

**СУТОЧНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ МИГРАЦИИ ВЫСШИХ РАКООБРАЗНЫХ
(CRUSTACEA: MALACOSTRACA) В ЛАГУННОМ ОЗЕРЕ ПТИЧЬЕ
(ЮЖНЫЙ САХАЛИН)**

В. С. Лабай¹, С. В. Лабай²

¹*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.*

E-mail: labay@sakhniro.ru

²*Лицей № 1, ул. Комсомольская, 191-А, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.*

По результатам съемки в оз. Птичье (южный Сахалин) в 2012–2013 гг. описан видовой комплекс высших ракообразных, участвующих в вертикальных миграциях. Описаны суточные и сезонные особенности вертикальных миграций, как в столбе воды, так и в приповерхностном слое. Обсуждаются причины вертикальных миграций высших ракообразных в оз. Птичье.

**DAILY VERTICAL MIGRATIONS OF MALACOSTRACA (CRUSTACEA)
IN LAGOON LAKE PTICH'YE (SOUTHERN SAKHALIN)**

V. S. Labay¹, S. V. Labay²

¹ – *Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries & Oceanography (SakhNIRO), 196 Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: labay@sakhniro.ru*

² – *Liceum No. 1, 191-A Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia.*

The species complex of Malacostraca, involved in vertical migrations, is described for the Lake Ptich'ye (southern Sakhalin) in 2012–2013. The daily and seasonal features of vertical migrations as in the water column and in the surface layer were studied. Conditions underlying the vertical migrations of Malacostraca in lagoon lakes are discussed.

ВВЕДЕНИЕ

Многие донные ракообразные демонстрируют суточные и приливные изменения в их распределении. В основном, это ночные (особенно в морских и озерных условиях) или приливо-фазовые (особенно в устьях рек) вертикальные миграции (Hough & Naylor, 1992). Ночные вертикальные миграции отмечены для амфипод, изопод, кумовых раков, copepod и десятиногих раков (Mees, Jones, 1997). Гипотезы, выдвинутые для объяснения вертикальных миграций, относятся к доступности продуктов питания в поверхностных слоях, преимуществам более низкого метаболизма в глубоких слоях, избегания визуального хищничества, горизонтальной дисперсии и миграций для размножения (Beeton, Bowers, 1982; Mees, Jones, 1997). Линдстрем и Фортелиус (Lindstrom, Fortelius, 2001) показали, что миграционная активность бокоплавов *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855) возрастала при росте температуры воды и росте плотности популяции. Доннер и Линдстрем (Donner, Lindstrom, 1980) утверждают также, что вертикальные миграции этого вида обусловлены не только светочувствительной реакцией бокоплавов, но и внутренними циркадными ритмами.

Для бокоплавов оз. Байкал, совершающих в разной степени вертикальные миграции, Тахтеев с соавторами (2006) выдвинул три основные гипотезы причин вертикальных

миграций: защитно–пищевую, репродуктивную и температурную, среди которых наиболее убедительной признана температурная. В свою очередь, Бессолицына (2000, 2001) также для амфипод оз. Байкал отмечает, что суточные вертикальные миграции бентосных амфипод являются сложной поведенческой стратегией, обеспечивающей защиту от донных хищников, увеличение выживаемости молоди и ее расселение, и позволяющей мигрирующим видам более полно реализовывать свой биотический потенциал. Она же описывает для байкальских амфипод суточную, лунно–месячную и сезонную изменчивость, обусловленную динамикой бентосных сообществ амфипод и влиянием экологических факторов.

В морских лагунах возможно проявление как ночных, так и приливо–фазовых миграций ракообразных. Уникальный гидрологический режим лагунного оз. Птичье, имеющего периодическую связь с морем, позволяет исследователям разделить различные виды суточных миграций.

Исследования суточных вертикальных миграций высших раков в лагунных водоемах Дальнего Востока России проводятся впервые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

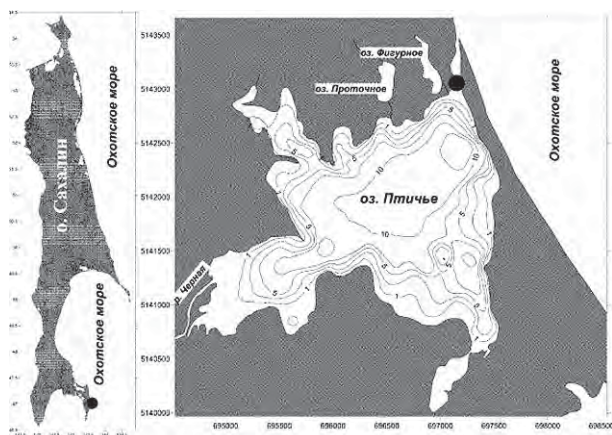


Рис. 1. Карта-схема района исследований на оз. Птичье в 2012–2013 гг.

