.

**Руководство** по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений [Текст]. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.

Румянцев, А. И. Миграции и распределение сельдей в водах Сахалина [Текст] / **А. И. Румянцев, А. И. Фролов, Б. М. Козлов.** – М. : ВНИРО, 1958. – 44 с.

**Рыбникова, И. Г.** Популяционная структура тихоокеанской сельди *Clupea pallasi* (Valenciennes) Японского и Охотского морей : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / И. Г. Рыбникова. – Владивосток, 1999. – 23 с.

**Савваитова, К. А.** Кунджа *Salvelinus leucomaenis* (Pall.) озер южного Сахалина [Текст] / К. А. Савваитова // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. – М. : МГУ, 1964. – С. 154–167.

Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (южный Сахалин) в летний период [Текст] / **А. Д. Саматов, В. С. Лабай, И. В. Мотылькова и др.** // Тр. СахНИРО. – 2002. – Т. 4. – С. 258–269.

Гидролого-гидрохимическая характеристика озера Тунайча [Текст] / **В. В. Сапожников, А. А. Белов, О. Н. Лукьянова, Н. И. Торгунов** // Прибреж. рыболовство и аквакультура: аналит. и реферат. информ. – М. : ВНИЭРХ, 2006. – Вып. 4. – С. 19–41.

**Сафронов, С. Н.** Экология дальневосточной наваги шельфа Сахалина и южных Курильских островов : Дис. ... канд. биол. наук [Текст] / С. Н. Сафронов. – Ю-Сах. : ЮСГПИ, 1986. – 223 с.

**Сафронов, С. Н.** Состояние и перспективы рыбохозяйственного освоения внутренних водоемов Сахалина [Текст] / С. Н. Сафронов // Эколог. основы рац. природопользования на Сах. и Курил. о-вах : IV науч.-практ. конф. – Ю-Сах. : Сах. книж. изд-во, 1990. – С. 161–164.

Сафронов, С. Н. Биология серебряного карася *Carassius auratus gibelio* озер юга Сахалина [Текст] / **С. Н. Сафронов, Т. С. Чан.** – Ю-Сах. : ЮСГПИ, 1994. – 56 с. – Деп. в ВИНТИ. 1994. № 589-В95.

Сафронов, С. Н. Амурский сазан *Cyprinus carpio haematopterus* внутренних водоемов Сахалина (экология, результаты акклиматизации) [Текст] / **С. Н. Сафронов, Е. С. Демьяник.** – Ю-Сах. : ЮСГПИ, 1995. – 56 с. – Деп. в ВИНТИ. 04.04.95. № 917-В95.

Сафронов, С. Н. Видовой состав и распределение ихтиофауны пресных и солоноватых вод Сахалина [Текст] / **С. Н. Сафронов, С. Н. Никифоров** // Материалы XXX науч.-метод. конф. преподавателей ЮСГПИ (апр. 1995 г.) : Докл. и тез. докл. – Ю-Сах. : Изд-во ЮСГПИ, 1995. – Ч. II. – С. 112–124.

Сафронов, С. Н. Морфометрическая характеристика и распределение сибирского гольца *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) (Balitoridae, Pisces) Сахалина [Текст] / **С. Н. Сафронов, Н. К. Ни** // Вторая регион. конф. по актуальным проблемам мор. биологии, экологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых (4–5 нояб. 1999 г., Владивосток). – Владивосток : Изд-во ДВГУ, 1999. – С. 126–127.

Сафронов, С. Н. Список рыбообразных и рыб пресных и солоноватых вод Сахалина [Текст] / **С. Н. Сафронов, С. Н. Никифоров** // Вопр. ихтиологии. – 2003. – Т. 43, вып. 1. – С. 42–53.

Морфологическая характеристика и экология кунджи *Salvelinus leucomaenis* острова Сахалин [Текст] / **С. Н. Сафронов, В. Д. Никитин, А. А. Живоглазов, А. С. Сафронов** // Ученые зап. СахГУ. – 2005. – Вып. 5. – С. 24–39.

Кефаль-лобан *Mugil cephalus* (Mugilidae) прибрежных вод Сахалина [Текст] / **С. Н. Сафронов, В. Д. Никитин, А. В. Метленков и др.** // Тр. СахНИРО. – 2006. – Т. 8. – С. 29–49.

Сафронова, Р. К. Зообентос и питание амурского сазана озер охотской группы южного Сахалина [Текст] / Р. К. Сафронова, С. Н. Сафронов // Распред. и рац. использ. вод. зооресурсов Сах. и Курил. о-вов. – Владивосток : Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 22–31.

**Сахалинская область:** географический очерк. Приложение к «Атласу Сахалинской области. Ресурсы и экономика» [Текст]. – Ю-Сах., 1994. – 234 с.

**Световидова, А. А.** Материалы по ихтиофауне, возрастному составу и темпу роста рыб оз. Далайнор (Китайская Народная Республика) [Текст] / А. А. Световидова // Зоол. журн. – 1960. – Т. 39, вып. 2. – С. 250–262.

