

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ
ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА ТУНАЙЧА (ЮЖНЫЙ САХАЛИН)
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Д.С. Заварзин

*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.
E-mail: denis@sakhniro.ru*

Приводится описание сезонной динамики зоопланктона оз. Тунайча по данным сборов 2002–2003 гг. Выделены основные сезонные сообщества, приведены данные по годовому ходу численности, биомассы и индекса видового разнообразия зоопланктона озера.

**SOME ASPECTS OF SEASONAL DYNAMIC OF ZOOPLANKTON
FROM TUNAYCHA LAKE (SOUTHERN SAKHALIN)
AT THE CONTEMPORARY STAGE**

D.S. Zavarzin

*Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries & Oceanography (SakhNIRO),
Komsomolskaya St., 196, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: denis@sakhniro.ru*

Seasonal dynamic of Tunaycha lake zooplankton description based on 2002–2003 years sampling are given in the article. We marked out general seasonal communities, also data on annual count and biomass dynamics and species diversity index of zooplankton are presented.

Тунайча – самое крупное из озер Сахалина. Располагается на юге острова и занимает северную часть Муравьевской низменности. Оно вытянуто параллельно береговой линии зал. Мордвинова (Охотское море). Узкая и мелководная протока Красноармейская связывает озеро с морем. В 1970-е годы был построен мост, дамба которого заметно сузила протоку, в результате произошли резкое обмеление устьевой зоны и полное прекращение доступа морских вод в озеро. В начале 1970-х годов соленость верхних слоев находилась на уровне 6 ‰. К 1989 г. соленость верхних слоев составляла 5,5 ‰, к 1990 г. – 4,5 ‰.

Сегодня, по нашим данным, озеро олигогалинное. Его вода представляет собой разбавленную морскую (хлоридная магниевно-натриевая по составу) (Микишин и др., 1995). Для озера характерна устойчивая хемотратификация. В летний период верхний слой воды (до 15–16 м) имеет соленость 2,2–2,5 ‰, в интервале глубин 16–20 м соленость резко возрастает до 11–12 ‰. Морские приливные воды в трансформированном виде проникают только в первую треть протоки Красноармейская, в остальной протоке и собственно в озере отмечено только косвенное влияние приливов, никак не отражающееся на его солености.

В летние месяцы в теплые годы (2001, 2003 гг.) отмечена фактически трехслойная термостратификация. Верхний слой до 10 м характеризовался температурой воды, равной 20–22 °С, в слое 10–15 м температура воды падала до 14 °С, глубже – 10–12 °С. В холодные годы с обилием штормов (2002 г.) наблюдалась двухслойная термостратифи-

кация с термоклином на глубине 15–17 м; выше него температура составляла 14–19 °С, ниже 10–13 °С. Осенью температура воды по всей толще выравнивается и составляет 8–9 °С. Зимой подо льдом отмечен обратный градиент температуры: от близких к нулю у поверхности подо льдом до 5 °С у дна в профундали; в центре озера наблюдается опускание холодных вод на глубину до 10 м. Весной в результате прогрева появляется двухслойная термостратификация, которая к концу мая принимает характеристики летнего распределения.

Морфологически на озере выделяются два плеса: западный – Малая Тунайча, восточный – Большая Тунайча. Границей между ними служит воображаемая линия мыс Макарова – о-в Птичий – мыс Меньшикова. Западный плес гораздо меньше и мельче восточного, максимальная глубина его у о-ва Птичий (20 м). Максимальная глубина озера отмечена в 500 м южнее мыса Меньшикова, она составляет 49 м (Микишин и др., 1995).

Хотя исследования планктона оз. Тунайча проводились неоднократно, в том числе и экспедициями СахНИРО (Саматов и др., 2002, Заварзин, 2004, Лабай и др., 2003), данные по сезонной динамике зоопланктона можно найти только в отчете Л.В. Демина и В.А. Клюканова и в предыдущей статье автора (Заварзин, 2003), в которой приведены предварительные данные по результатам съемки 2002 г. Отсутствуют в литературе материалы по сезонной динамике зоопланктонных коловраток озера.

Целью настоящей работы является оценка сезонной динамики сообществ микро- и мезозоопланктона озера на современном этапе.

Сбор материала проводился в 2002 и 2003 гг. экспедицией Отдела прикладной экологии СахНИРО. Съемки осуществляли каждые две-три недели в теплый период года и по одному разу в год из-под льда. Всего на 6 станциях (рис. 1) отобрано 136 сетных проб. Поскольку послонный лов, проведенный нами в 2001 г. (Саматов и др., 2002), показал почти полное отсутствие зоопланктона ниже 15 м (что, вероятно, связано с повышенным содержанием сероводорода в нижних слоях), то для количественного учета зоопланктона на больших глубинах проводили лов от глубины 15 м до поверхности, на более мелких участках – тотально от дна. В качестве орудия лова использовали малую модель сети Джеди с диаметром входного отверстия 18 см и газом № 73 (ячея – 0,081 мм). Для учета коловраток параллельно проводилась батометрическая съемка.

