



УДК 574.522:591.543.43(571.5)(282.256.341)

Особенности структуры ночного миграционного комплекса гидробионтов в различных участках озера Байкал

Д. Ю. Карнаухов, В. В. Тахтеев, А. С. Мишарин

Иркутский государственный университет, Иркутск
E-mail: karnauhovdmitrii@gmail.com

Аннотация. Исследована структура ночного миграционного комплекса (МК) гидробионтов в ряде участков прибрежной пелагиали над литоральной пологой платформой и верхней частью подводного склона у западного и восточного берегов озера Байкал (глубины от 4 до 32 м). Ночной МК формируют три наиболее многочисленных группы – бентосные амфиподы (Amphipoda), пелагическая амфипода *Macrohectopus branickii* и коттоидные рыбы (Cottoidei), однако их количественные соотношения в разных участках озера значительно различаются. Выявлены и описаны 5 картин поведения гидробионтов и типов структуры МК. На присутствие и обилие основных компонентов ночных миграционных скоплений оказывают влияние прежде всего такие факторы, как расположение по отношению к открытому Байкалу, близость к приустьевым участкам рек, наличие подводных течений.

Ключевые слова: Байкал, суточные вертикальные миграции, амфиподы, рыбы, бентосные виды, пелагические виды.

Введение

Суточные вертикальные миграции (СВМ) гидробионтов представляют собой повсеместно распространённое явление, которое наблюдается как в реках и озёрах, так и в морях и океанах [3; 17 и др.]. Такое поведение свойственно для донных и пелагических организмов; особенно часто оно встречается у различных отрядов ракообразных: у копепод, амфипод, изопод, мизид [13; 15; 17]. При этом в водной толще прибрежной зоны формируется ночной миграционный комплекс (МК) гидробионтов, который состоит как из донных организмов, с наступлением сумерек покидающих убежища на дне и временно всплывающих в пелагиаль, так и из облигатных пелагиобионтов [10]. На сегодняшний день наиболее изучены миграции пелагических организмов, исследованиями причин миграций представителей бентоса стали заниматься относительно недавно.

На сегодняшний день не существует единого мнения о причинах миграционной активности обитателей бентали. Многие авторы придерживаются гипотезы о защитно-пищевой природе СВМ. Однако имеются и иные объяснения. Так, на примере оз. Птичьё (Южный Сахалин) предположено,

что миграционная активность амфипод обусловлена заселением нового участка ареала [4]. Для некоторых видов амфипод Чёрного и Азовского морей предполагалось, что их ночная активность имеет эколого-физиологические причины [3], хотя был подтверждён факт питания рачков в пелагиали во время миграций; по-видимому, он не имел определяющего значения. Показано, что на миграционную активность мизид в северной части зал. Пьюджет (штат Вашингтон, США) лунный свет оказывает влияние таким образом, что в периоды облачности или на рассвете (когда эффект лунного света минимален) происходит обратная миграция мизид от поверхности [17]. Амфиподы могут привлекаться на искусственный свет, что наблюдалось, например, в прибрежных водах Гуардамар дель Сегура (провинция Аликанте, Испания) [14]. Миграции животных к поверхности также может стимулировать и наличие рыбных хозяйств, так как животные могут питаться в обрастаниях на рыбных садках, несмотря на одновременное присутствие там хищников [14].

В Байкале явление СВМ бентосных животных изучается с середины 1990-х гг. Ночные скопления амфипод у поверхности воды были замечены раньше: так, в бухте Бол. Коты они отлавливались в качестве корма для рыб [11]. Основной состав ночного МК в озере – это донные амфиподы (Crustacea: Amphipoda), коттоидные рыбы (Scorpaeniformes: Cottoidei) и пелагическая амфипода *Macrohectopus branickii* (Dyb.) [10]. Изучение скоплений последнего в Байкале ранее проводили с помощью гидроакустической аппаратуры; полученные данные показали, что массовые скопления макрогектопуса в дневное время находятся на глубинах не менее 100 м, а ночью поднимаются вплоть до поверхности, обычно избегая захода на мелководные участки [5; 6; 18; 19].