**Свирская, Н. Л.** Методические указания по исследованию зоопланктона для определения состояния фоновых пресноводных экосистем [Текст] / Н. Л. Свирская. – М. : Гидрометеиздат, 1987. – 25 с.

**Семенченко, А. Ю.** Приморская сима. Популяционная экология, морфология, воспроизводство [Текст] / А. Ю. Семенченко. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. – 192 с.

**Семенченко, А. Ю.** Фауна и структура рыбных сообществ в ритрале рек Приморья [Текст] / А. Ю. Семенченко // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 217–228.

Сидоров, Л. К. Морфологические особенности озерных форм малоротой корюшки рода *Hypomesus* (Salmoniformes) южных Курильских островов [Текст] / Л. К. Сидоров, М. Ю. Пичугин // Вопр. ихтиологии. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 484–495.

**Сиренко, Л. А.** Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю [Текст] / Л. А. Сиренко // Науч. основы контроля качества вод по гидробиол. показателям. – Л., 1981. – С. 137–154.

**Скрябин, К. И.** Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека [Текст] / К. И. Скрябин. – М. : Изд. 1-го МГУ, 1928. – 45 с.

**Смирнов, А. И.** Биология, размножение, и развитие тихоокеанских лососей [Текст] / А. И. Смирнов. – М. : Изд. МГУ, 1975. – 335 с.

**Соколов, С. Г.** Паразиты колюшковых рыб (Gasterosteidae) бассейна р. Утхолок (северо-западная Камчатка) [Текст] / С. Г. Соколов // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. – 2010. – № 3. – С. 56–66.

**Соловов, В. П.** Принципы выделения биологических сезонов года в водоемах умеренной зоны [Текст] / В. П. Соловов // V съезд гидробиол. общества : Тез. докл. – Тольятти, 1986. – Т. 2. – С. 152–153.

**Справочник** по физической географии Сахалинской области [Текст]. – Ю-Сах., 2003. – 111 с.

**Старобогатов, Я. И.** Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара [Текст] / Я. И. Старобогатов. – Л. : Наука, 1970. – 372 с.

**Старобогатов, Я. И.** Плиоцен-плейстоценовые связи, происхождение и зоогеография малакофауны азиатской окраины Берингии [Текст] / Я. И. Старобогатов // Биогеография Берингийского сектора Субарктики. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. – С. 58–63.

Студеникина, Е. И. Микробиологические процессы в Азовском море в условиях антропогенного воздействия [Текст] / Е. И. Студеникина, Л. И. Толоконникова, С. П. Воловик. – М. : ФГУП «Нацрыбресурс», 2002. – 168 с.

Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов центральной России. Т. 1 [Текст] / В. Е. Судариков, А. А. Шигин, Ю. В. Курочкин и др. – М. : Наука, 2002. – 77 с.

Сушеня, Л. М. Интенсивность дыхания ракообразных [Текст] / Л. М. Сушеня. – Киев : Наукова думка, 1972. – 196 с.

Таранец, А. Я. Пресноводные рыбы в бассейнах северо-западной части Японского моря [Текст] / А. Я. Таранец // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1936. – Т. 4. – С. 483–537.

Таранец, А. Я. Материалы к познанию ихтиофауны Советского Сахалина [Текст] / А. Я. Таранец // Изв. ТИНРО. – 1937. – Т. 12. – С. 5–44.

Таранец, А. Я. К зоогеографии Амурской переходной области на основе изучения пресноводной ихтиофауны [Текст] / А. Я. Таранец // Вестн. ДВФАН СССР. – 1938. – № 22. – С. 99–116.

Тиллер, И. В. Возраст и рост трехиглой колюшки озера Дальнего [Текст] / И. В. Тиллер // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 82. – С. 219–227.

Токранов, А. М. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / А. М. Токранов. – Владивосток, 1985. – 22 с.

Трофимов, И. К. К вопросу о времени проникновения сельди *Clupea harengus pallasi* в Тихий океан [Текст] / И. К. Трофимов // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Материалы IV науч. конф. (18–19 нояб. 2003 г.). – П-Камчат., 2003. – С. 143–144.

Трофимов, И. К. Озерные сельди Камчатки : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / И. К. Трофимов. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2004. – 23 с.

Трофимов, И. К. Озерная форма сельди: ее происхождение и распространение [Текст] / И. К. Трофимов // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 142. – С. 64–81.

Тугарина, П. Я. Питание амурского сазана *Suiprinus carpio heameatopterus* Temm. Et Schleg и его пищевые взаимоотношения с туводными рыбами в оз. Гусином (бассейн Байкала) [Текст] / П. Я. Тугарина, В. Н. Ельцова // Вопр. ихтиологии. – 1974. – Т. 14, вып. 4. – С. 667–678.