Исследования проведены на оз. Птичье (Корсаковский район) в мае, июне, июле, августе, сентябре и ноябре 2012 г. и в феврале 2013 г. Изучение вертикальных миграций ракообразных проведено на суточной станции, расположенной в протоке, соединяющей оз. Птичье с Охотским морем (рис. 1). Выбор станции обусловлен возможностью не только оценить суточные вертикальные миграции ракообразных, постоянно обитающих в озере, но и возможностью описания суточных миграций ракообразных, проникающих в лагуну из сопредельного морского побережья,

в периоды, когда протока была открыта.

Отбор проб проводили тотальным обловом слоя от дна до поверхности икорной сетью ИКС-50 (диаметр входного отверстия 50 см, ячея 0,35–0,55 мм, длина фильтрующего конуса 3 м). Вес снаряженной сети с грузом около 30 кг. Подъем сети осуществлялся на скорости 1 м/сек. Дополнительно производился горизонтальный лов на дистанции 100 м в районе точки отбора. В феврале, из-за наличия ледового покрова, пробы отбирали только тотальным ловом дно – поверхность. Пробы отобраны с временным интервалом в 3 часа с перекрытием сроков начала и конца измерений. Отобранные пробы фиксировались 4% раствором нейтрализованного формалина.

Параллельно отбору проб с помощью зонда YSI-85 произведены измерения температуры воды (°C), солёности (‰) и концентрации растворенного кислорода (% насыщения) с вертикальным интервалом 1 м.

Первичную обработку проб (выборку высших ракообразных) осуществлял С.В. Лабай. Видовое определение производил В.С. Лабай. Извлеченные и определенные организмы пересчитывали, затем обсушивали на фильтровальной бумаге до исчезновения влажного пятна и взвешивали с точностью до десятых долей миллиграмма. В последующем количественные данные пересчитывали на кубический метр.

При написании статьи использовались программы Microsoft Excel, Golden Software Surfer и Statistica.

Принятые сокращения: S – количество встреченных видов (длина видового списка), N – численность, B – биомасса, ЧВ – частота встречаемости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Лагунное оз. Птичье расположено на восточном побережье Тонино-Анивского полуострова между мысами Менапуцы и Птичий Нос. Оно имеет длину 4,2 км, максимальную ширину 4,0 км. Площадь лагуны около 3,2 км² (Природа ..., 1995). Относится к типу лагун-эстуариев (Бровко, 1990; Лагуны Сахалина, 2002). В озеро впадают четыре речки – Черная, Маячная, Мелкая, Арсеньевка с суммарным стоком твердых наносов 12350 тонн/год. Для озера характерны многочисленные глубоко вдающиеся заливы, часть которых отчленена наносами от основной акватории (оз. Проточное и Фигурное). Морфологически оз. Птичье состоит из центрального плеса и нескольких заливов: северо-западного, западного (в который впадает р. Черная), и южного, часть которого была отчленена автодорожной насыпью с пропускной трубой в отдельное озеро; глубина заливов составляет 6–8 м. В центре южного залива расположена скалистая отмель, во время отлива превращающаяся в отдельный островок. Склоны котловины узкие шириной 100–200 м, с быстро нарастающими глубинами (см. рис. 1). Подводный береговой склон озера на глубине 8–10 м переходит в выровненную поверхность аккумулятивной равнины. Сложена она алевритопелитовыми илами, которые на склонах котловины сменяются крупными алевритами и мелко- и среднернстыми песками.

От Охотского моря оз. Птичье отделено аккумулятивной формой преимущественно донного питания. На современном этапе конфигурация протоки существенно изменилась. Произошло смещение устья к северу, удлинение и сужение протоки. Во время штормов протока обычно замыкается и прорывается после весеннего паводка, либо после сильных дождей. Значительную роль в существовании протоки играют местные жители, которые довольно регулярно прорывают протоку в месте замыкания для захода рыбы в лагуну. Во время наших исследований связь с морем отмечалась в мае, сентябре и ноябре.

В открытом состоянии уровень воды в лагуне определяется приливо–отливными явлениями и характеризуется суточной амплитудой до 1 м. При закрытой протоке уровень воды может повышаться до 1 м от уровня максимального прилива (сентябрь 2012 г.). Во время осенних штормов, когда накопление воды в озере компенсируется постоянными штормовыми наносами, уровень воды в озере может повышаться до более чем 2-х метров (16 ноября 2012 г.). Акватория озера при таких подъемах уровня увеличивается почти в два раза за счет включения в водоем равнинного сегмента долины р. Черная и других вдающихся водотоков, и включения придаточных озер.

Весной наблюдается гомотермия от поверхности до дна; летом – двухслойная стратификация с теплым поверхностным слоем и холодным нижним; переходная к осени ситуация – заглубление теплого поверхностного слоя и формирование поверхностного охлажденного слоя; зимой – обратная двухслойная стратификация с холодным поверхностным слоем и более теплым нижним.

В периоды связи с морем толщина верхнего слоя составляет около 2 м; при закрытой протоке толщина верхнего термослоя возрастает до 5 м. Во время осеннего паводка, когда уровень озера поднимался на 2 м выше уровня максимального прилива, термоклин залегал на глубине 7 м.