В оз. Байкал амфиподы таксономически очень богаты – 354 вида и подвиды, и составляют 61% от фауны амфипод всех континентальных вод России [20]. Именно они и образуют основу ночного МК в озере.

Пик миграционной активности, начинающейся с вечерних сумерек, приходится на период с 24:00 до 03:00 часов ночи [11]. К рассвету все животные-мигранты возвращаются в обычные местообитания. Установлено, что в Байкале из донных амфипод в миграциях принимают участие в значительной мере или даже преимущественно неполовозрелые особи разных видов [2]. Проведённые исследования желудков мигрирующих амфипод показали, что они не питаются в толще воды, поскольку их остаточный пищевой комок состоит из пищи, поглощённой на дне [7]. Из коттоидных рыб в миграциях участвуют как молодь, так и взрослые особи. Установлен эффект привлечения на искусственный свет (лампы накаливания, галогеновые прожекторы) всех трёх групп макрофауны, слагающих МК [9; 10]. При этом у бентосных амфипод срабатывает механизм привыкания, и через некоторое время их численность возле источника света несколько снижается.

Цель настоящей работы – установить различия в структуре и обилии ночного миграционного комплекса в разных участках Байкала и выявить основные факторы, влияющие на его формирование.

Материалы и методы

Исследования структуры МК проводили методом дистанционных подводных видеонаблюдений. Точки для них выбирали в литоральной и сублиторальной зонах озера на пологой прибрежной платформе или на ступенях в верхней части крутого подводного склона на глубинах от 4 до 32 м. Всего в 2002–2016 гг. проведены 42 результативных наблюдения. На девяти точках их проводили неоднократно, в том числе в бух. Бол. Коты выполнено 24 съёмки в разные сезоны года. По всем видеозаписям были выбраны пять «эталонных» (типовых) точек, где наблюдалась та или иная картина миграционного комплекса (табл. 1). Нумерация точек на карте-схеме (рис. 1) соответствует пяти описанным типам МК.

Таблица 1

Местоположение и координаты «эталонных» точек, на которых наблюдались пять описываемых типов ночного миграционного комплекса

№ точки	Местоположение, глубина, м	Координаты	Дата наблюдений
1	Селенгинское мелководье, напротив протоки Харауз, 10–11	N 52°16'226" E 106°12'675"	19.08.2014
2	Сев. Байкал, бух. Болсодей (Баргунда), 8–9	N 54°56'263" E 108°55'784"	13.06.2014
3	Юж. Байкал, бух. Бол. Коты, 5–7	N 51°54'075" E 105°04'080"	18.07.2004 10.07.2005
4	Юж. Байкал, напротив пади Нижняя, 26–29	N 51°54'778" E 105°11'996"	13.10.2013
5	Юж. Байкал, напротив пос. Клюевка, 14–15	N 51°42'508" E 105°45'438"	04.08.2014

На первом этапе наблюдений была использована подводная видеосистема, детально описанная в работе [9]. С 2013 г. применяется аналогичная по возможностям, но более совершенная система, сконструированная ООО НПФ «Байкалприбор» (г. Иркутск). Она состоит из герметичного бокса с видеокамерой, по сторонам которого прикреплены два галогеновых прожектора общей мощностью 150 Вт. Видеокамера имеет следующие технические характеристики: матрица 1/4" CMOS, разрешение 5 мегапикселей, широкий угол обзора. Максимальное время непрерывной автономной видеозаписи – 4 часа. Наблюдения проводили, как правило, в промежуток между 23:30 и 03:00 ч (время «летнее»). На якорной стоянке судна (зимой – со льда) бокс опускали до дна, где вели видеозапись в течение 15 минут. Полученные записи разбивали на отрезки по одной минуте. Видеозапись останавливали через каждые 5 секунд и на экране монитора подсчитывали все организмы, попавшие в стоп-кадр: донных амфипод, коттоидных рыб, макрогектопуса. Далее вычисляли среднее количество организмов каждой группы (в экземплярах на стоп-кадр) в течение каждой минуты наблюдения и ошибку среднего. Для сопоставимости данных состав и структуру МК описывали за первые 5 минут наблюдений, и для этого временного промежутка также вычисляли средние значения обилия.