Уломский, С. Н. К вопросу о методике определения видовой биомассы планктона [Текст] / С. Н. Уломский // Изв. ВНИОРХ. – М. : Пищепромиздат, 1952. – Т. 30. – С. 108–118.

Умнов, А. А. Соотношение продукции с общим потоком энергии через популяцию [Текст] / А. А. Умнов, А. Ф. Алимов // Общие основы изуч. вод. экосистем. – Л., 1979. – С. 33–38.

Усова, Н. П. О гидробиологическом состоянии озера Тунайча [Текст] / Н. П. Усова, В. И. Филатова, Э. Р. Чернышева // Распред. и рац. использ. вод. зооресурсов Сах. и Курил. о-вов. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 8–17.

Фадеев, Н. С. Северотихоокеанские камбалы (распространение и биология) [Текст] / Н. С. Фадеев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 175 с.

Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря [Текст] / В. В. Федоров, И. А. Черешнев, М. В. Назаркин и др. – Владивосток : Дальнаука, 2003. – 196 с.

Федоров, В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности [Текст] / В. Д. Федоров. – М. : МГУ, 1979. – 166 с.

Федотова, Л. А. Динамика стада сазана Бухтарминского водохранилища и пути его воспроизводства [Текст] / Л. А. Федотова, А. П. Чернышев // Гидробиология и ихтиология. – Душанбе : Изд-во АН Таджикской ССР, 1969. – С. 147–156.

**Френкель, С. Э.** Питание молоди заводской кеты в озере Тунайча (южный Сахалин) [Текст] / С. Э. Френкель // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2008. – Вып. 4. – С. 284–291.

**Фридлянд, И. Г.** Молодь рыб у западного побережья Сахалина [Текст] / И. Г. Фридлянд // Изв. ТИНРО. – 1949. – Т. 31. – С. 193–196.

**Фролов, А. И.** Морфологическая характеристика сельдей вод Сахалина [Текст] / А. И. Фролов // Изв. ТИНРО. – 1964. – Т. 55. – С. 39–53.

**Фролов, А. И.** Распределение и условия обитания озерных сельдей в водах Сахалина [Текст] / А. И. Фролов // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 20–41.

**Фролов, Е. В.** Плоские черви (Plathelminthes) промысловых рыб прибрежных вод южного Сахалина : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Е. В. Фролов; ИПЭиЭ им. А. Н. Северцова РАН. – М., 2008. – 24 с.

Гидрохимические и микробиологические характеристики Гусино-Убукунских водоемов [Текст] / **В. В. Хахинов, Б. Б. Намсараев, И. Д. Ульзетуева и др.** // Вод. ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 1. – С. 79–84.

**Хлебович, В. В.** Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий [Текст] / В. В. Хлебович // Биология солоноватых вод. – Л. : ЗИН АН СССР, 1989. – С. 5–11.

**Хмелева, Н. Н.** Биология и энергетический баланс морских равноногих ракообразных [Текст] / Н. Н. Хмелева. – Киев, 1973. – 183 с.

**Худя, В. Н.** О динамике численности нерестовой части популяции наваги северной части Татарского пролива [Текст] / В. Н. Худя // Изв. ТИНРО. – 1980. – Т. 104. – С. 134–139.

**Черешнев, И. А.** Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны северо-востока России [Текст] / И. А. Черешнев. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 197 с.

Черешнев, И. А. О распространении малоротых корюшек рода *Hypomesus* (Osmeridae) в северной части Охотского моря [Текст] / **И. А. Черешнев, А. В. Шестаков, М. Б. Скопец** // Вопр. ихтиологии. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 486–491.

Черешнев, И. А. Первое массовое появление кефали – лобана *Mugil cephalus* (Mugilidae) в Тауйской губе (северная часть Охотского моря) [Текст] / **И. А. Черешнев, А. В. Шестаков** // Вопр. ихтиологии. – 2001. – Т. 41, № 3. – С. 382–386.

Черешнев, И. А. Определитель пресноводных рыб Северо-Востока России [Текст] / **И. А. Черешнев, А. В. Шестаков, М. Б. Скопец.** – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 128 с.

Черешнев, И. А. К систематике малоротых корюшек рода *Hypomesus* (Osmeridae) залива Петра Великого Японского моря [Текст] / **И. А. Черешнев, А. В. Шестаков, С. В. Фролов** // Биология моря. – 2001а. – Т. 27, № 5. – С. 340–346.

Лососевидные рыбы Северо-Востока Азии [Текст] / **И. А. Черешнев, В. В. Волбуев, А. В. Шестаков, С. В. Фролов.** – Владивосток : Дальнаука, 2002. – 496 с.

Чернышева, Э. Р. К нахождению в озерах Охотской группы (южный Сахалин) планктонных рачков – паразитов рыб [Текст] / **Э. Р. Чернышева, Э. Х. Сабитов** // Итоги исслед. по вопр. рац. использ. и охраны биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. науч.-практ. конф. Секция Мед. география и охрана природы (Ю-Сах., 1981). – Ю-Сах., 1981. – С. 43–45.