В поверхностном слое наблюдается типичная одновершинная кривая температуры с максимальным прогревом в августе: в среднем – 19,72°C (рис. 2). В придонном слое наблюдается постепенный прогрев воды до 9,8°C в июле, после чего, вплоть до ноября, сохраняется константа температуры на уровне 8,5–9,95°C. Летом и осенью (июль – октябрь) температура придонного слоя в озере холоднее, чем в прилегающем морском побережье

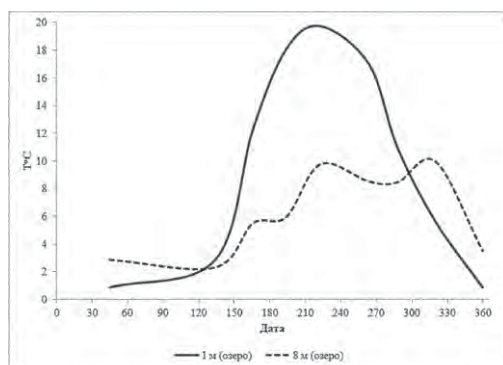


Рис. 2. Годовой ход температуры воды (°С) оз. Птичье в поверхностном и придонном слоях в 2012–2013 гг.

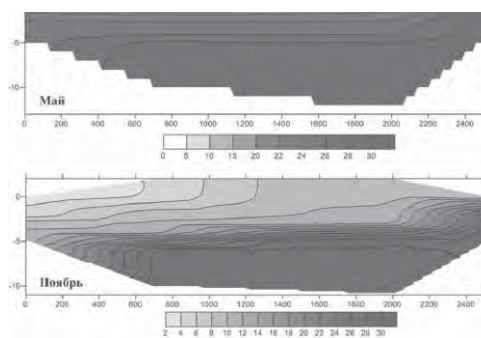


Рис. 3. Вертикальное распределение солености воды (‰) в оз. Птичье в 2012 г.

(при близкой солености), что создает условия для существования морской холодноводной фауны. Зимой и весной (ноябрь – июнь) температура придонного слоя выше, чем в прилегающем морском побережье. В этот период озеро может служить рефугиумом для тепловодной морской фауны.

Изменения вертикального распределения солености воды в озере показано на рисунке 3. Отмечена типичная двухслойная стратификация: верхний слой распреснен, нижний характеризуется соленостью близкой к морской. Пикноклин располагается на глубине от 0,5–2 м (открытая протока) до 5 м (закрытая протока).

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ ПО ПЕРИОДАМ СЪЕМОК

За время наблюдений было обнаружено 47 видов высших раков из 5 отрядов, наибольшим количеством видов (37) был представлен отряд амфиподы (приложение).

Суточная динамика показателей обилия (численность и биомасса) ракообразных в толще воды показана на рисунке 4.

В мае вертикальные миграции отмечены в период времени с 21-00 по 09-00, однако, наибольшие численность и биомасса в толще воды отмечены в начале ночи – 00-00 – 03-00 (рис. 4А). Несмотря на то, что численность и биомасса были выше в вертикальных ловах (т. е. в придонном горизонте), разнообразие видового состава было наибольшим в горизонтальных ловах (приповерхностный горизонт) (таблица). В вертикальных ловах по биомассе преобладали бокоплавы *Anonyx validus* (67% общей биомассы, ЧВ – 22,2%) и *Pontogeneia ivanovi* (20,9% биомассы, ЧВ – 44,4%). В горизонтальных ловах преобладали *P. ivanovi* (19% биомассы, ЧВ – 50%); еще 6 видов – *Ischyrocerus chamissoi*, *Paramoera* indet., *Atylus collingi*, *Megamoera* indet., *Orchomenella japonica* и *A. validus* – формировали 39,1% общей биомассы.

В июне период нахождения раков в толще воды был короче – с 00-00 по 09-00, наибольшие численность и биомасса отмечались после заката – 00-00 (рис. 4Б). Как и в мае, численность и биомасса были выше в придонном горизонте, а разнообразие видового состава было наибольшим в приповерхностном горизонте (таблица). Во всех ловах доминировали бокоплавы *Anisogammarus pugettensis* (40 и 46% от общей биомассы, соответственно).

Наиболее короткий промежуток времени нахождения ракообразных в толще воды характерен для июля: с 00-00 по 06-00 (рис. 4В). Численность и биомасса в поверхностном слое воды резко увеличились, по сравнению с июнем, но все равно были ниже, чем в столбе воды (таблица). Наблюдалась очередная смена ключевых видов вертикальных миграций. Доминантой вертикальных ловов были бокоплавы *Eogammarus tiuschovi* (33%

Таблица

Показатели обилия высших ракообразных в пелагиали оз. Птичь по месяцам 2012 г.