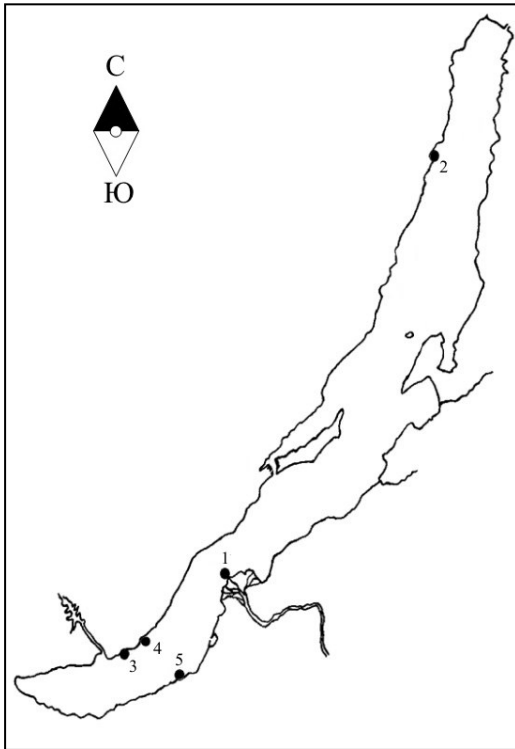


Рис. 1. Карта-схема расположения пунктов подводных видеонаблюдений за ночным миграционным комплексом на оз. Байкал, для которых описаны типичные картины его структуры: 1 – напротив дельты Селенги у протоки Харауз; 2 – бух. Болсодей (Баргунда); 3 – бух. Бол. Коты; 4 – напротив пади Нижняя; 5 – напротив пос. Ключевка

Отдельно для установления видового состава амфипод-мигрантов и оставшихся в то же самое время на дне, а также для выявления животных-мигрантов из состава мейофауны отбирали пробы дночерпателем Экмана – Берджа с площадью захвата 0,0225 м² и планктонной сетью Джели с диаметром входного отверстия 37,5 см по три повторности каждым прибором. Пробы фиксировали 4%-ным раствором

формалина, их обработку проводили в лабораторных условиях по стандартным для зообентоса и зоопланктона методикам.

Результаты

Совокупный анализ сетных и дночерпательных проб, а также видеозаписей позволил выявить состав ночного миграционного комплекса. В него из числа бентосных групп (так называемый меропланктон, или временные обитатели пелагиали) обычно входят донные амфиподы (Amphipoda), гарпактициды (Harpacticoida), донные циклопы (Cyclopoida), молодь донных коттоидных рыб (Cottoidei), редко – личинки хирономид (Chironomidae) и олигохеты (Oligochaeta). Из настоящих пелагиобионтов (голопланктона) в составе МК регулярно присутствует пелагическая амфипода *Macrohectopus branickii* (Dyb.), байкальская эпишура *Epischura baicalensis* Sars (Calanoida), коловратки (Rotifera), ветвистоусые рачки (Cladocera), молодь и взрослые особи пелагических коттоидных рыб из родов *Cottocomephorus* и *Comephorus*.

Однако соотношение компонентов и динамика ночного МК в разных участках озера неодинаковы. Полученные видеозаписи позволяют выявить пять различающихся картин поведения гидробионтов во время СВМ.

Первая картина неоднократно наблюдалась у Селенгинского мелководья, напротив протоки Харауз (точка № 1). Для неё характерен очень бедный миграционный комплекс (рис. 2, 1): в августе 2014 г. количество амфипод в кадре составило в среднем всего 0,02 экз. на стоп-кадр в первые 5 ми-

нут наблюдений (табл. 2), на 6–10-й минутах они полностью отсутствовали. Рыбы также появлялись в кадре единично, повышения плотности мигрантов не происходило.