**Численко, Л. Л.** Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела [Текст] / Л. Л. Численко. – Л. : Наука, 1968. – 105 с.

**Чуриков, А. А.** Экологические взаимоотношения лососевидных рыб в заливах северо-восточного Сахалина : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / А. А. Чуриков. – М. : ВНИРО, 1978. – 24 с.

Чуриков, А. А. Дополнение к диагнозу дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* (Сургинidae) [Текст] / А. А. Чуриков, Э. Х. Сабитов // Вопр. ихтиологии. – 1982. – Т. 22, вып. 5. – С. 881–883.

**Шадрин, А. М.** Развитие дальневосточных корюшковых (Osmeridae) в условиях разной солености : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / А. М. Шадрин, ВНИРО. – М. : ВНИРО, 1989. – 23 с.

**Шадрин, А. М.** Эмбрионально-личиночное развитие корюшковых (Osmeridae) Дальнего Востока. IV. *Hypomesus nipponensis* [Текст] / А. М. Шадрин // Вопр. ихтиологии. – 1989а. – Т. 29, вып. 6. – С. 960–972.

**Шадрин, А. М.** Эмбрионально-личиночное развитие корюшковых (Osmeridae) Дальнего Востока. III. Морская малоротая корюшка *Hypomesus japonicus* [Текст] / А. М. Шадрин // Вопр. ихтиологии. – 1989 б. – Т. 29, вып. 2. – С. 289–301.

**Шадрин, А. М.** Эмбрионально-личиночное развитие корюшковых (Osmeridae) Дальнего Востока. V. *Hypomesus olidus* [Текст] / А. М. Шадрин // Вопр. ихтиологии. – 1994. – Т. 34, вып. 1. – С. 74–87.

Шедько, М. Б. Паразитические копеподы родов *Salmincola* и *Tracheliastes* (Lernaeopodidae) рыб пресных вод острова Сахалин [Текст] / М. Б. Шедько, С. А. Виноградов, С. В. Шедько // Паразитол. исслед. в Сибири и на Дальнем Востоке : Материалы I межрегион. науч. конф. (8–10 окт. 2002 г.). – Новосибирск : Изд. комплекс «Лада», 2002. – С. 214–218.

Шедько, М. Б. Фауна пресноводных паразитических копепод семейства Lernaeopodidae (Crustacea: Copepoda) рыб острова Сахалин [Текст] / М. Б. Шедько, С. В. Шедько, С. А. Виноградов // Растит. и живот. мир о. Сахалин : Материалы Междунар. сах. проекта. – 2005. – Ч. 2. – С. 52–63.

**Шедько, С. В.** О видовом составе корюшек (Osmeridae) в водах Приморья [Текст] / С. В. Шедько // Вопр. ихтиологии. – 2001. – Т. 41, вып. 2. – С. 261–264.

**Шедько, С. В.** Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья [Текст] / С. В. Шедько // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2001а. – Вып. 1. – С. 229–249.

**Шедько, С. В.** О таксономическом статусе *Leuciscus sachalinensis* Nikolsky, 1889 (Сургинiformes, Сургинidae) [Текст] / С. В. Шедько // Вопр. ихтиологии. – 2005. – Т. 45, № 4. – С. 475–481.

**Шепелева, О. Н.** Состояние запасов и перспективы промысла наваги Сахалина и Курильских островов [Текст] / О. Н. Шепелева // Экология мор. гидробионтов. Мор. экосистемы : Тез. докл. конф. молодых ученых ТИНРО (Владивосток, 19–21 мая 1992 г.). – 1992. – С. 43–44.

**Шлегель, Г.** Общая микробиология [Текст] / Г. Шлегель. – М. : Мир, 1987. – 567 с.

**Шмидт, П. Ю.** Рыбы восточных морей Российской империи [Текст] / П. Ю. Шмидт. – СПб. : ИРГО, 1904. – 466 с.

Шустин, В. А. Гидродинамические условия преодоления экологического кризиса озера Тунайча (залог экологической устойчивости озера Тунайча – хорошая связь с морем) [Текст] / В. А. Шустин, Д. Е. Золотухин, А. В. Файн // Мор. исслед. и технологии изуч. природы Мирового океана : Сб. ст. – Владивосток : ДВО РАН, 2005. – Вып. 1. – С. 82–95.

**Щукина, Г. Ф.** Азиатская корюшка *Osmerus mordax dentex* шельфовых вод Сахалина и южных Курильских островов (распределение, биология, популяционная структура) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Г. Ф. Щукина. – Владивосток, 1999а. – 23 с.

**Щукина, Г. Ф.** Биологические основы внутривидовой дифференциации зубастой корюшки *Osmerus mordax* в водах Сахалина [Текст] / Г. Ф. Щукина // Тр. СахНИРО. – 1999. – Т. 2. – С. 74–84.

