

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОННОГО
СООБЩЕСТВА В СВЯЗИ СО СМЕНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО
СТАТУСА ЛАГУННОГО ОЗ. ИЗМЕНЧИВОЕ (О-В САХАЛИН)**

И.А. Немчинова

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

Начиная с 2004 года лабораторией гидробиологии СахНИРО проведен ряд исследований морской биоты одного из интереснейших лагунных озер Сахалинской области – Изменчивое, которое связано с Охотским морем протокой.

При функционировании протоки (лагунный период) озеро Изменчивое представляет собой открытую лагуну, с гидрологическим режимом, полностью зависящими от прилегающих вод Охотского моря. В это время в лагуне наблюдается широкий видовой состав зоопланктона с различными экологическими характеристиками – от прибрежных неритических тепловодных видов, до глубоководных и интерзональных холодноводных видов.

В периоды изоляции от Охотского моря (озерный период) оно имеет черты мелководного замкнутого соленого озера. При таких условиях в озере значительно сокращается видовое разнообразие планктона (полностью исчезают морские виды), меняется его биогеографический и трофический статус.

**STRUCTURAL AND COMPOSITIONAL CHANGES IN ZOOPLANKTON
COMMUNITY RELATED TO SHIFT IN HYDROLOGIC STATUS
OF LAKE-LIKE LAGOON IZMENCHIVOYE (SAKHALIN ISLAND)**

I.A. Nemtchinova

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

Since 2004, specialists of the SakhNIRO Laboratory of Hydrobiology have carried out a series of surveys of sea biota in one of the most interesting Sakhalin lake-like lagoons – Izmenchivoeye, connected the channel with Okhotsk Sea.

When the channel is functioning (lagoon period), Lake Izmenchivoeye is an open lagoon with a hydrologic regime completely depending on adjacent waters of the Okhotsk Sea. At this time in a lagoon presented wide species structure of zooplankton with its various ecological characteristics – from coastal heretic warm water of species, up to deep-water and interzonal coldwater of species.

Being isolated from the Okhotsk Sea (lake period), it has features of the closed shallow salty lake.

The researches of Lake Izmenchivoeye have not been performed till now because of the absence of economic importance.

The purpose of this study is to characterize zooplankton community during the active water exchange with the Okhotsk Sea and to analyze community changes related to the lake isolation after the channel is washed over. Under such circumstances in lake is considerably reduced a variety of zooplankton species (sea species completely disappear), changes biogeographical and trophical status of species.

Начиная с 2004 г. лабораторией гидробиологии СахНИРО проведен ряд исследований морской биоты одного из интереснейших лагунных озер Сахалинской области – Изменчивое, расположенного на юго-востоке о-ва Сахалин в северо-восточной части Корсаковского плато (рис. 1). Озеро имеет эллипсоидальную форму, незначительную площадь (около 13,0 км²), среднюю глубину 6–7 м и относится к соленым водоемам лагунного происхождения (Материалы..., 1972; Бровко, 1990; Природа Корсаковского ..., 1995). От Охотского моря оно отделено аккумулятивной косой шириной 150–200 м, а связь с морем сохраняется за счет протоки шириной около 50 м (Материалы..., 1972).

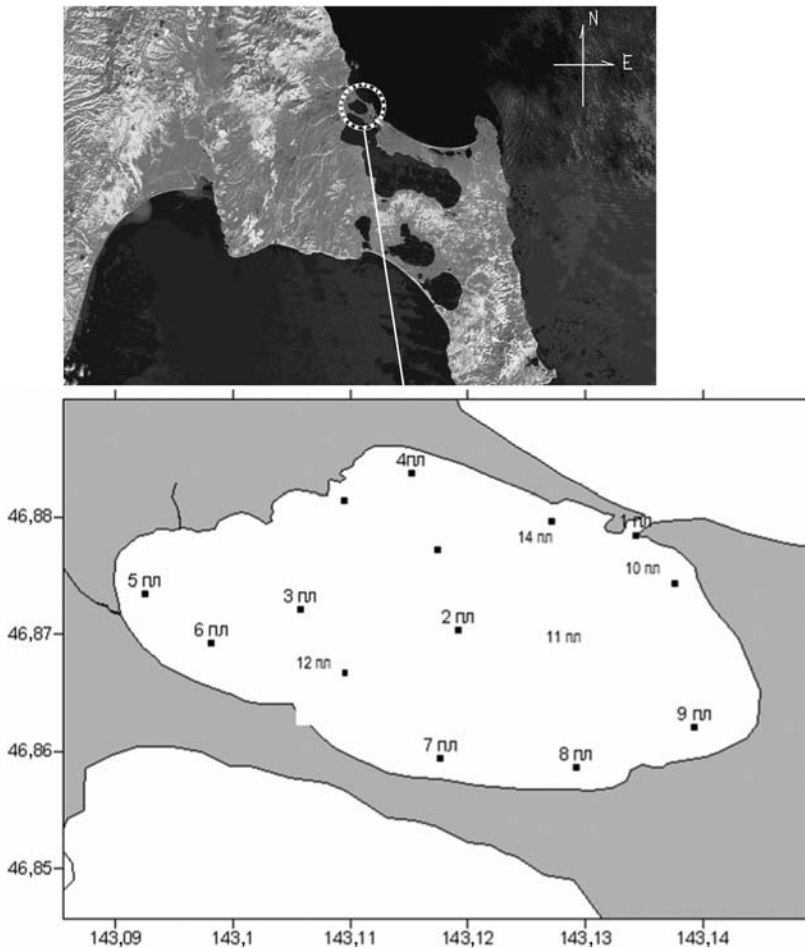


Рис. 1. Карта–схема юго-восточной части о-ва Сахалин и лагунного оз. Изменчивое (на схеме отмечены гидробиологические станции)