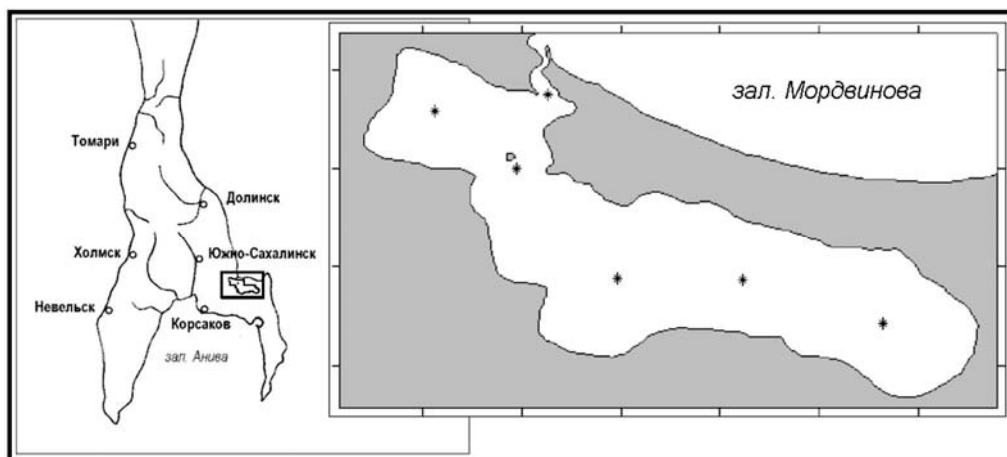


Рис. 1. Схема планктонных станций в оз. Тунайча в 2002–2003 гг.

Пробы фиксировали формалином. Идентификацию организмов зоопланктона производили по возможности до видов по определителям (Рылов, 1940а, б; 1948; Боруцкий, 1960; Мануйлова, 1964; Кутикова, 1970; Смирнов, 1971, 1976; Определитель ..., 1977; Боруцкий и др., 1991; Определитель ..., 1994, 1995). Обработку количественных проб

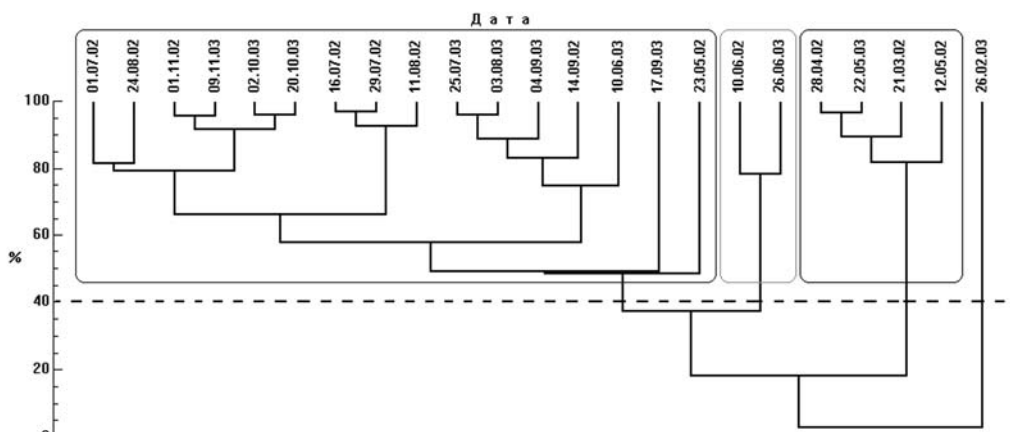


Рис. 2. Дендрограмма сходства по индексу Шорыгина

проводили счетно-весовым методом (Свирская, 1987), массу организмов определяли по имеющимся в литературе таблицам средних весов и формулам линейной зависимости «длина – масса» (Уломский, 1952; Мордухай-Болтовской, 1954; Брагинский, 1957; Борущкий, 1960; Балущкина, Винберг, 1979а, б), при отсутствии данных – по номограммам Численко (1968).

Выделение сообществ основывали на индексе Шорыгина (Шорыгин, 1939):

При вычислении коэффициент относительности (КО) использовали формулу, приведенную В.Ф. Палием (Палий, 1961).

Для оценки видового разнообразия использовали индекс видового разнообразия Симпсона (Одум, 1986).

Зоопланктон озера представлен четырьмя группами организмов – Rotatoria, Cladocera, Copepoda и Mollusca (последние присутствуют в планктоне только на личиночной стадии).

Анализируя годовую динамику зоопланктона при помощи дендрограммы сходства по индексу Шорыгина (рис. 2), мы выделили 3 сезонных сообщества зоопланктона.

1. Сообщество Synchaeta (табл. 1).