**Экологическое** описание и рыбохозяйственная характеристика озера Тунайча : Отчет о НИР [Текст] / СахНИРО; отв. исполн. В. С. Лабай, П. К. Гудков. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2002. – 133 с. – Архив СахНИРО. № 9258.

Эллиотт, Дж. М. Выбор пробоотборника для бентосных макробеспозвоночных в глубоких реках [Текст] / Дж. М. Эллиотт, С. М. Дрейк, П. А. Тулетт // Науч. основы контроля качества поверхностных вод по гидробиол. показателям : Тр. II сов.-англ. семинара. – Л. : Гидрометиздат, 1981. – С. 230–245.

Явнов, С. В. Корбикула [Текст] / С. В. Явнов, П. В. Раков. – Владивосток : ТИПРО-Центр, 2002. – 145 с.

Амаока, К. The fishes of Northern Japan [Text] / К. Амаока, К. Nakaya, M. Yabe. – Hakodate : Hokkaido University, 1995. – 390 p.

Coexistence of anadromous and lacustrine life histories of the shirauo, *Salangichthys microdon* [Text] / Т. Arai, H. Hayano, H. Asami, N. Miyazaki // Fish. Oceanography. – 2003. – Vol. 12, No. 2. – P. 134–139.

Armentrout, J. Late Miocene climatic cycles of the Yakataga Formation, Robinson Mountains, Gulf of Alaska area [Text] / J. Armentrout, R. Echols, K. Nash // Correlation of Tropical trough High Latitude Marine Neogene Deposits of the Pacific Basin. – Stanford, 1978. – Vol. 29. – P. 3–4.

Asami, H. Population dynamic and production of *Sinocalanus tenellus* (Kikuchi) (Copepoda, Calanoida) in Lake Abashiri, a brackish water, eastern Hokkaido, Japan [Text] / H. Asami, Y. Ito // Bull. Plankton Soc. Jap. – 2003. – Vol. 50, No. 2. – P. 67–78.

Asami, H. Early life ecology of Japanese smelt (*Hypomesus nipponensis*) in Lake Abashiri, a brackish water, eastern Hokkaido [Text] / H. Asami // Sci. rep. of HFES, Yoichi, Japan. – 2004. – No. 67. – P. 1–79.

Boltovskoy, D. Feeding selectivity of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) on natural phytoplankton [Text] / D. Boltovskoy, I. Izaguirre, N. Correa // Hydrobiologia. – 1995. – Vol. 312, No. 3. – P. 171–182.

Chow, S. Population genetics of the palaemonid shrimps (Decapoda: Crustacea) II. Genetic variability and differentiation of species [Text] / S. Chow, Y. Fujio // Tohoku Journal of Agricultural Research. – 1985. – Vol. 36, No. 2. – P. 109–116.

Using newly developed microbial methods for multy-factor fast estimation of quality of marine enviroment and its preservation from oil, phenol and biogenic pollution [Text] / G. Yu. Dimitrieva, S. M. Dimitriev, O. A. Drozdovskaya, O. Y. Tkachenko // Intern. symp. on preservation of the enviroment of the Japan Sea. Kanazawa, Japan, 12 December 1997. – Kanazawa, 1997. – P. 17–35.

Dimitrieva, G. Yu. The role of microorganisms in control and reservation of marine coastal environment [Text] / G. Yu. Dimitrieva // Proc. Intern. Symp. Earth-Water-Humans, Kanazawa, Japan, 1999. – Kanazawa, 1999. – P. 22–35.

Douglas, R. G. Isotopic analyses of planktonic foraminifera from the Cenozoic of the Northwest Pacific, Leg 6 [Text] / **R. G. Douglas, S. M. Savin** // Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. – Washington : U. S. Government Printing Office, **1971**. – Vol. 6. – P. 1123–1127.

**Epstein, S. S.** Microbial food webs in marine sediments. Seasonal changes in trophic interactions in a sandy tidal flat community [Text] / S. S. Epstein // Microbial Ecology. – **1997**. – Vol. 34. – P. 199–209.

**Fenchel, T.** Ecology of heterotrophic microflagellates. Quantitative occurrence and importance as consumers of bacteria [Text] / T. Fenchel // Marine Ecology Progress Series. – **1982**. – Vol. 9. – P. 35–42.

Fidhiany, L. Trait differences among localities in *Palaemon paucidens* [Text] / **L. Fidhiany, A. Kijimo, Y. Fujio** // Tohoku Journal of Agricultural Research. – **1989**. – Vol. 40, No. 1–2. – P. 9–18.

**Hamada, K.** Taxonomic and ecological studies of the genus *Hypomesus* of Japan [Text] / K. Hamada // Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – **1961**. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–55.