С точки зрения исследования эволюции водоемов оз. Изменчивое является модельным объектом, так как периодически претерпевает изменение гидрологического статуса, связанное с функционированием или деградацией протоки, что влечет за собой изменение всей биоты.

При функционировании протоки (лагунный период) оз. Изменчивое представляет собой открытую лагуну, с гидрологическим режимом, полностью зависящим от прилегающих вод Охотского моря (Лагуны Сахалина, 2002; Гидролого-гидробиологическая..., 2007).

В периоды изоляции от Охотского моря при замыкании протоки (озерный период) озеро Изменчивое имеет черты мелководного замкнутого соленого озера. Документальные

подтверждения такого явления были зафиксированы в 1963 и 2006 гг. (Результаты исследования..., 1963; Гидролого-гидробиологическая..., 2007).

До начала работ СахНИРО систематизированных данных о структуре и составе различных фаунистических групп лагунного оз. Изменчивое не существовало.

В предлагаемой работе приведены данные о составе и структуре одного из звеньев сообщества гидробионтов – зоопланктона в период активного водообмена оз. Изменчивого с Охотским морем летом 2004 г. и изменениях, связанных с годовой изоляцией озера от моря летом 2007 г.

Материалы и методы

В основу данной работы были положены результаты двух летних гидробиологических съемок, выполненных лабораторией гидробиологии СахНИРО в 2004 и 2007 гг. Пробы зоопланктона отбирали тотальным ловом от дна до поверхности малой планктонной сетью Джели с площадью входного отверстия 0,01 м² и ячейей 0,11 мм. Фиксировали пробы 4 %-ным раствором формальдегида. Гидробиологические станции располагались равномерно по всей акватории. Камеральную обработку материала проводили с использованием стандартной количественно-весовой методики, принятой в отечественной гидробиологии и, в частности, в прикладных рыбохозяйственных исследованиях (Инструкция по сбору..., 1974; Инструкция по количественной обработке..., 1982). Биомассу микро- и мезозоопланктона находили при помощи таблиц стандартных весов планктеров и номограмм Численко (Лубны-Герцык, 1953; Численко, 1968; Микулич, Родионов, 1975). Для обеих съемок были рассчитаны основные экологические показатели (Одум, 1984): индекс видового разнообразия Шеннона рассчитывали по формуле $H = - \sum n * \ln(n)$, где H – индекс видового разнообразия; n – биомасса n -го вида в абсолютных величинах; индекс выравненности Пиелу (e) рассчитывали по формуле $S = - \sum (p_i * \ln(p_i))$, где H – индекс видового разнообразия Шеннона; S – число видов.

Для оценки степени зрелости сообществ в ряду сукцессионных изменений применялся АВС-метод в математическом выражении (География и мониторинг..., 2002):

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

где – кумулятивная биомасса i -го вида (Bc_i – относительная биомасса доминирующего вида (%); Bc_i – сумма относительных биомасс доминирующего и следующего за ним по биомассе вида и т.д.), – кумулятивная численность i -го вида. Положительные значения этого индекса соответствуют сообществам на поздних стадиях сукцессии (стабильным); отрицательные – сообществам на ранних стадиях сукцессии; близкие к 0 – сообществам в состоянии неустойчивого равновесия. Применение данного индекса позволяет сравнивать сообщества и участки акватории по численным значениям.

Для выделения видов-доминантов зоопланктона использовали коэффициент обилия Паляя–Ковнацки (KO): $KO = \frac{B_i}{V_s} \cdot p_i$, где KO – коэффициент обилия; B_i – средняя биомасса i -го вида; V_s – общая биомасса особей в сообществе; p_i – частота встречаемости данного вида, $p_i = t_i/M$, где t_i – число проб, в которых был обнаружен вид i , M – общее количество проб. Вид считается доминирующим, если KO находится в пределах 10000–1000; характерным I порядка – 1000–100; характерным II порядка 100–10; второстепенным I порядка – 10–1; второстепенным II порядка – менее 1.

При расчете сходства видовых списков в сравниваемых съемках использовали выражаемый в процентах индекс сходства видовых списков Серенсена: $a = \frac{2bc}{b+c}$, где a – количество общих видов; b и c – длины сравниваемых списков.

Для определения ценогического сходства использовался индекс сходства, предложенный впервые А. А. Шорыгиным в 1939 г. (Константинов, 1986):

$$C_{xy} = 100 - 0,5 \sum (|p_x - p_y|),$$

где C_{xy} – индекс сходства станций (проб) x и y (%); p – доля (%) данного вида в общей биомассе соответственно на станциях x и y .