Существует, видимо, большую часть зимы и до конца мая–начала июня (рис. 3, 4). Представлено всего шестью видами (3 вида коловраток и 3 – копепод). Доминирует

Таблица 1

Количественные характеристики зоопланктона сообщества Synchaeta

Статус	Форма	Группа	экз./м ³	Отклонение средней	мг/м ³	Отклонение средней	Биомасса, %	ЧВ, %	КО
Доминирующий	<i>Synchaeta lakowitziana</i>	Rotatoria	46232,8	12871,38	36,986	10,30	91,9	100,0	9189,78
Характерный I порядка	<i>Eurytemora</i> sp.	Copepoda	769,8	239,95	1,036	0,33	2,6	75,0	193,12
	<i>Sinocalanus tenellus</i>	Copepoda	1514,5	734,72	0,988	0,48	2,5	75,0	184,16
	<i>Keratella cruciformis</i>	Rotatoria	1912,6	816,77	0,956	0,41	2,4	75,0	178,21
Всего характерных I порядка	3		4196,9	597,14	2,981	0,27	7,4	-	555,49
Характерный II порядка	<i>Harpacticoida</i> indet.	Copepoda	20,0	9,41	0,260	0,12	0,6	50,0	32,24
Второстепенный I порядка	<i>Notholca acuminata</i>	Rotatoria	102,3	38,74	0,020	0,01	0,1	50,0	2,54
Всего	6		50552,1	4413,63	40,247	3,50	100,0	-	9780,05

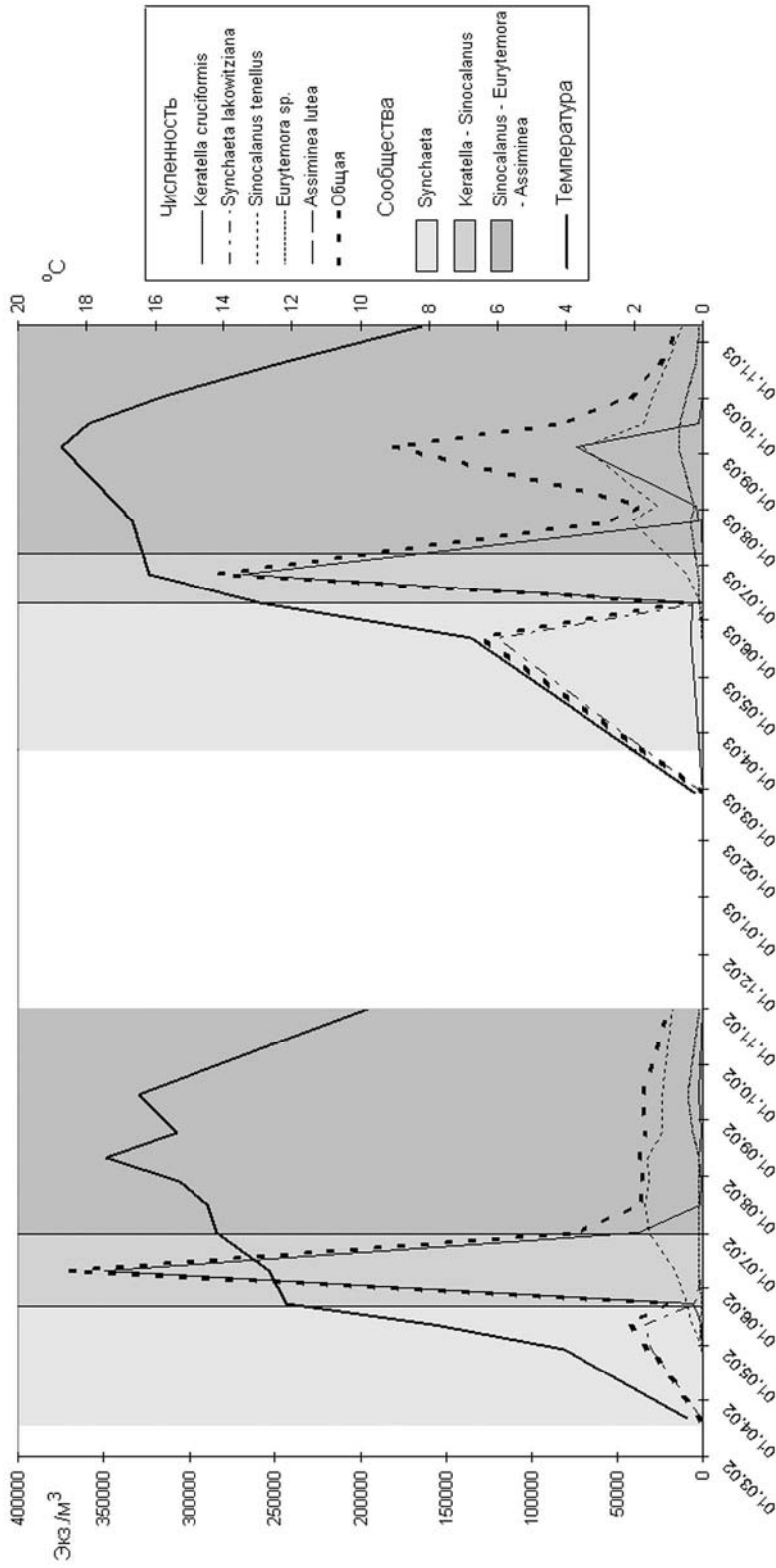


Рис. 3. Динамика численности зоопланктона в оз. Тунайча в 2002–2003 гг.