Hanek, G. *Ergasilus auritus* Markewitsch, 1940 (Copepoda: Ergasilidae) from *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 in Newfoundland [Text] / **G. Hanek, W. Therlfall** // Can. J. Zool. – **1970**. – Vol. 48. – P. 185–187.

**Hart, P. J. B.** Habitat use and feeding behaviour in two closely related fish species, the three-spined and nine-spined stickleback: an experimental analysis [Text] / P. J. B. Hart // Journal of Animal Ecology. – **2003**. – Vol. 72. – P. 777–783.

Hay, D. E. Tagging of Pacific herring *Clupea pallasii* from 1936–1992: a review with comments on homing, geographic fidelity, and straying [Text] / **D. E. Hay, P. B. McCarter, K. S. Daniel** // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – **2001**. – Vol. 58. – P. 1356–1370.

Taking stock: an inventory and review of world herring stocks in 2000 [Text] / **D. E. Hay, R. Toresen, R. Stephenson et al.** // Proceedings of the Symposium Herring 2000: Expectations for a New Millennium, February, 2000. – Anchorage, Alaska, USA : **2001a**. – Vol. 18. – P. 381–454.

**Heron, G. A.** Seven species of Eurytemora (Copepoda) from northwestern North America [Text] / G. A. Heron // Crustaceana. – **1964**. – Vol. 7, Part. 3. – P. 199–211.

Hirose, T. Sediment size composition as an important factor in the selection of spawning site by Japanese surf smelt *Hypomesus japonicus* [Text] / **T. Hirose, K. Kawaguchi** // Fisheries Science. – **1998**. – Vol. 64, No. 6. – P. 995–996.

**Kabata, Z.** Revision of the genus *Salmincola* Wilson, 1915 (Copepoda: Lernaeopodidae) [Text] / Z. Kabata // J. Fish. Res. Bd. Canada. – **1969**. – Vol. 26. – P. 2987–3041.

**Kanno, Y.** Variations in meristic and morphometric characters among populations of herring *Clupea pallasii* in the Far Eastern Waters [Text] / Y. Kanno // Nippon Suisan Gakkaishi. – **1989**. – Vol. 55, No. 3. – P. 431–439.

Coexistence of anadromous and resident life history styles of pond smelt, *Hypomesus nipponensis*, in Lake Ogawara, Japan, as determined by analyses of otolith structure and strontium: calcium ratios [Text] / **S. Katayama, R. L. Radtke, M. Omori, D. J. Shafer** // Environmental Biology of Fishes. – **2000**. – Vol. 58. – P. 195–201.

Katayama, S. Comparison of body length and age between sea-run and resident wakasagi, *Hypomesus nipponensis*, in Lake Ogawara, Honsyu, Japan [Text] / **S. Katayama, M. Omori** // Tohoku J. of Agric. Res. – **2002**. – Vol. 53, No. 1–2. – P. 1–9.

Kawanabe, H. Freshwater Fishes in Japan [Text] / **H. Kawanabe, K. Hayashi, Y. Nagata**. – Tokyo : Tokai univ. press, **1987**. – 187 p.