Результаты исследований

На протяжении довольно долгого современного периода, в том числе и во время летних исследований 2004 г., лагуна имела функционирующую протоку. Водообмен с Охотским морем формировал определенный гидрологический режим в озере. По типу происходящих гидрологических процессов озеро делилось на две условные части. В юго-восточной части озера наблюдалось относительное постоянство гидрологических параметров во времени. Эти воды можно охарактеризовать как собственно лагунные (озерные): колебания температуры воды по всем горизонтам составляли 10,9–12,4 °С, солености – 29,3–29,5 ‰. На остальной части озера наблюдались два процесса. С приливом морские воды (соленость до 31,1 ‰, температура – около 7,0 °С) проникали в озеро и по дну доходили до его крайней западной части, где происходила трансформация морских вод в лагунные (соленость – около 29 ‰, температура – около 11,0 °С).

В период годовой изоляции от моря, в озерный период, гидрологические показатели воды претерпели значительные изменения и появились признаки эвтрофикации водоема (Гидролого-гидробиологическая характеристика..., 2007). В результате прекращения водообмена с морем средняя температура воды в озере повысилась с 11 до 14 °С, а соленость понизилась с 29–32 до 25–26‰. При этом в 2007 году полностью отсутствовала вертикальная стратификация и гидрологические параметры не изменялись во всей толще воды. Содержание растворенного кислорода в воде находилось на низком уровне, особенно в северной части озера, где произошли заметные заболачивание берега и обмеление.

В период водообмена с морем в составе зоопланктона отмечено максимальное видовое разнообразие как на уровне крупных таксонов (15), так и на видовом – до 62 различных видов и форм (без видовой идентификации меропланктона – полихет, моллюсков и усоногих раков) (табл. 1). Индекс видового разнообразия Шеннона в это время был максимальным, что свидетельствует о довольно высоком уровне устойчивости системы (Биологическая продуктивность..., 1977) (табл. 2). Зоопланктон озера, как и прилегающих вод Охотского моря, имел ярко выраженный копепоидный тип с долей веслоногих раков до 47 % (29 видов и форм), большинство из которых являются характерными охотоморскими видами. Копеподы преобладали и по количественным показателям, превышая 90 % от численности и 60 % от общей биомассы зоопланктона (см. табл. 1). Благодаря активному водообмену с прилегающей акваторией моря в озере широко представлены еще несколько морских надшельфовых групп – Euphausiacea, Pteropoda, Chaetognatha, Tunicata и Amphipoda. Их доля значительно меньше, чем копепод, но они имеют высокую частоту встречаемости (см. табл. 1).

Большое значение в лагунный период играют меропланктонные формы. Они представлены шестью группами, в том числе икрой и личинками рыб. Наибольшее разнообразие наблюдается в группе полихет (Sedentaria) – отмечено 12 разных форм пелагических личинок.

В период годовой изоляции видовой состав зоопланктона претерпел значительные изменения. В летнем планктоне 2007 г. идентифицировано всего 23 вида и формы сетного зоопланктона из 8 таксономических групп (см. табл. 1). Полностью из планктона исчезли группы пелагических амфипод, мизиды, эвфаузииды, крылоногие моллюски, оболочники и щетинкочелюстные. Ранее данные таксоны присутствовали в водоеме благодаря нали-

Таблица 1

**Структура и основные количественные показатели таксономических групп зоопланктона
в лагунном оз. Изменчивое в летний период 2004 и 2007 гг.**

Группа	Количество видов		N, экз./м ³		N, %		B, мг/м ³		B, %	
	2004	2007	2004	2007	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Tunicata	1		302		0,2		6,04		0,1	
Rotifera	1	2	926	5115	0,7	6,4	2,59	14,32	0,1	0,7
Pteropoda	1		3		0,0		83,33		2,0	
Polychaeta	12	8	1432	4363	1,0	5,5	28,65	46,65	0,7	2,3
Pisces (ova, larvae)	1	1	6	2	0,0	0,002	14,22	2,41	0,3	0,1
Mysidacea	2		5		0,0		160,61		3,8	
Gastropoda (larvae)	1	1	4442	18261	3,2	23,0	266,54	913,06	6,3	45,7
Cladocera		1		1		0,001		0,01		
Euphausiacea	3		187		0,1		10,43		0,2	
Copepoda	29	7	126565	47671	90,9	60,0	2844,92	720,58	67,4	36,0
Coelenterata	4	1	686	139	0,5	0,2	139,56	1,67	3,3	0,1
Cirripedia	2	1	1025	118	0,7	0,1	33,18	1,18	0,8	0,1
Chaetognatha	1		220		0,2		187,25		4,4	
Bivalvia (larvae)	1	1	3245	3740	2,3	4,7	324,45	299,18	7,7	15,0
Amphipoda	2		28		0,0		115,61		2,7	
Actinotrocha	1		167		0,1		3,33		0,1	

Таблица 2

**Основные экологические показатели видовой структуры сообщества зоопланктона
в лагунном озере Изменчивое в летний период 2004 и 2007 гг.**