Группа	Вертикальные ловы					Горизонтальные ловы				
	S	N, экз./м ²	N, %	B, г/м ²	B, %	S	N, экз./м ²	N, %	B, г/м ²	B, %
май										
Amphipoda	13	15,3	96,4	0,081	98,3	26	0,99	97,5	0,00414	94,4
Cumacea	1	0,2	1,1	0,000	0,02	1	0,01	0,6	0,000001	0,01
Decapoda	-	-	-	-	-	1	0,01	0,6	0,00001	0,2
Isopoda	1	0,2	1,3	0,000	0,01	1	0,01	0,6	0,00001	0,3
Mysida	1	0,2	1,2	0,001	1,6	1	0,01	0,6	0,00022	5,1
Всего	16	16	100,0	0,083	100,0	30	1,02	100,0	0,00438	100,0
июнь										
Amphipoda	12	15,1	94,1	0,045	94,0	17	0,82	93,5	0,0010	90,4
Cumacea	1	0,2	1,3	0,000	0,04	1	0,01	0,6	0,00001	0,5
Decapoda	-	-	-	-	-	1	0,01	0,6	0,000001	0,1
Isopoda	1	0,4	2,3	0,000	0,7	1	0,01	0,6	0,00001	0,5
Mysida	1	0,4	2,4	0,002	5,2	1	0,04	4,5	0,00009	8,5
Всего	15	16	100,0	0,048	100,0	21	0,88	100,0	0,0011	100,0
июль										
Amphipoda	9	17,9	96,4	0,034	88,8	14	3,71	71,2	0,0044	62,9
Decapoda	-	-	-	-	-	1	0,03	0,5	0,00001	0,2
Isopoda	1	0,5	2,8	0,004	9,9	2	0,07	1,3	0,00006	0,9
Mysida	1	0,1	0,8	0,000	1,3	2	1,41	27,0	0,0025	36,1
Всего	11	19	100,0	0,038	100,0	19	5,21	100,0	0,0070	100,0
август										
Amphipoda	6	5,6	73,1	0,020	76,8	5	0,86	42,3	0,0026	35,9
Cumacea	1	0,2	3,0	0,000	0,7	-	-	-	-	-
Decapoda	-	-	-	-	-	1	0,01	0,3	0,00001	0,1
Isopoda	1	0,2	3,0	0,000	1,6	2	0,02	0,8	0,00005	0,7
Mysida	1	1,6	20,9	0,006	21,0	2	1,15	56,6	0,0046	63,4
Всего	9	7,7	100,0	0,026	100,0	10	2,02	100,0	0,0073	100,0
сентябрь										
Amphipoda	4	1,8	13,5	0,004	6,9	3	0,14	14,7	0,00074	8,0
Decapoda	-	-	-	-	-	1	0,02	2,4	0,00458	49,5
Isopoda	1	6,2	47,9	0,021	33,6	2	0,47	48,8	0,00165	17,8
Mysida	2	5,0	38,6	0,037	59,4	3	0,33	34,1	0,00229	24,7
Всего	7	13,0	100,0	0,062	100,0	9	0,96	100,0	0,00926	100,0
ноябрь										
Amphipoda	2	0,42	63,2	0,010	63,3	14	0,55	63,40	0,00184	56,9
Isopoda	2	0,24	36,8	0,006	36,7	1	0,08	9,15	0,00049	15,1
Mysida	-	-	-	-	-	2	0,24	27,45	0,00090	28,0
Всего	4	0,66	100,0	0,017	100,0	17	0,87	100,00	0,00323	100,0

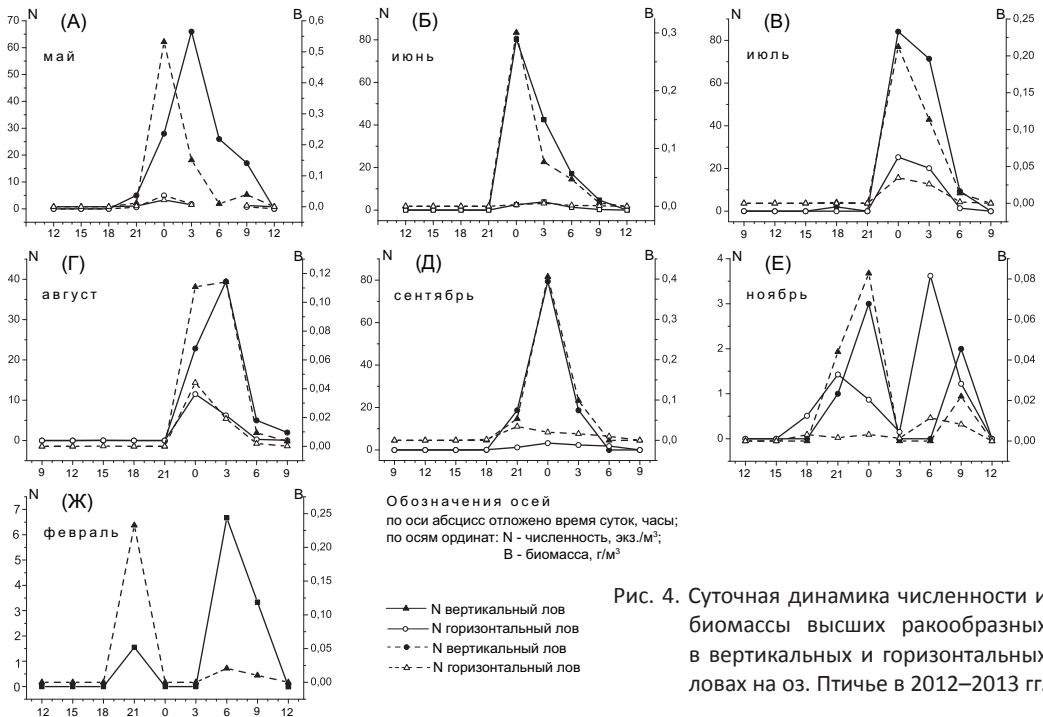


Рис. 4. Суточная динамика численности и биомассы высших ракообразных в вертикальных и горизонтальных ловах на оз. Птичьё в 2012–2013 гг.