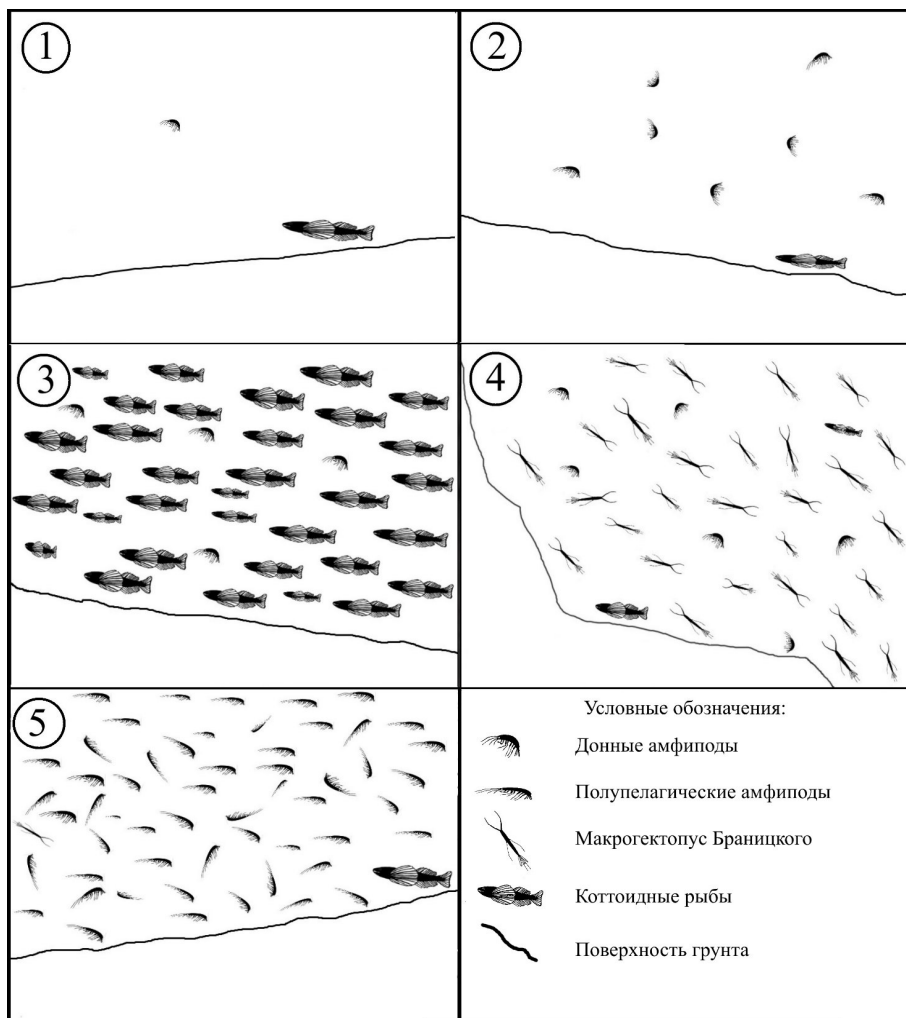


Рис. 2. Схематическое изображение картин поведения гидробионтов при суточных вертикальных миграциях в оз. Байкал. Цифрами обозначены типы миграционных комплексов, описываемые в тексте: 1 – бедный МК с единичными экземплярами донных амфипод и рыб; 2 – МК с умеренным количеством донных амфипод и единичным присутствием рыб; 3 – МК с большим количеством рыб и умеренным обилием донных амфипод; 4 – МК в присклоновой зоне с преобладанием *Macrohectopus branickii* и умеренным числом донных амфипод и рыб; 5 – МК с большим обилием активно плавающих донных амфипод, могут немногочисленно присутствовать рыбы и макрогектопус

Таблица 2

Средние значения численности (экз./стоп-кадр) основных компонентов ночного МК в «эталонных» точках наблюдений на протяжении первых 5 минут видеосъёмки