Показатель	2004 г.	2007 г.
Количество таксонов	15	9
Количество видов, форм (<i>S</i>)	62	23
Сходство видовых списков (<i>I</i>), %	40	
Численность, экз./м ³	139241	79409
Биомасса, мг/м ³	4220,7	1999,1
Индекс видового разнообразия Шеннона (<i>H</i>)	2,89	1,34
Индекс выравненности Пиелу (<i>e</i>)	1,61	0,98
Показатель зрелости сообществ (ABC-метод, I_{ABC})	1,66	3,93
Ценотипическое сходство ($C_{x,y}$), %	16,0	

чению протоки и являлись вносимыми. Индекс видового разнообразия сообщества зоопланктона в этот период существенно снизился (см. табл. 2).

Копеподы, как и в морской период, остались наиболее разнообразной группой в видовом отношении, но внутри нее приоритеты поменялись. В отличие от морского периода, наибольшего разнообразия в период изоляции достигли мелкоразмерные веслоногие раки из подотрядов Naupacticoidae и Cyclopoidae, характерные для придонных горизонтов илистых грунтов, а также прибрежные эврибионтные виды калянид из родов *Acartia* и *Eurytemora*. В целом по количественным показателям копеподы значительно снизили свое значение и уступили место меропланктону, в частности брюхоногим моллюскам. Из других групп высокое разнообразие сохранилось только для полихет. Расчет индекса сходства видовых списков между двумя годами составил 40%, а индекс ценотипического сходства – 16%.

Для выделения видов-доминантов и общей структуры сообщества использовался модифицированный коэффициент обилия Пауля–Ковнацки. По данному показателю в лагунный морской период сообщество зоопланктона характеризовалось доминированием копепод рода *Pseudocalanus*, в частности *Ps. minutus* (табл. 3). Данный вид характеризует подповерхностную модификацию морской водной массы, располагающуюся ниже прогретого слоя, и присутствие данного вида в озере в большом количестве свидетельствует о преобладании морских вод, поступающих с приливом (Шунтов, 2001). Категория характерных видов I порядка сформирована морскими интерзональными и глубоководными видами. Как известно, в период развития молодью интерзональных и глубоководных видов предпочитает верхние горизонты и может подходить довольно близко к берегам, вследствие чего и заносится в лагуну приливным течением (Гидробиологическая харак-

Таблица 3

Видовая структура зоопланктона в лагунном оз. Изменчивое в 2004 г.
(по показателю коэффициента обилия – КО)

Значимость	Вид	Группа	Биомасса, %	КО	
Доминирующие (1)*	<i>Pseudocalanus minutus</i>	Copepoda	21,12	2112	2112
Характерные I порядка (10)	<i>Calanus glacialis</i>	Copepoda	4,1	272	4054
	<i>Neocalanus cristatus</i>	Copepoda	6,0	299	
	<i>Neocalanus plumchrus</i>	Copepoda	2,4	163	
	<i>Metridia pacifica</i>	Copepoda	2,2	145	
	<i>Metridia okhotensis</i>	Copepoda	13,0	868	
	<i>Acartia longiremis</i>	Copepoda	4,0	268	
	<i>Oithona similis</i>	Copepoda	7,2	600	
	<i>Gastropoda gen. sp.</i>	Gastropoda	6,3	631	
	<i>Bivalvia gen. sp.</i>	Bivalvia	7,7	512	
	<i>Parasagitta elegans</i>	Chaetognatha	4,4	296	
Характерные II порядка (18)	<i>Aglantha digitale</i>	Coelenterata	0,5	16	559
	<i>Coryne tubulosa</i>	Coelenterata	2,0	33	
	<i>Coelenterata gen. sp.</i>	Coelenterata	0,8	27	
	<i>Calanus pacificus</i>	Copepoda	0,3	17	
	<i>Pseudocalanus sp.</i>	Copepoda	1,3	42	
	<i>Pseudocalanus newmani</i>	Copepoda	0,2	12	
	<i>Paracalanus parvus</i>	Copepoda	0,8	54	
	<i>Eurytemora sp.</i>	Copepoda	0,2	11	
	<i>Centropages abdominalis</i>	Copepoda	0,4	12	
	<i>Acartia hudsonica</i>	Copepoda	1,0	48	
	<i>Nauplius</i>	Copepoda	0,4	42	
	<i>Pareuchaeta japonica</i>	Copepoda	1,4	24	
	<i>Cyclopoidea gen. sp.</i>	Copepoda	0,3	16	
	<i>Themisto japonica</i>	Amphipoda	2,7	91	
	<i>Nauplius</i>	Cirripedia	0,5	18	
	<i>Inusitatomysis insoluta</i>	Mysidacea	2,4	39	
	<i>Neomysis sp.</i>	Mysidacea	1,4	24	
	<i>Clione limacina</i>	Pteropoda	2,0	33	
Второстепенные I порядка	19		2,5	60	
Второстепенные II порядка	14		0,3	5	
Всего	62			6790	

* Количество видов и форм в категории.