общей численности и 30,6% общей биомассы). Высокое значение имели бокоплавы *Calliopius laeviusculus* и *A. pugettensis* (в сумме: 44,4% от общей численности и 41,9% от общей биомассы). В горизонтальных ловах мизиды *Neomysis awatschensis* и разноногие раки *A. pugettensis* и *E. tiuschovi* формировали тотально 74% общей численности и 78% общей биомассы.

В августе, как и в июле, ракообразные отмечались в толще воды с 00-00 по 06-00. Структура комплекса высших раков в толще воды была схожей с таковой в июле, основу численности и биомассы формировали два вида: мизиды *N. awatschensis* и разноногие раки *E. tiuschovi* (совместно в вертикальных ловах – 60% общей численности и 77% общей биомассы; в горизонтальных ловах – 82 и 87%, соответственно). Соотношение интегральных показателей обилия оставалось таким же, как в июле (таблица, рис. 4Г). Как и в предыдущие месяцы, наибольшее обилие высших раков в толще воды отмечено в начале ночи – в 00-00.

В сентябре удлинении ночного времени приводит к увеличению периода нахождения ракообразных в пелагиали: с 21-00 по 06-00 (рис. 4Д). Количественные показатели в приповерхностном слое значительно уступали таковым в столбе воды (таблица). Отмечена очередная смена доминант. В вертикальных ловах преобладали мизиды *Neomysis mirabilis* и равноногие раки *Gnорimosphaeroma ovatum* (совместно: 85% общей численности и 91% общей биомассы). У поверхности наиболее значимы были песчаные шримсы *Crangon amurensis* и мизиды *N. mirabilis* (тотально: 33% общей численности и 73% общей биомассы). Массовым видом были также изоподы *G. ovatum* (48 и 17%, соответственно).

В ноябре дальнейшее удлинение ночного времени привело к удлинению периода вертикальных миграций с 18-00 до 09-00. Общее количество мигрантов гораздо ниже, чем в весенние и летние месяцы. В суточной кривой показателей обилия отмечается два пика – вечерний и утренний, наибольшее обилие ракообразных в поверхностном слое наступает на три часа раньше, как утром, так и вечером (рис. 4Е). Значения показателей обилия в вертикальных и горизонтальных ловах относятся к одному порядку, а общее разнообра-

зие видов у поверхности значительно выше, чем в столбе воды (таблица). В столбе воды отмечаются преимущественно лагунные виды, а в поверхностном горизонте – морские прибрежные, что обусловлено нормальным функционированием протоки. В столбе воды ключевыми видами являлись бокоплав *A. pugettensis* и изоподы *Idotea gurjanovae* (63% общей численности и 85% общей биомассы). В горизонтальных ловах наиболее значимыми видами были мизиды *N. mirabilis*, разноногие раки *A. validus* и *E. tiuschovi*, равноногие раки *G. ovatum* (тотально: 41% общей численности и 71% общей биомассы).

Видимая связь между длиной ночи и периодом нахождения ракообразных в толще воды подтверждается высокой устойчивой корреляцией между ними (для безледного периода) равной 0,91.

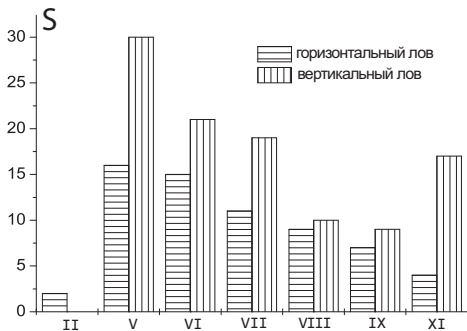


Рис. 5. Изменчивость длины видового списка (S) ракообразных, участвующих в вертикальных миграциях, в оз. Птичьё в 2012–2013 гг.

Обнаруживаются две закономерности при анализе графиков изменения длины видового списка в течение года (рис. 5). Во-первых, отмечается снижение видового разнообразия с мая по ноябрь (вертикальные ловы). Во-вторых, значения показателя в горизонтальных ловах выше, чем в вертикальных; особенно в месяцы, когда протока была открыта. При закрытой протоке разница была невелика и объяснялась большим объемом процеженной воды. При открытой протоке основу видового состава в поверхностном слое составляли морские прибрежные виды, а в вертикальных ловах как собственно лагунные, так и морские прибрежные виды. Таким образом, одной из целей соверше-

ния вертикальных миграций является освоение новых ареалов.