Таксономические группы	Точки видеонаблюдений				
	1	2	3	4	5
Донные амфиподы	0,02±0,02	7,49±0,25	3,15±0,37	8,38±0,65	81,92±7,57
Рыбы	0,04±0,03	0,03±0,02	95,35±7,44	1,11±0,17	1,29±0,17
Макрогектопус	0	0	0	41,95±2,40	0,16±0,05

Для *второй картины* МК, наблюдавшейся в июне 2014 г. на Северном Байкале в бух. Болсодей (Баргунда) (точка № 2), характерно небольшое или умеренное количество амфипод и малое – рыб (см. табл. 2; рис. 2, 2). При этом обилие амфипод медленно росло, достигнув максимума (13 экз./стоп-кадр) на 12-й минуте.

Для *третьей картины*, неоднократно наблюдавшейся в июле в бух. Бол. Коты (Южный Байкал, точка № 3, мелководная платформа), характерно умеренное количество амфипод при огромном скоплении сеголетков коттоидных рыб (см. табл. 2; рис. 2, 3). Так, 18.07.2004 г. в первые две минуты съёмки численность рыбной молоди в объективе камеры возросла примерно в 7 раз по экспоненциальной кривой [8], затем удерживалась на стабильно высоком уровне, достигая в отдельные моменты 150 экз./стоп-кадр. Попытка отобрать пробу сетью Джели при таких условиях приводит к забиванию сливного стакана рыбной молодью. Количество амфипод, напротив, после достижения максимума на 2-й минуте (10 экз. на стоп-кадр), далее снижалось, уже на 4-й минуте составляя лишь 0,64±0,07 экз. на стоп-кадр.

Аналогичная картина наблюдалась в этой точке 10.07.2005 г. (рис. 3). Отличия заключались в том, что значительное возрастание обилия молоди рыб началось на 8-й минуте наблюдения, его предельное значение не превышало 48 экз. на стоп-кадр, а количество амфипод незначительно возрастало в первые 5 минут и затем оставалось небольшим, но стабильным, не превышая 10 экз. на стоп-кадр.

Для *четвёртой картины* (Южный Байкал, напротив пади Нижняя, точка № 4), кроме умеренного числа донных амфипод и низкого – коттоидных рыб, характерно весьма обильное присутствие макрогектопуса (см. табл. 2; рис. 2, 4) на несвойственных для него глубинах: ранее отмечалось, что скопления этого вида избегают участков с глубинами менее 100 м [6]. При этом обилие донных амфипод достигло максимума на 2-й минуте наблюдения (16,08±1,02 экз./стоп-кадр) и затем постепенно снижалось (до 3,08±0,49 экз./стоп-кадр на 11-й минуте). В отличие от них, обилие макрогектопуса возрастало на протяжении всего времени съёмки (от 17,23±2,20 экз./стоп-кадр на 1-й минуте до 97,75±5,04 на 11-й) в результате его привлечения на искусственный свет.