теристика..., 2001). В первую очередь, это относится к *Neocalanus plumchrus*, *N. cristatus*, *Metridia pacifica*, *M. okhotensis*, которые в начале лета в эпипелагиали Охотского моря создают значительные концентрации неполовозрелых копеподитов III–IV стадий (Кун, 1975; Чучукало и др., 1989; Надточий, 2002).

Из неритических видов в данную категорию входят массовые мелкие прибрежные копеподы рода *Acartia* и пелагические личинки моллюсков, которые благодаря высокой численности имеют высокую относительную биомассу и, следовательно, коэффициент обилия (см. табл. 3).

Категорию характерных видов второго порядка формировали различные в экологическом отношении виды с преобладанием морских видов медуз и тепловодных копепод. Среди представителей неритического комплекса в данной категории можно отметить копепод родов *Acartia* и *Eurytemora*.

При анализе структуры зоопланктона в 2007 г. наблюдались значительные изменения (табл. 4). По коэффициенту обилия выделено три доминирующие формы, образующие ядро зоопланктонного сообщества: неритические копеподы *Acartia hudsonica*, пелагические личинки брюхоногих и двустворчатых моллюсков (*Gastropoda* gen. sp. и *Bivalvia* gen. sp.). Доминирование акарций и меропланктона свидетельствует о развитии планктона, характерного для опресненной эстуарной, поверхностной прибрежной водной массы. В сумме доминирующие формы превышали 93 % от общей биомассы и 79 % от общей численности зоопланктона (см. табл. 4).

Таблица 4

Видовая структура зоопланктона в лагунном оз. Изменчивое в 2007 г.
(по показателю коэффициента обилия – КО)

Значимость	Вид, форма	Группа	Биомасса, %	КО	
Доминирующие (3)	<i>Acartia hudsonica</i>	Copepoda	32,9	3287	9351
	<i>Gastropoda</i> gen. sp.	Mollusca	45,7	4567	
	<i>Bivalvia</i> gen. sp.	Mollusca	15,0	1497	
Характерные I порядка (2)	<i>Eurytemora pacifica</i>	Copepoda	1,3	103	208
	Copepoda gen. sp.	Copepoda	1,1	106	
Характерные II порядка (5)	<i>Synchaeta</i> sp.	Rotifera	0,7	56	165
	<i>Polydora</i> sp.	Polychaeta	0,9	36	
	<i>Harmothoe</i> sp.	Polychaeta	0,4	11	
	<i>Polychaeta</i> gen. sp.2	Polychaeta	0,4	25	
	Harpacticoidae gen. sp.	Copepoda	0,6	37	
Второстепенные I порядка	7		1,1	20	
Второстепенные II порядка	6		0,1	1	
Всего	23		100,0	9745	

Категорию характерных видов первого порядка формировали *Eurytemora pacifica* и молодь калянид (*Copepoda* gen. sp., juv), но по относительной биомассе данные формы не превышали 2,4 %.

Пространственное распределение зоопланктона в июне 2004 г. по всей акватории лагуны было неравномерным (рис. 2, а; 3, а). Наибольшие концентрации отмечены в двух кутовых частях лагуны, где благодаря круговому течению происходило накопление взвешенного вещества, в том числе и планктонных животных – это юго-восточный и юго-западный участки. Наименьшие плотности отмечены в центральной части. По биомассе доминировали морские эпипелагические и интерзональные виды копепод: *Pseudocalanus minutus* – 21,1 % (891,24 мг/м³) и *Metridia okhotensis* – 13 % (549,25 мг/м³), а также меропланктон, представленный личинками моллюсков, – 14% (570 мг/м³). Средняя биомасса сетного зоопланктона была – 4220,72 мг/м³ (403,38–8242 мг/м³). Средняя плотность зоопланктона

составляла около 140 тыс. экз./м³, изменяясь по станциям от 58 до 338 тыс. экз./м³. По численности доминировали мелкие морские копеподы *Oithona similis* (78636 экз./м³) и *Ps. minutus* (18789 экз./м³).

В период изоляции летом 2007 г. в лагуне отмечено уменьшение биомассы зоопланктона как на отдельных станциях, так и в среднем по всей акватории (рис. 2, б; 3, б). Значительно сократились плотности планктона в северной части озера в связи с заболачиванием берегов. Средняя биомасса снизилась до 1999,06 мг/м³, изменяясь по станциям от 67,8 до 4588 мг/м³. Основу биомассы формировали неритические мелкоразмерные формы, характерные для прибрежной зоны Восточного Сахалина, – *Acartia hudsonica* – 32,9 % (657,1 мг/м³), личинки моллюсков – 60,7 % (1212,2 мг/м³). Численность зоопланктона

также снизилась, что связано с исчезновением нескольких морских многочисленных мелкоразмерных видов, например, *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis* и *Ps. newmani*.

Рассматривая общую экологическую структуру сообщества в разные периоды, остановимся на трех основных характеристиках – вертикальной и биогеографической зональности и трофической структуре.