Ритмика вертикальных миграций при открытой протоке не совпадает с периодичностью приливных явлений. В мае во время суточной съемки максимум приливной волны отмечался в 20-00, а максимум показателей обилия пришелся на начало ночи: 00-00 – 03-00, т. е. на отливную волну. Следовательно, вертикальные миграции и пространственные перемещения морских прибрежных ракообразных в лагунное озеро не являются пассивным дрейфом последних с приливным течением, а направленным движением из морского побережья в озеро. Таким образом, поддерживается высокое разнообразие видов донных ракообразных в оз. Птичьё.

Анализ годовой динамики численности и биомассы ключевых в вертикальных миграциях видов показывает, что вертикальные миграции не являются постоянной прерогативой одного или нескольких видов ракообразных. Наблюдается смена нескольких сезонных групп ракообразных в течение года. Первую (весеннюю) формируют бокоплав *P. ivanovi* и *A. validus*. В первой половине лета наиболее значимы разноногие раки *A. pugettensis*. Во второй половине лета их сменяют бокоплав *E. tiuschovi*, *C. laeviusculus* и мизиды *N. awatschensis*. Индикаторами осеннего периода являются равноногие раки *G. ovatum*, мизиды *N. mirabilis* и песчаные шримсы *C. amurensis*. Такая годовая динамика, видимо, обусловлена особенностями генеративной биологии этих видов. Для двух наиболее значимых в бентосе оз. Птичьё видов – бокоплавов *E. tiuschovi* и изопод *G. ovatum* – характерна такая же, как и в пелагиали, динамика показателей обилия. *E. tiuschovi* наиболее массовы в летний период, а *G. ovatum* – в осенний. Следовательно, миграционная активность является способом избегания внутрипопуляционного давления при повышенных концентрациях особей, а ночная приуроченность миграций обусловлена прессом хищников. Полученные выводы можно, с большой долей вероятности, распространить и на другие ключевые виды мигрантов в оз. Птичьё.

Для выяснения роли пищевой причинности вертикальных миграций был осуществлен выборочный анализ содержимого кишечника трех массовых видов. Наполнение кишечника *A. pugettensis* варьировалось от 0 до 50% (в среднем – 20%), пищевой комок обычно находился в передней или средней части пищевода. Данный вид, возможно, питался непосредственно перед или во время вертикальной миграции. Но содержимое кишечника формировалось исключительно донными беспозвоночными (многощетинковые черви и ракообразные) с частотой встречаемости 45%, нитчатыми водорослями (багрянки) – 27% – и бентосными диатомовыми водорослями родов *Cocconeis* (36%), *Navicula* (27%), *Nitzschia* (36%), *Licmophora* (18%) и др. Следовательно, вертикальные миграции *A. pugettensis* кратковременны и не имеют кормовой обусловленности.

Индекс наполнения кишечника *E. tiuschovi* изменялся от 0 до 85%, составляя в среднем 29%, но, в отличие от предыдущего вида, пища концентрировалась, преимущественно, в заднем отделе пищевода. Т. е. данный вид питался задолго до подъема в толщу воды. *E. tiuschovi* также был преимущественно бентоядным видом. Только 8% рачков питались планктонной пищей (в их кишечниках были обнаружены остатки планктонных копепод). У остальных рачков основу идентифицированных остатков формировали донные диатомовые водоросли родов *Cocconeis* (62% встречаемости), *Cymbella* (46%), *Licmophora* (38%), *Navicula* (31%), *Nitzschia* (23%), *Gyrosigma* (15%) и др. Также в пищевом комке встречались донные нитчатые водоросли и останки макрофитов.

N. mirabilis массовый, в отличие от предыдущих видов, у поверхности отличался крайне низкой наполненностью пищевода (0–7%, в среднем – 2%). Содержимое пищевых комков отличалось крайне высокой переваренностью, идентифицировать принадлежность останков не удалось. Значит, данный вид во время суточных вертикальных миграций не питается.

Таким образом, для перечисленных видов пищевая обусловленность вертикальных миграций отсутствует. Возможно, этот вывод приложим и для прочих видов высших раков, участвующих в вертикальных суточных миграциях в оз. Птичь.

Распределение численности массовых в пелагиали видов ракообразных в зависимости от температуры воды показано на рисунке 6. На первый взгляд, все массовые виды ясно разделяются на две группы по термофактору. Но однозначно заявить о температурной природе вертикальных миграций можно только для *S. amurensis*. В вертикальных миграциях участвуют только сеголетки. Крупные особи второго года жизни в пелагиали нами встречены не были. Личинки этого вида в водах южного Сахалина встречаются в планктоне в июле (Labau, 2011). Переход к донному образу жизни происходит во второй половине лета; именно в это время молодь песчаного шримса и совершает вертикальные миграции. Следовательно, для этого вида температурный фактор накладывается на действие собственных биологических адаптаций вида. В данном случае вертикальные миграции при-