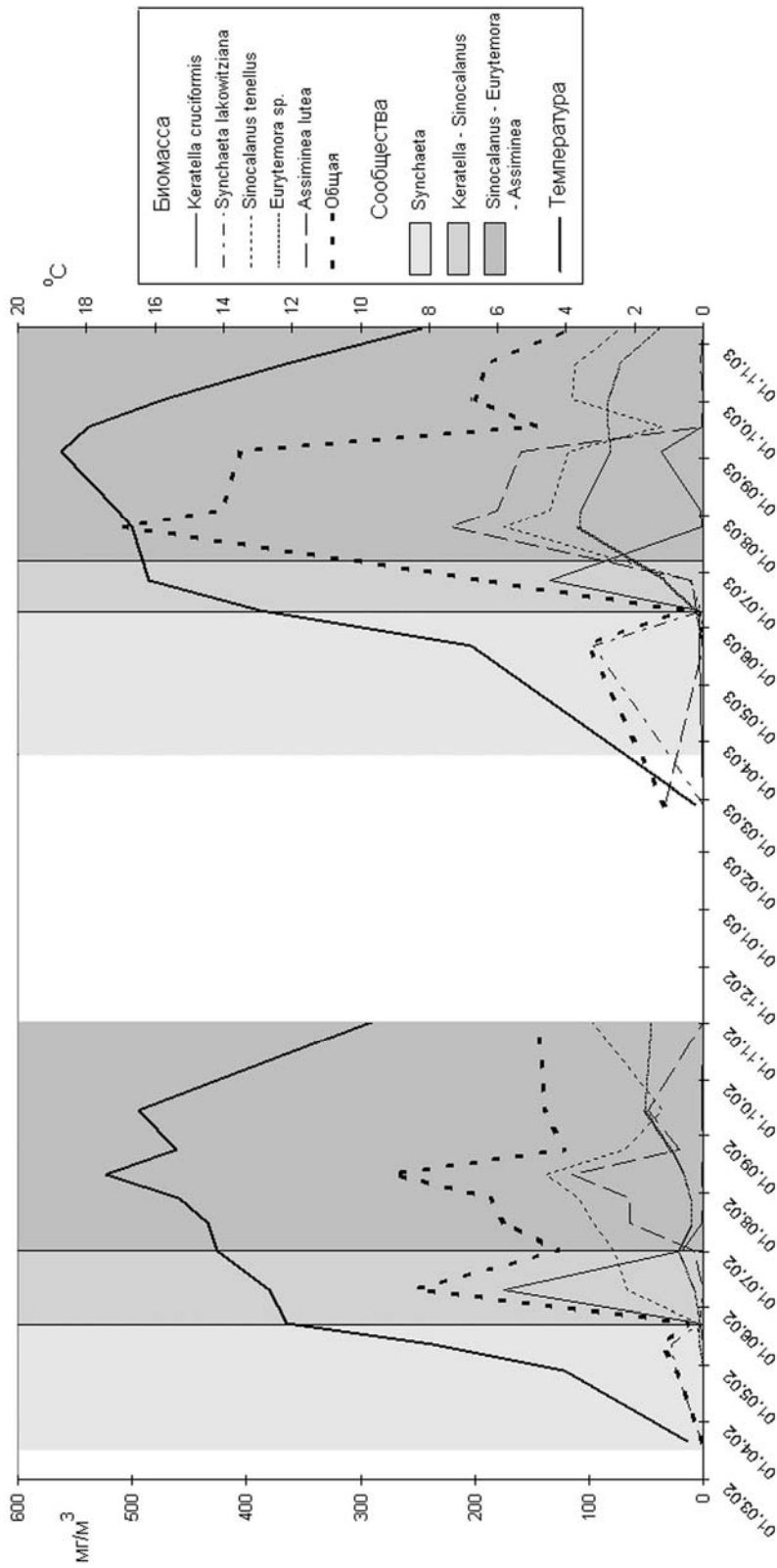


Рис. 4. Динамика биомассы зоопланктона в оз. Тунайча в 2002–2003 гг.

Synchaeta lakowitziana. В целом как по численности (95,4 %), так и по биомассе (94,4 %) в сообществе доминируют коловратки. Средняя по озеру численность организмов подо льдом составляет 1098 экз./м³, биомасса – 0,9 мг/м³. После таяния льда плотность организмов начинает повышаться, достигая максимума к середине мая (до 127620 экз./м³ и 100,7 мг/м³ в 2003 г.). К концу мая–началу июня, по достижении верхними слоями воды температуры 12 °С, из планктона исчезает *Synchaeta*, численность организмов резко снижается, сообщество распадается.

2. Сообщество *Keratella*–*Sinocalanus* (табл. 2).