В лагунный период 2004 г. в планктоне практически в равных долях преобладали морские неритические и эпипелагические виды – 71% от общего количества видов (рис. 4, а). В то же время значительная доля (почти 27 %) видов принадлежала к интерзональной и глубоководной фауне, характерной для шельфовых вод центральной и южной части Охотского моря и северо-западной части Тихого океана. Это относится к крупноразмерным видам веслоногих раков родов *Calanus*, *Neocalanus*, *Eucalanus* и *Metridia*. Несмотря на мелководность лагуны, в пелагиали наблюдалось ограниченное количество нектобентических форм – 2,4 %. Такая картина характерна для прибрежных морских участков Сахалина и Курил с небольшой шириной мелководной и шельфовой зон, где вынос глубоководных видов происходит вследствие подъема глубинных вод вблизи берегов.

В озерный период 2007 г. отмечено абсолютное преобладание прибрежных видов, характерных как для верхних слоев пелагиали, так и для придонных горизонтов (илистых грунтов и растительных субстратов) (рис. 4, б). Доля данной группы составила 75 % от общего количества видов. Изменения связаны и с полным исчезновением истинно морских надшельфовых, интерзональных и глубоководных видов планктона. Из эпипелагических морских видов были встречены только копеподы подотряда Harpacticoidae (*Microsetella rosea*) и мелкие медузы.

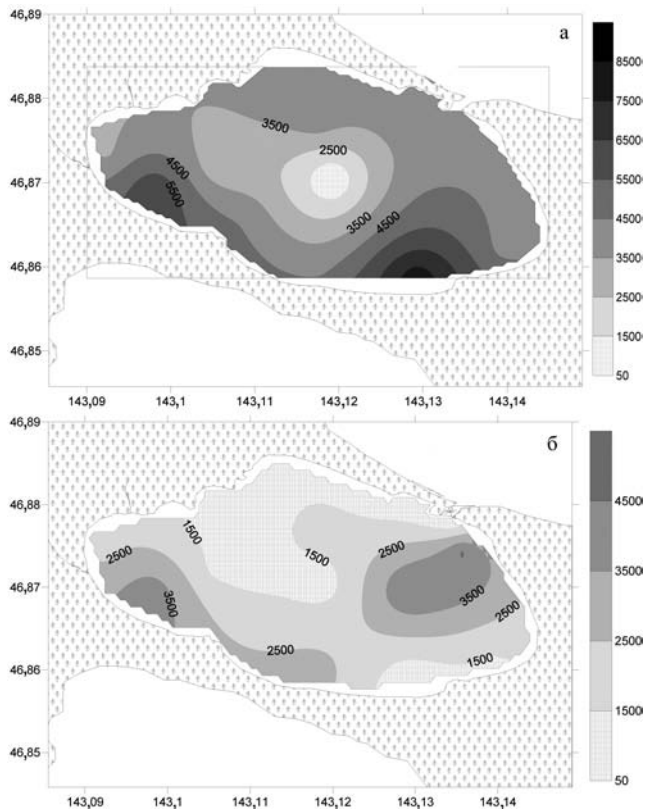


Рис. 2. Пространственное распределение биомассы (мг/м³) зоопланктона в лагунном оз. Изменчивое в 2004 (а) и 2007 гг. (б)

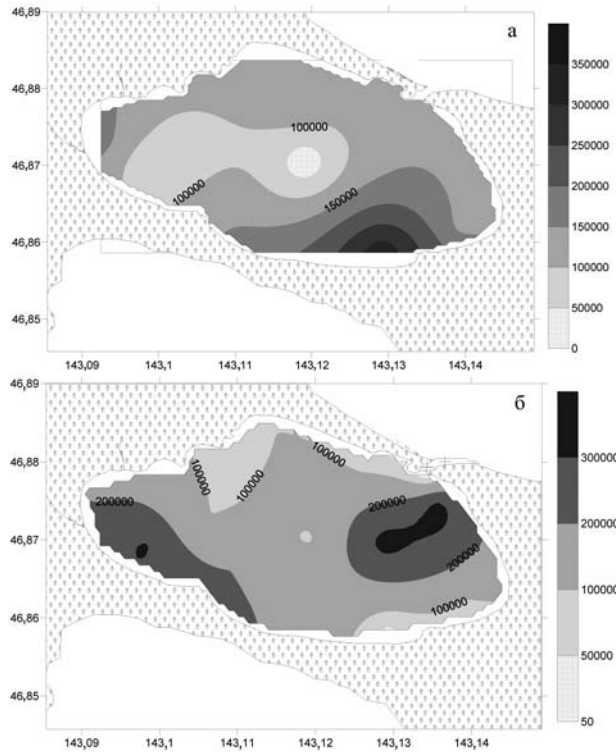


Рис. 3. Пространственное распределение численности (экз./м³) зоопланктона в лагунном оз. Изменчивое в 2004 (а) и 2007 гг. (б)