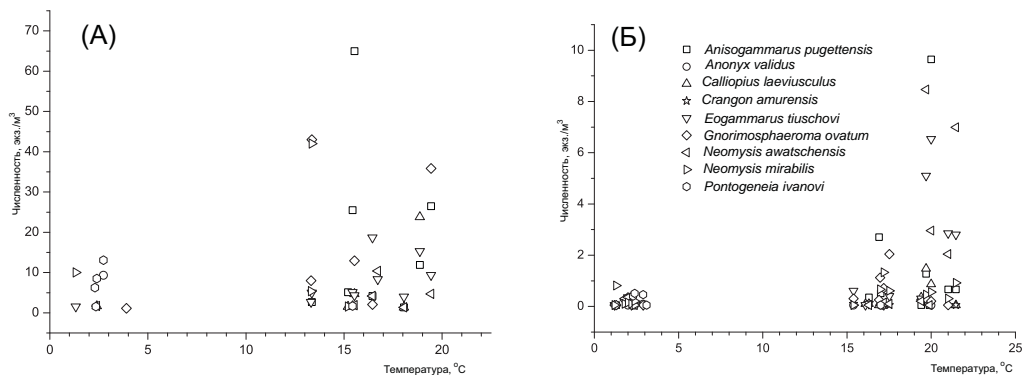


Рис. 6. Эволюта численности массовых видов ракообразных от температуры воды в вертикальных (А) и горизонтальных (Б) ловах

водят к дальнейшему расселению особей по сопредельным биотопам из мест оседания личинок.

Более сложной является ситуация для прочих массовых видов. Виды одного температурного диапазона обычно не встречаются на всем протяжении действия термофактора. Например, отмеченные при температуре воды 1–4 °С бокоплавы *P. ivanovi* и *A. validus* встречаются только весной, но не обнаружены при такой же температуре осенью, хотя в оба этих сезона протока была открыта. Еще более сложная ситуация отмечается для видов, массовых в пелагиали при температурном диапазоне 13–20 °С (в столбе воды) – 15–23 °С (у поверхности): *A. pugettensis*, *E. tiuschovi*, *C. laeviusculus*, *N. awatschensis* и *G. ovatum*. Несмотря на почти полное перекрытие температурных оптимумов этих видов, они последовательно сменяют друг друга на протяжении лета – начале осени. *N. mirabilis*, массовый осенью и зимой, встречался во всем обследованном температурном диапазоне.

Понять сложившуюся ситуацию поможет сезонная изменчивость в бентосе оз. Птичье двух наиболее массовых лагунных видов – *E. tiuschovi* и *G. ovatum*. Оба вида характеризуются растянутым сроком размножения – с конца весны по конец лета. Динамика численности *E. tiuschovi* при четырехразовой бентической съемке в среднем по оз. Птичье была следующей: 11 (февраль) – 2 (май) – 159 (август) – 70 (ноябрь) экз./м². Для *G. ovatum* изменчивость по сезонам была следующей: 25 (февраль) – 2 (май) – 13 (август) – 113 (ноябрь) экз./м². Для обоих видов была характерна значительная элиминация в зимне-весенний период. Как видно из приведенного описания, динамика численности массовых лагунных видов ракообразных в донных поселениях идеально совпадает с таковой в пелагиали. Вероятно, аналогичная обусловленность периодов высокой численности характерна и для массовых морских прибрежных видов, мигрирующих в лагунное озеро.

Выводы

Целью совершения вертикальных миграций высшими ракообразными в лагунах Сахалина является освоение новых ареалов. Вертикальные миграции и пространственные перемещения морских прибрежных ракообразных в лагунное озеро не являются пассивным дрейфом последних с приливным течением, а направленным движением из морского побережья в озеро.

Периоды высокого обилия ракообразных в пелагиали не определяются температурой, а отражают динамику численности популяции. Миграционная активность является способом избегания внутривидового давления при повышенных концентрациях особей, а ночная приуроченность миграций обусловлена прессом хищников.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность всем сотрудникам Лаборатории гидробиологии и Лаборатории пресноводных и прибрежных рыб СахНИРО, принимавшим участие в отборе проб, часто в сложных климатических и погодных условиях. Отдельную благодарность авторы выражают сотруднице Лаборатории гидробиологии того же института И. В. Мотыльковой за неоценимую помощь при видовой идентификации микроводорослей при анализе питания ракообразных.

ЛИТЕРАТУРА

- Бессолицына И.А. 2000.** Некоторые особенности суточных вертикальных миграций бентосных гаммарид озеро Байкал // Проблемы систематики, экологии и токсикологии беспозвоночных. Иркутск: Изд-во ИГУ. С. 31–37.
- Бессолицына И.А. 2001.** Динамика миграционного комплекса бентосных амфипод как реакция на циклические колебания геофизических факторов // Географические идеи и концепции как инструмент познания окружающего мира. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. С. 124–125.