Таблица 2

Количественные характеристики зоопланктона сообщества *Keratella*–*Sinocalanus*

Статус	Форма	Группа	экз./м ³	Отклонение средней	мг/м ³	Отклонение средней	Биомасса, %	ЧВ, %	КО
Доминирующий	<i>Keratella cruciformis</i>	Rotatoria	309218,3	28581,47	154,61	14,29	69,3	100,0	6925,32
	<i>Sinocalanus tenellus</i>	Copepoda	12640,7	2535,81	39,42	19,40	17,7	100,0	1765,49
Всего доминирующих	2		321859,0	29411,85	194,02	18,10	86,9	-	8690,80
Характерный I порядка	<i>Eurytemora</i> sp.	Copepoda	3050,2	103,21	20,93	8,72	9,4	100,0	937,60
	<i>Assiminea lutea</i>	Mollusca	10,5	7,41	5,24	3,71	2,3	50,0	117,35
Всего характерных I порядка	2		3060,7	55,31	26,17	2,87	11,7	-	1054,94
Характерный II порядка	<i>Schmackeria inopina</i>	Copepoda	319,9	226,20	2,85	2,02	1,3	50,0	63,88
Второстепенный I порядка	<i>Haracticoida</i> indet.	Copepoda	15,7	7,41	0,20	0,10	0,1	100,0	9,15
Всего	6		325255,3	29710,53	223,25	20,36	100,0	-	9818,78

Начинает оформляться сразу после распада предыдущего. Также представлено 6 видами, но относящимися уже к 3 группам (добавляются моллюски). Доминируют в сообществе по-прежнему коловратки (69,3 % общей биомассы и 95,1 % численности). Существует всего около месяца – до первых чисел июля, но отличается крайне высокой численностью организмов (до 368796 экз./м³), формируемой коловраткой *Keratella cruciformis*. Биомасса сообщества в середине июня достигает 250 мг/м³. С начала июня постепенно трансформируется в следующее сообщество. Основной доминант – *Keratella*, плавно снижаясь в численности, содержится в планктоне до конца июля, позднее встречаясь лишь единично.

3. Сообщество *Sinocalanus*–*Eurytemora*–*Assiminea* (табл. 3).

Развивается с начала июля до ледостава, существуя, вероятно, еще какое-то время подо льдом. Сообщество состоит из 16 видов (помимо прочего включает в себя все виды предыдущих сообществ), относящихся к 4 группам – к имевшимся в предыдущем сообществе группам добавились кладоцеры. Основу формируют копеподы (72,1 % численности и 69,0 % биомассы). Эдификатором сообщества, численность которого составляет 60,0 % общей (в основном за счет науплиев), а биомасса – 43,8 % (в основном за счет копеподитов), является *Sinocalanus tenellus*. С середины сентября количественные характеристики *S. tenellus* плавно снижаются: 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 *Eurytemora*, но ее количественные показатели ниже (24,3 % по численности и 12,0 % по биомассе). Как и у *Sinocalanus*, пик численности сформирован в основном науплиями, биомассы – старшими копеподитами.

Таблица 3

Количественные характеристики зоопланктона сообщества *Sinocalanus–Eurytemora–Assiminea*

Статус	Форма	Группа	экз./м ³	Отклонение средней	мг/м ³	Отклонение средней	Биомасса, %	ЧВ, %	КО
Доминирующий	<i>Sinocalanus tenellus</i>	Copepoda	27481,7	956,66	87,11	3,02	43,8	100,0	4379,12
	<i>Eurytemora</i> sp.	Copepoda	5500,9	275,46	48,42	2,30	24,3	100,0	2434,31
	<i>Assiminea lutea</i>	Mollusca	111,0	9,21	55,50	4,61	27,9	68,8	1918,02
Всего доминирующих	3		33093,5	1092,75	191,03	6,84	96,0		8731,44
Характерный I порядка	<i>Keratella cruciformis</i>	Rotatoria	8680,8	1226,10	4,34	0,61	2,2	81,3	177,28
	<i>Ergasilus</i> sp.	Copepoda	19,9	3,64	0,10	0,18	0,5	56,3	28,19
	<i>Filinia longiseta</i>	Rotatoria	3527,7	534,67	1,41	0,21	0,7	31,3	22,17
	<i>Schmackeria inopina</i>	Copepoda	12,8	1,03	0,65	0,05	0,3	62,5	20,31
Всего характерных II порядка	3		3560,5	288,61	3,05	0,21	1,5	-	70,66
Второстепенный I порядка	<i>Harpacticoida</i> indet.	Copepoda	7,3	0,88	0,10	0,01	0,0	43,8	2,08
	<i>Synchaeta lakowitziana</i>	Rotatoria	298,9	72,67	0,24	0,06	0,1	12,5	1,50
	<i>Chydorus</i> gr. <i>sphaericus</i>	Cladocea	5,0	0,97	0,08	0,02	0,0	25,0	1,01
Всего второстепенных I порядка	3		311,2	37,98	0,41	0,04	0,2	-	4,59
Второстепенный II порядка	<i>Euchlanis dilatata</i>	Rotatoria	17,2	2,95	0,03	0,005	0,0	12,5	0,22
	<i>Corbicula japonica</i>	Mollusca	14,6	2,90	0,02	0,003	0,0	12,5	0,09
	<i>Polyarthra dolychoptera</i>	Rotatoria	32,7	8,19	0,01	0,003	0,0	6,3	0,04
	<i>Bosmina longirostris</i>	Cladocea	1,0	0,25	0,01	0,001	0,0	12,5	0,04
	<i>Notholca acuminata</i>	Rotatoria	54,9	13,71	0,01	0,002	0,0	6,3	0,03
	<i>Trichocerca longiseta</i>	Rotatoria	13,1	3,28	0,004	0,001	0,0	6,3	0,01
Всего второстепенных II порядка	6		133,6	9,10	0,08	0,005	0,0	-	0,44
Всего	16		45779,6	1798,22	198,92	7,06	100,0	-	8984,42