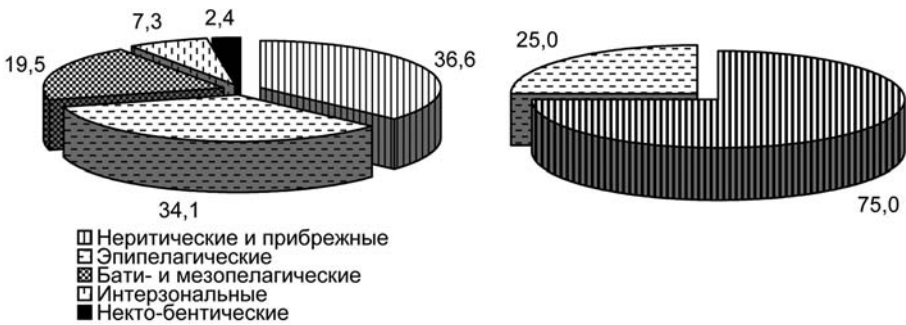


Рис. 4. Вертикальная структура зоопланктона лагунного оз. Изменчивое в 2004 (а) и 2007 гг. (б)

Зонально-биогеографический статус зоопланктона в Изменчивом определялся количеством холодноводных или тепловодных форм (рис. 5а, б). Так, в 2004 г. доминировали виды с амфибореальным, высокобореальным и субарктическим ареалом, из которых 75,5 % видов относились к холодноводному комплексу. В 2007 г. в структуре произошла значительная перемена – более 92 % от общего числа видов приходилось на тепловодный комплекс, включающий виды с низкобореальным ареалом. Виды с распространением в высокобореальных и субарктических областях полностью исчезли. Как уже было сказано выше, в 2007 г. гидрологический режим, связанный с повышением температуры в озере, способствовал развитию тепловодной группировки.

Трофическая структура зоопланктона имела тенденцию к значительному возрастанию доли фитофагов-фильтраторов в озерный период за счет увеличения доли меропланктонных организмов и мелкоразмерных прибрежных видов копепод (рис. 6). Доля хищно-

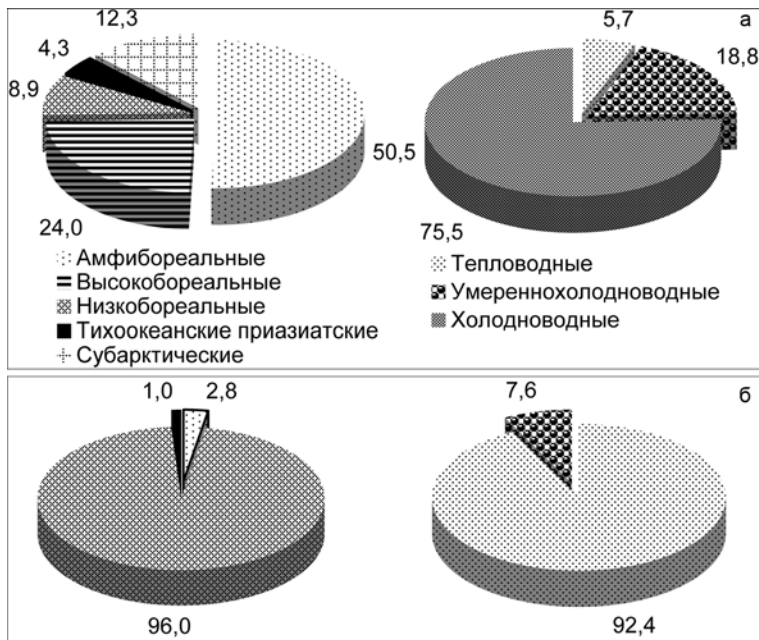


Рис. 5. Зонально-биогеографическая структура и приуроченность зоопланктона к различным группировкам по показателю тепловодности в лагунном оз. Изменчивое в 2004 (а) и 2007 гг. (б)

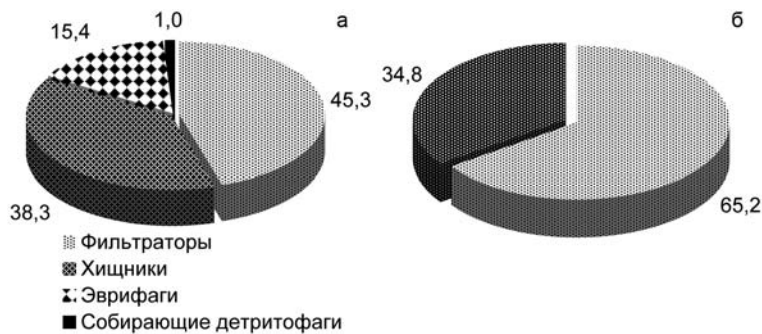


Рис. 6. Трофическая структура зоопланктона лагунного оз. Изменчивое в 2004 (а) и 2007 гг. (б)

го планктона сохранилась практически на уровне 2004 г., несмотря на то что многие морские хищные формы исчезли, например медузы, пелагические амфиподы и щетинкочелюстные. Наилучшие кормовые условия для молоди пелагических видов рыб, обитающих и развивающихся в озере, наблюдались в 2004 году, когда доля кормового зоопланктона достигала приблизительно 72% от общей биомассы планктона. В 2007 г. доля кормового планктона значительно снизилась, ухудшив тем самым условия нагула пелагических рыб. В среднем она составила около 35% за счет мелкой фракции, которая может служить кормовой базой только для личинок и молоди пелагических рыб.