- Kawanabe, H.** Japanese charrs and masu – salmon problems: a review [Text] / H. Kawanabe // *Physiol. Ecol. Jpn. Spec. Publ.* – **1989.** – No. 1. – P. 13–24.
- Keller, G.** Late Neogene Paleooceanography and planctonic foraminiferal datum levels of mid-latitudes of the North Pacific [Text] / G. Keller // *Stanford Univ. Pubis. Geol. Sci.* – **1978.** – Vol. 14. – P. 28–29.
- Kobayashi, T.** Biochemical analyses of genetic variability and divergence of populations in Pacific herring [Text] / T. Kobayashi // *Bull. Nat. Inst. Far Seas Fish.* – **1993.** – No. 30. – P. 1–77.
- Kruglov, N. D. Guide to recent molluscs of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes) of Palaearctic and adjacent river drainage areas. Part 1 [Text] / **N. D. Kruglov, Ya. I. Starobogotov** // *Ruthenica.* – **1993.** – Vol. 3, No. 1. – P. 65–92.
- Kubo, I.** Studies on Japanese palaemonid shrimps. III. Leander [Text] / J. Kubo // *Jour. Imp. Fishery Inst.* – **1942.** – Vol. 35. – P. 17–85.
- Labay, V. S.** A new species of *Melita* Leach (Amphipoda: Melitidae) from oligosaline waters of Russian Far East [Text] / V. S. Labay // *Zootaxa.* – **2003.** – No. 356. – P. 1–8.
- McAllister, D. E.** A revision of the smelt family, Osmeridae [Text] / D. E. McAllister. – **1963.** – 53 p. – (Bull. Nat. Mus. Canada. No. 191).
- Miyadi, D. Colored illustrations of the freshwater fishes of Japan. New edition completely revised [Illustrations] / **D. Miyadi, H. Kawanabe, N. Mizuno.** – Osaka : Hoikusha Publishing Co., Ltd., **1989.** – 462 p. – (In Japanese).
- Moukhametova, O. N.** Some data about spawn of Pacific herring *Clupea pallasii* in the Lake of Tunaicha (Southeastern Sakhalin) [Text] / O. N. Moukhametova // Abstracts of 1 First International Symposium on Fish Biodiversity of Amur River fresh waters and adjacent rivers (Abstracts), 29 October – 1 November 2002. Khabarovsk, Russia. – Khabarovsk, **2002.** – P. 26–27.
- Nagasawa, K. Fishes and Marine Invertebrates of Hokkaido: Biology and Fisheries [Text] / **K. Nagasawa, M. Torisawa.** – Sapporo : Kita-nihon Kaiyo Center Company, Ltd, **1991.** – 415 p.
- Nishino, M.** Geographical variations in body size, brood size and egg size of a freshwater shrimp, *Palaemon paucidens* De Haan, with some discussion on brood habit [Text] / M. Nishino // *The Japanese Journal of Limnology.* – **1980.** – Vol. 41, No. 4. – P. 185–202.
- Petersen, C. G. J.** The sea bottom and its production of fish-food: A survey of the work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883–1917 [Text] / C. G. J. Petersen // *Repts. Dan. Biol. Stat.* – **1918.** – No. 25. – P. 1–62.
- Pushnikova, G. M.** Features of the Southwest Okhotsk Sea Herring [Text] / G. M. Pushnikova // *Proceedings of the Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas. PICES scientific report.* – **1996.** – Vol. 6. – P. 378–383.
- Roberts, L. S.** *Ergasilus* (Copepoda: Cyclopoida): revision and key to species in North America [Text] / L. S. Roberts // *Trans. Amer. Microsc. Soc.* – **1970.** – Vol. 89, No. 1. – P. 134–161.
- Safronov, S. N. Invasion of the Amur River Fishes to Southern Sakhalin Water Bodies [Text] / **S. N. Safronov, V. D. Nikitin, A. V. Metlenkov** // *Second international symposium on ecology and fishery biodiversity in large rivers of northeast Asia and western north America.* – Harbin, China, **2007.** – P. 110–116.

**Sakai, H.** Life-histories and genetic divergence in three species of *Tribolodon* (Cyprinidae) [Text] / H. Sakai // Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – **1995**. – Vol. 42, No. 1/2. – P. 1–98.

Saruwatari, T. A revision of the osmerid genus *Hypomesus* Gill (Teleostei: Salmoniformes), with the description of a new species from the southern Kuril Islands [Text] / **T. Saruwatari, J. A. Lopez, T. W. Pietsch** // Spec. diversity. – **1997**. – Vol. 2, No. 1. – P. 59–82.

**Shirashi, Y.** The fisheries biology and population dynamics of pond-smelt, *Hypomesus olidus* (Pallas) [Text] / Y. Shirashi // Bull. of Freshwater Fish. Res. Lab. – **1961**. – Vol. 10, No. 3. – P. 1–263.

**Starobogatov, Ya. I.** Taxonomy and geographical distribution of crayfishes of Asia and East Europe (Crustacea, Decapoda, Astacoidei) [Text] / Ya. I. Starobogatov // Arthropoda Selecta. – **1995**. – Vol. 4, No. 3–4. – P. 3–25.

**Stevenson, D. E.** Discovery of the holotype of *Chaenogobius annularis* Gill (Perciformes: Gobiidae) and its taxonomic consequences [Text] / D. E. Stevenson // Copeia. – **2000**. – No. 3. – P. 835–840.

**Takayanagi, T.** Ecological peculiarities of the local herring distributing in the Sea of Japan off the shores of Hokkaido [Text] / T. Takayanagi // Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Resources and Aquaculture Series. – **2000**. – Vol. 48. – P. 11–18. – (In Japanese).

**Torisawa, M.** Life history polymorphism and the population dynamics of wakasagi (*Hypomesus nipponensis*) in lake Abashiri, Hokkaido, Japan [Text] / M. Torisawa // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Station. – **1999**. – No. 56. – 117 p.

**Yanagawa, H.** Studies on the local form and dispersal of the Chika, *Hypomesus pretiosus japonicus* (Brevoort) in Japan [Text] / H. Yanagawa // Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – **1981**. – Vol. 27, No. 1/2. – P. 1–78.

Yochimizu, M. Study on intestinal microflora of salmonids [Text] / **M. Yochimizu, T. Kimura** // Fish. Pathol. – **1976**. – Vol. 10, No. 2. – P. 243–259.

**Yokoya, Y.** On the metamorphosis of two Japanese freshwater shrimps, *Paratya compressa* and *Leander paucidens*, with reference to the development of their appendages [Text] / Y. Yokoya // Jour. Coll. Agric. – **1931**. – Vol. 11, No. 2. – P. 75–144.