В более теплом 2003 г. с июля и почти до конца сентября по биомассе преобладает сравнительно малочисленная, но крупная *A. lutea* (в среднем по озеру до 219 мг/м³ при численности 442 экз./м³). К середине октября биомасса *A. lutea* заметно снижается и в ноябре этот вид практически исчезает из планктона¹.

Только в сентябре теплых лет (2001, 2003 гг.) в озере встречаются велигеры корбикулы, которые достигают численности 187,4 экз./м³ и биомассы 0,19 мг/м³.

Ход биомассы в Тунайче заметно привязан к ходу температуры, в 2002 г. максимумы биомассы и температуры совпадают. В 2003 г. с июня численность и биомасса зоопланктона растут вместе с повышением температуры, достигая максимума в июле, после чего температура продолжает расти, а количественные показатели зоопланктона начинают резко падать. Особенно это падение заметно в Малой Тунайче (рис. 5). Оно связано с наблюдавшимся нами бурным «цветением» в августе 2003 г. токсичной синезеленой водоросли *Anabaena spiroides* (до 4 млн кл./л), которое в свою очередь вызывает заморные явления, приводящие к резкому снижению численности организмов зоопланктона. В Малой Тунайче цветение» особенно выражено в связи с влиянием стока довольно круп-

¹ Необходимо отметить нахождение нами личинок *Assiminea* в марте подо льдом.