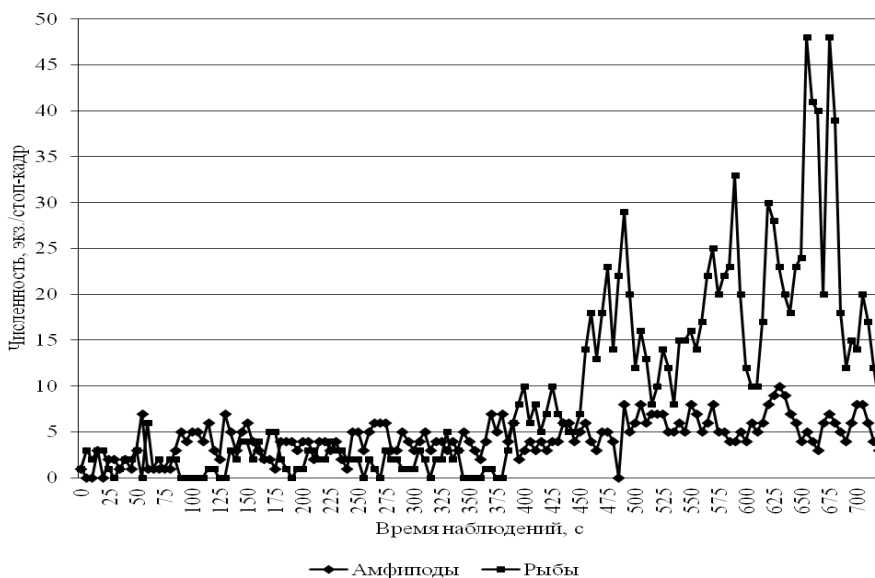


Рис. 3. Динамика структуры ночного МК в точке № 3 (бух. Бол. Коты) 10.07.2005 г., время наблюдения 00:39–00:50

Пятая картина описана для района напротив пос. Ключевка (Южный Байкал, точка № 5) [16]. Характерны значительные скопления бентосных амфипод, в небольшом количестве присутствуют рыбы и макрогектопус (см. табл. 2; рис. 2, 5). В данном случае практически единственный всплывший со дна вид амфипод – *Micruropus wohlii platycercus* (Dyb.), который на самом деле является полупелагическим. Он, как и номинативный подвид *M. wohlii wohlii* (Dyb.), днём зарывается в песчаные и илистые грунты, а ночью формирует скопления, которые могут выноситься из прибрежной зоны, встречаясь в открытой пелагиали над глубинами до 800 м (возможно, и более) [7].

Обсуждение

Генерально состав доминирующих групп макрофауны в ночном миграционном комплексе в прибрежной пелагиали Байкала универсален: в нём практически всегда присутствуют бентосные амфиподы, очень часто – молодь рыб (в основном коттоидных), реже пелагический бокоплав макрогектопус. Однако на схожих по глубинам участках МК существенно различается по количественному соотношению этих групп. На его структуру оказывают влияние такие факторы, как сезон года, гидродинамическая активность (сила прибоя, придонные течения), характер подводного ландшафта.

В местах с существенно выраженным подводным течением МК крайне беден. Это демонстрирует первый из вышеописанных типов МК. Там, где береговая линия вдаётся в открытый Байкал или ощущается приток речных вод, горизонтальные течения усиливаются, что хорошо заметно на видеозаписи. В таких участках амфиподы в пелагиали практически отсутствуют,

рыбы также представлены единично. Такая картина наблюдалась возле дельты Селенги у устья протоки Харауз (23.06.2006, 20.08.2014), а также напротив оконечности м. Омагачан (Сев. Байкал, 07.10.2004, 27.06.2006) и на внешнем рейде бух. Песчаная (Юж. Байкал, 12.10.2013).

Открытым участкам Байкала без заметных горизонтальных течений, прежде всего открытым бухтам, свойствен второй тип МК. Миграционная активность здесь невысокая, состав мигрантов представлен в основном амфиподами, рыбы немногочисленны. Количество амфипод вначале (на 1–4-й минутах наблюдений) возрастает, а затем обычно несколько снижается. Кроме бух. Болсодей (см. выше), такая картина отмечена для бух. Таланка (Ср. Байкал, 20.08.2014 г.): здесь численность амфипод в водной толще была максимальной на 3-й минуте ($3,28 \pm 0,33$ экз./стоп-кадр), затем снизилась до $2,45 \pm 0,55$ экз./стоп-кадр на 8-й минуте.

Третий тип также соответствует открытым и полуоткрытым бухтам, какой является бух. Бол. Коты. МК состоит из амфипод и большого количества молоди рыб, при этом вначале возрастает численность тех и других, далее численность первых снижается по мере нарастания таковой рыб, иногда вплоть до исчезновения. Здесь может сказываться реакция активного избегания хищника при улавливании амфиподами химических сигналов от рыб. Отличие таких открытых бухт от аналогичных в других участках Байкала обусловлено, скорее всего, наличием здесь мест массового нереста и нагула коттоидных рыб. Факт привлечения их молоди на искусственный свет в огромных количествах описан достаточно давно [1]. Рассматриваемая структура МК характерна для тёплого периода года, когда происходит массовый нагул рыбной молоди, отродившейся в текущем году. В зимнее время миграционная активность здесь ослаблена и наблюдается второй тип картины МК.