# СЕРГЕЙ НИКИТИЧ САФРОНОВ

## (30.08.1946—26.02.2011)

Кандидат биологических наук, академик Российской академии естественных наук,  
академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности

Родился в д. Столбы Брянской области. В 1953 году вместе с родителями переехал на Сахалин. В 1966 году окончил Иркутский пушно-меховой техникум по специальности «охотовед-зверовод». Работал тренером по пулевой стрельбе, лаборантом кафедры зоологии позвоночных, кафедры ихтиологии и биологических основ рыболовства Иркутского государственного университета им. А. А. Жданова. Одновременно обучался на вечернем отделении этого же университета, который окончил в 1972 году по специальности «биолог, преподаватель биологии и химии».

В 1974 году вернулся на Сахалин и поступил на работу в Сахалинский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) на должность младшего научного сотрудника, а затем и старшего научного сотрудника лаборатории морских промысловых рыб и океанографии.

Без отрыва от основной работы в 1977–1981 годах окончил заочную аспирантуру при ТИНРО, подготовил диссертационную работу на тему «Экология дальневосточной наваги шельфа Сахалина и южных Курильских островов», которую блестяще защитил в 1986 году на ученом совете при президиуме ДВНЦ Академии наук СССР в г. Владивостоке. За годы работы в СахНИРО рекомендовал себя как выдающийся ученый с широким научным интересом в области морских и прибрежных рыбохозяйственных исследований, с колоссальной работоспособностью, большой принципиальностью в отстаивании научных идей и методов, как человек, сполна наделенный духовными качествами.

Его непосредственные исследования и публикации в профильных научных журналах на долгие годы дали перспективу развития активному судовому промыслу наваги в зал. Терпения при помощи близнецовых тралов и показали, что такой вид промысла не наносит ущерба воспроизводству рыб.

Сергей Никитич запомнился яркими презентациями докладов на ученых советах и отчетных сессиях СахНИРО и ТИНРО-Центра. Многократно принимал участие в морских и прибрежных экспедициях у о. Сахалин и островов Курильской гряды, как правило, возглавляя эти экспедиции в качестве начальника рейса. Из каждой такой экспедиции всегда привозил маленькое научное открытие, касающееся какого-либо вида рыб или какой-то экологической ситуации в целом.

В Южно-Сахалинском государственном педагогическом институте начал работать в 1987 году в должности старшего преподавателя кафедры биологии. Почти четверть века проработал в СахГУ в должностях доцента, декана естественно-географического факультета, профессора кафедры биологии. Начиная с 1987 года комплексно занимался изучением ихтиофауны пресных и солоноватых вод о. Сахалин. В своих научных работах описал состав и основные закономерности распределения рыб в пресноводных водоемах острова. Значительное количество научных работ посвящено особенностям морфологии и биологии массовых и редких видов и форм пресноводных рыб (кунджа, сахалинская и озерная мальмы, ленок, хариус, карась, язи, щука, голяны и др.).

Внес неоценимый вклад в создание Красной книги Сахалинской области. Его многочисленные научные труды всегда основывались на больших массивах информации, отличались глубиной проработки, интересной интерпретацией научных фактов, их большой достоверностью и истинной научной новизной.

Являлся неоднократным участником всероссийских и международных научных конференций, автором более 100 научных публикаций по динамике численности рыбных популяций, биогеографии водных мезоэкосистем. Руководил научной лабораторией экологии гидробионтов. Являлся руководителем более 60 дипломных работ. Воспитал целую плеяду молодых ученых.

С 2006 года работал по совместительству в должности ведущего научного сотрудника лаборатории прибрежных и пресноводных рыб ФГУП «СахНИРО», занимался разработкой прогнозов возможного вылова и ОДУ по наваге и пресноводных видов рыб (амурский язь, амурская щука, серебряный карась).

Активно занимался общественной работой, входил в состав ученого совета СахГУ и СахНИРО. Его неистощимая энергия и неподдельный интерес всегда служили источником разработки нестандартных научных проектов и исследований. Неслучайно в областном проекте «Сахалинская энциклопедия», который был создан по предложению администрации Сахалинской области в 2008 году, Сергей Никитич был назначен куратором биологического направления.

За успехи в научно-педагогической деятельности награжден Почетными грамотами Министерства рыбного хозяйства СССР и Министерства образования Российской Федерации.

*Научное издание*

**Водная биота озера Тунайча (южный  
Сахалин) и условия ее существования**

Под редакцией В. С. Лабая  
(v.labaj@yandex.ru)

Технический редактор, корректор *Е. Б. Захарова*.

*Ответственность за соответствие библиографических  
ссылок в списке литературы несут авторы.*

Подписано в печать 30.12.2016. Формат 70×100/16.  
Печать ризограф. Усл. печ. л. 15. Тираж 150 экз.

Подготовлено к печати и отпечатано в Федеральном государственном  
бюджетном научном учреждении «Сахалинский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства и океанографии».  
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196.  
Телефон редакционно-издательской группы (4242) 45-67-20.