- Бровко П.Ф. 1990.** Развитие прибрежных лагун. Владивосток: Изд-во Дальневосточного Ун-та. 148 с.
- Лагуны Сахалина. 2002.** / П. Ф. Бровко, Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков, А. Н. Терентьев, Т. Н. Токарчук. Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. ун-та. 80 с.
- Природа Корсаковского района. 1995.** / Под ред. П. Ф. Бровко. Владивосток. ДВГУ. 96 с.
- Тахтеев В.В., Говорухина Е.Б., Механикова И.В. 2006.** Ночная тайна Байкала // Экология и жизнь. № 5 (54). С. 56–61.
- Beeton A.M., Bowers, J.A. 1982.** Vertical migration of *Mysis relicta* Loven // Hydrobiologia. Vol. 93. P. 53–61.
- Donner K.O., Lindstrom M. 1980.** Sensitivity to light and circadian activity of *Pontoporeia affinis* (Crustacea, Amphipoda) // Ann. Zool. Fennici. Vol. 17. Pp. 203–212.
- Hough A.R., Naylor E. 1992.** Distribution and position maintenance behavior of the estuarine mysid *Neomysis integer* // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Vol. 72. Pp. 869–876.
- Labay V.S. 2011.** 5.4. Conservation biology of freshwater decapods in Sakhalin and Kuril Islands // Crayfishes, shrimps and crabs. Printed in Japan. P. 419–434. [In Japan]
- Lindstrom M., Fortelius W. 2001.** Swimming behaviour in *Monoporeia affinis* (Crustacea: Amphipoda) – dependence on temperature and population density // Journal of experimental marine biology and ecology. Vol. 256. P. 73–83.
- Mees J., Jones M.B. 1997.** The hyperbenthos // Oceanography and marine biology: an annual review. V. 35. P. 221–255.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Видовой состав высших раков (Crustacea; Malacostraca), участвовавших в вертикальных миграциях в оз. Птичьё в 2012–2013 гг.

Phylum Arthropoda
Subphylum Crustacea
Class Malacostraca
Order Cumacea

- 1 – *Campylaspis aperta* Lomakina, 1958
2 – *Mesolamprops japonicus* (Zimmer, 1937)

Order Mysida

- 3 – *Archaeomysis grebnitzkii* Czerniavsky, 1882
4 – *Neomysis awatschensis* (Brandt, 1851)
5 – *Neomysis mirabilis* (Czerniavsky, 1882)

Order Isopoda

- 6 – *Gnorimosphaeroma ovatum* (Gurjanova, 1933)
7 – *Idotea gurjanovae* Kussakin, 1974
8 – *Liriopsis pygmaea* (Rathke, 1843) (male)

Order Amphipoda

- 9 – *Abludomelita somovae* (Bulycheva, 1952)
10 – *Allorchestes angusta* Dana, 1856
11 – *Amphipoda* indet. (juv.)
12 – *Ampithoe djakonovi* Gurjanova, 1938)
13 – *Anisogammarus pugettensis* (Dana, 1853)
14 – *Anonyx validus* Gurjanova, 1962

- 15 – *Aoroides* indet.
 - 16 – *Atylus collingi* (Gurjanova, 1938)
 - 17 – *Atylus ekmani* (Gurjanova, 1938)
 - 18 – *Atylus* indet.
 - 19 – *Calliopius laeviusculus* (Kroyer, 1838)
 - 20 – *Caprella paulina* Mayer, 1903
 - 21 – *Crassikorophium crassicorne* (Bruzelius, 1859)
 - 22 – *Eogammarus tiuschovi* (Derzhavin, 1927)
 - 23 – *Guernea* indet.
 - 24 – *Ischyrocerus anguipes* Krøyer, 1838
 - 25 – *Ischyrocerus chamissoi* Gurjanova, 1951
 - 26 – *Ischyrocerus cristatus* Gurjanova, 1938 (?)
 - 27 – *Ischyrocerus serratus* Gurjanova, 1938
 - 28 – *Jassa marmorata* Holmes, 1905
 - 29 – *Lepidepcreum eoum* Gurjanova, 1938
 - 30 – *Megamoera* indet.
 - 31 – *Melita* indet.
 - 32 – *Micropleustes behningoides* Bousfield & Hendrycks, 1995
 - 33 – *Odius kelleri* Bruggen, 1907
 - 34 – *Orchomenella japonica* Gurjanova, 1962
 - 35 – *Paracalliopiella litoralis* (Gurjanova, 1938)
 - 36 – *Paramoera* indet.
 - 37 – *Photis* indet.
 - 38 – *Pleusymtes uncigera* (Gurjanova, 1938)
 - 39 – *Pontogeneia* indet.
 - 40 – *Pontogeneia ivanovi* Gurjanova, 1951
 - 41 – *Pontogeneia melanophthalma* Gurjanova, 1938
 - 42 – *Pontogeneia rostrata* Gurjanova, 1938
 - 43 – *Spasskogammarus spasskii* (Bulycheva, 1952)
 - 44 – *Traskorchestia ochotensis* (Brandt, 1851)
 - 45 – *Vonimetopa brazhnikovi* (Gurjanova, 1948)
- Order Decapoda
- 46 – *Crangon amurensis* Bražnikov, 1907
 - 47 – Личинка креветки