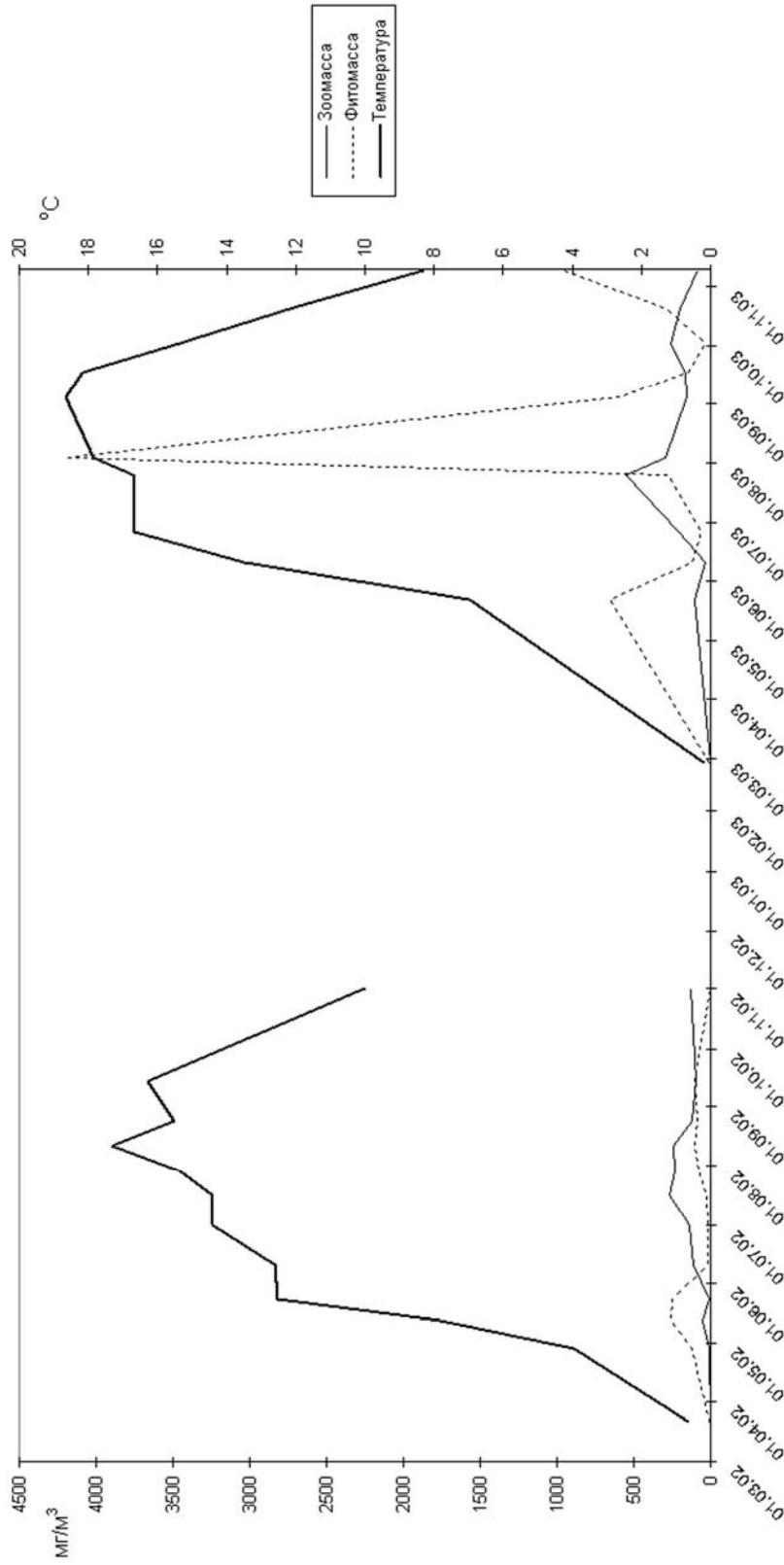


Рис. 5. Динамика биомассы фито- и зоопланктона в Малой Тунайче в 2002–2003 гг.

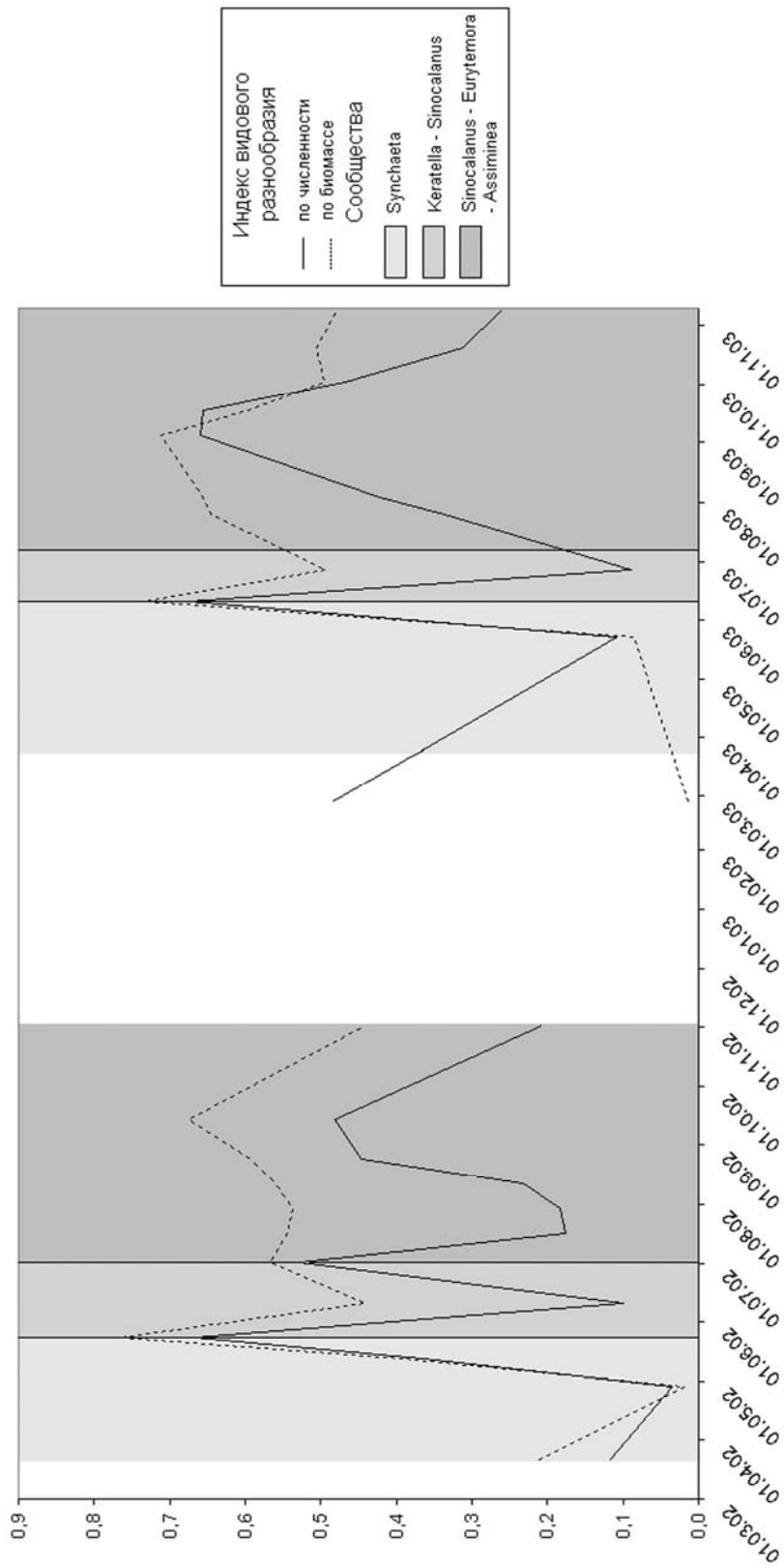


Рис. 6. Динаміка показателя індекса видового різнообразія Слімпсона в оз. Тунайча в 2002–2003 гг.