Заключение

Таким образом, сообщество зоопланктона лагуны Изменчивая при наличии водообмена с Охотским морем имеет характерные черты морского неритического комплекса

со значительной долей элементов надшельфового, характерного для вод Юго-Восточного Сахалина. Разнообразные гидрологические условия, в том числе мелководность лагуны и активная инсоляция в летний период, способствуют развитию разнообразного умеренно-холодноводного и тепловодного меропланктона. Высокие показатели индексов видового разнообразия, выравненности, наличие нескольких био-зоогеографических и трофических группировок и свидетельствуют о сложности и разнообразии зоопланктонного комплекса. Значительная доля кормового планктона в период функционирования протоки создает хорошую кормовую базу для молоди пелагических видов рыб и донных животных, обитающих и развивающихся в озере.

При отсутствии связи с морем в оз. Изменчивое наблюдаются деградация видового состава и изменение структуры зоопланктона. В первую очередь это выражается в значительном снижении видового разнообразия и выравненности сообщества, а также смене и упрощении структуры экологических группировок – полностью из состава планктона исчезли морские интерзональные и глубоководные формы. Наибольшего развития в этот период достигают тепловодный комплекс эврибионтных прибрежных морских видов и узкоспециализированные формы, характерные для богатых органикой придонных горизонтов. Несмотря на то что в озерный период в оз. Изменчивое сохраняется высокая численность планктона, появляются обедненные участки с выраженным дефицитом. Средняя биомасса зоопланктона в это время поддерживается на довольно высоком уровне за счет нескольких широкоотолерантных видов. В среднем по акватории водоема доля кормового планктона снизилась до 30–35 %.

Основные черты эволюции лагунного оз. Изменчивое при смене гидрологического статуса проявляются в следующем:

снижении видового разнообразия за счет исчезновения морских интерзональных и глубоководных холодноводных видов;

значительном увеличении доли термофильных элементов как по численности, так и по биомассе;

сокращении экологических группировок и значительном упрощении структуры сообщества;

увеличении численности отдельных видов на фоне снижения количественных показателей других видов и смене доминантных видов.

Литература

- Биологическая продуктивность океана. 1977. Океанология. Биология океана. Т. 2. М.: Наука. 400 с.
- Бровко П.Ф. 1990. Развитие прибрежных лагун. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 148 с.
- География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ. 2002. 432 с.
- Бровко П.Ф. и др. 1995. Природа Корсаковского района. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 93 с.
- География и мониторинг биоразнообразия. 1977. М.: Изд-во НУМЦ (Серия учебных пособий «Сохранение биоразнообразия»). 253 с.
- Гидробиологическая характеристика шельфовой зоны северо-востока Сахалина и о-в Тюлений. 2001. Отчет о НИР / СахНИРО; отв. испол. В.С. Лабай. Южно-Сахалинск. 305 с.
- Гидролого-гидробиологическая характеристика озера Изменчивого в 2007 году. 2007. Отчет о НИР по договору ХД-29/2007 от 29.05.07. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 71 с.
- Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. 1982. Владивосток: ТИНРО. 29 с.
- Инструкция по сбору и первичной обработке планктона в море. 1974. Владивосток: ТИНРО. 49 с.
- Константинов А.С. 1986. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 472 с.
- Кун М.С. 1975. Зоопланктон Дальневосточных морей. М.: Пищ. пром-сть. 148 с.
- Лагуны Сахалина. 2002. / П. Ф. Бровко, Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков, А. Н. Володарский, Н. С. Терентьев, Т. Н. Токарчук. Владивосток Изд-во Дальневост. ун-та. 80 с.

- Лубны-Герцык Е.А.* 1953. Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей // Докл. АН СССР. Т. 91, № 4. С. 949–952.
- Материалы экспедиционных исследований на озерах о. Сахалина 1972. / Отчет № 2484. СахУГМС, под ред. В. И. Гуровой. Южно-Сахалинск. 31 с.
- Микулич Л.В., Родионов Н.А.* 1975. Весовая характеристика некоторых зоопланктеров Японского моря // Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. Т. 9. С. 75 – 87.
- Надточий В.В.* 2002. Динамика численности, биомассы и возрастного состава массовых видов copepod в районе Южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 130. С. 451–464.
- Одум Ю.* 1984. Экология: в 2 т. М.: Мир. 328 с.
- Природа Корсаковского района. 1995. / П. Ф. Бровко, Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков, Л.Н. Василевская, О.В. Храпко, В.А. Коноваленко. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 93 с.
- Результаты обследования лагун юго-восточного побережья Сахалина. 1963. Отчет о НИР / отв. испол. Г.А. Колеватова; СахНИРО. 16 с.
- Численко Л.Л.* 1968. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. Л.: Наука. 106 с.
- Чучукало В.И.* 1989. Возрастная структура массовых видов веслоногих рачков эпипелагиали северо-западной части Тихого океана. Деп. во ВНИЭРХ, № 6(212), № 1002–рх 89 / В.И. Чучукало, Р.А. Федосова, Н.А. Кузнецова и др. Владивосток: ТИНРО. 27 с.
- Шунтов В.П.* 2001. Биология дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 267–325.