ных рек. Реки, принося заметное количество терригенного материала (как органического, так и минерального), способствуют вспышкам «цветения».

Анализируя сезонную динамику индекса видового разнообразия Симпсона (рис. 6), можно заметить, что его пики приходятся на периоды смены сезонных сообществ и на момент смены позиций доминантов в летнем сообществе. Именно в эти моменты численность доминирующих видов минимальна, а видовое разнообразие максимально за счет повышения роли второстепенных видов. И, наоборот, для стабильного периода сообществ в озере характерны небольшое количество доминантов, малое значение второстепенных видов и, соответственно, минимальные значения индекса видового разнообразия.

Таким образом, в озере существует три стабильных сезонных сообщества, переход между которыми сопровождается резким понижением плотности организмов в озере. Коловратки имеют наибольшее значение в первых двух сообществах, веслоногие раки и личинки моллюсков – в третьем. Роль моллюсков особенно повышается в теплые годы. В отличие от 2003 г., в 2002 г. в пелагиали отсутствовали *Filinia longiseta*, *Schmackeria* sp., а также велигеры *Corbicula japonica*. Различия, вероятно, обусловлены разницей температуры активного слоя в теплый период года. Кладоцеры (*Chydorus*) не вносят заметного вклада в количественные показатели планктоноценоза озера, встречаясь единично. В отдельные годы сезонную динамику плотности зоопланктона могут усложнить вспышки развития планктонных синезеленых водорослей.

Автор выражает благодарность всем участникам экспедиции, а также лично ведущему лабораторией гидробиологии к.б.н. В.С. Лабаю и старшему инженеру П.В. Полупанову за помощь в обработке и подготовке материала.

Литература

- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тел планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л.: Изд-во АН СССР, 1979а. С. 58–72.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979б. С. 169–172.
- Боруцкий Е.В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 118 с.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Л.: Наука, 1991. 504 с.
- Брагинский Л.П. Размерно-весовая характеристика руководящих форм прудового зоопланктона // Вопр. ихтиол. 1957. Вып. 9. С. 188–191.
- Заварзин Д.С. Сезонная динамика зоопланктона озера Тунайча (Южный Сахалин) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Южно-Сахалинск: Изд-во 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. // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО, 2004. Т. 6. С. 331–338.
- Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Лабай В.С., Заварзин Д.С., Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. Корбикула *Corbicula japonica* (Bivalvia) озера Тунайча: условия обитания, некоторые аспекты морфологии и биологии вида // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 143–152.
- Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.;Л.: Наука, 1964. 322 с.
- Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Бровко П.Ф. Южный Сахалин. Озеро Тунайча // История озер Севера Азии. СПб.: Наука, 1995. С. 112–120. Сер. «История озер».
- Мордухай-Болтовской Ф.Д. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона // Тр. проблемных и тематических совещаний. Вып. 2. Проблемы гидробиологии внутренних вод. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 223–241.

- Одум Ю. Экология. Т. 1. М.: Мир, 1986. 328 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / отв. ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 512 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные / под ред. С.Я. Цалолыхина. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1994. 400 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные / под ред. В.Р. Алексеева. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1995. 632 с.
- Палий В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоол. журн. 1961. Т. 40, вып. 1. С. 3–6.
- Рылов В.М. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Жизнь пресных вод СССР. Т. 1. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1940а. С. 331–355.
- Рылов В.М. Свободноживущие веслоногие ракообразные (Copepoda) // Жизнь пресных вод СССР. Т. 1. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1940б. С. 374–397.
- Рылов В.М. Сулороида пресных вод // Фауна СССР. Ракообразные. Т. 3, вып. 3. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 318 с.
- Саматов А.Д., Лабай В.С., Мотылькова И.В., Могильникова Т.А., Заварзин Д.С., Ни Н.К. Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (Южный Сахалин) в летний период // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов Сахалино-Курильского региона и сопредельных акваторий: тр. Сахалин. науч.-исслед. ин-та рыбного хоз-ва и океанографии. Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО, 2002. Т. 4. С. 258–269.
- Свирская Н.Л. Методические указания по исследованию зоопланктона для определения состояния фоновых пресноводных экосистем. М.: Гидрометеиздат, 1987. 25 с.
- Смирнов Н.Н. Chydoridae фауны мира // Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1, вып. 2. Л.: Наука, 1971. 531 с.
- Смирнов Н.Н. Macrothricidae и Monidae фауны мира // Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1, вып. 3. Л.: Наука, 1976. 327 с.
- Уломский С.Н. К вопросу о методике определения видовой биомассы планктона // Изв. ВНИОРХ. Т. 30. М.: Пищепромиздат, 1952. С. 108–118.
- Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. Л.: Наука, 1968. 105 с.
- Шорыгин А.А. Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. журн. 1939. Т. 18, вып. 1. С. 27–51.