Четвёртый тип характерен для ступеней на подводном склоне и для граничащих с ним участков мелководной платформы. МК формируется из донных амфипод, немногих рыб и более или менее многочисленного скопления макрогектопуса, который ведёт себя иначе, нежели бентосные амфиподы. Эффекта привыкания к искусственному свету у него не наблюдается, численность в объективе камеры постоянно возрастает или по крайней мере не снижается. Ситуация проявилась на «типовой» точке наблюдений напротив пади Нижняя 13.10.2013. Прошедший накануне штормовой северо-западный ветер вызвал сгон поверхностных вод и последующее явление прибрежного апвеллинга [12] вдоль крутого подводного склона, который является предпочтительным местом формирования крупных скоплений макрогектопуса [5]. Возможно, апвеллинг после сильного шторма вызвал и присутствие макрогектопуса в составе МК 06.10.2004 у м. Котельниковский на глубине 7 м [8]. Однако подъём плотных скоплений макрогектопуса может происходить вдоль крутого склона и в условиях штилевой погоды. Они были отмечены при полном штиле над свалом у западного берега Байкала между мысами Юж. и Ср. Кедровые в 23 ч. 13.06.2014.

Пятая картина формирования МК характеризуется наличием крупных скоплений активно плавающих полупелагических амфипод *Micruropus wohlii wohlii* и *M. w. platycercus*. С подобной картиной мы столкнулись напротив пос. Ключевка (Южный Байкал, точка № 5, 04.08.2014 г.) и несколько южнее, напротив горы Коврижка (22.07.2014 г.). В районе Ключевки пик численности *M. w. platycercus* (267 экз./стоп-кадр) был достигнут на первой минуте наблюдений. При этом в обоих пунктах в составе МК единично присутствовал макрогектопус, несмотря на то, что поверхностный слой воды, в котором он регистрировался, был прогрет до 15,8 °С, а наблюдения велись не у склона, а на глубине 14–16 м над широкой мелководной платформой.

Картина такого же типа, но без участия макрогектопуса, дважды наблюдалась в раннеосенний период на глубине 5 м в бух. Змеёвая (Чивыркуйский зал.), 08.10.2004 и 27.09.2014. В отличие от предыдущих участков, эта бухта полностью защищена от влияния открытого Байкала и значительно прогревается в летнее время. В 2004 г. численность амфипод составляла 15–30 экз./стоп-кадр возле дна, но в 1–2 м от него достигала 60–90 экз./стоп-кадр; в составе МК преобладали амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) (60,4 % по численности, 33,9 % по массе) и *M. wohlii wohlii* (33,8 % по численности, 53,9% по массе) [8]. *G. fasciatus* также способен к массовым всплытиям в прибрежную пелагиаль, причём не только ночью, но и в дневное время, и может совершать протяжённые направленные миграции. В 2014 г. в составе МК в бух. Змеёвая значительную роль играла молодёжь амфипод *Pallasea cancellus* (Pallas). Такие данные не соответствуют полученным ранее на основании сборов планктонной сетью сведениям о более высокой ночной миграционной активности амфипод в холодноводных участках озера [7].

Близкая к пятому типу картина отмечена на мелководной платформе между мысами Юж. и Ср. Кедровыми (14.06.2014, глубина 5 м) и у открытого побережья п-ова Святой Нос (севернее м. Маркова, 15.06.2014, наклонная платформа, глубина 8 м). В обеих точках численность амфипод в кадре почти линейно возрастала на протяжении первых 3–5 мин, затем варьировала в пределах 40–90 экз./стоп-кадр в первой и 105–150 экз./стоп-кадр во второй. Скорее всего, температурный фактор не имеет существенного значения для формирования МК этого типа. Так, на обеих вышеназванных точках температура поверхностных слоёв воды в июне составляла 4,8–4,9 °С, а в июле и августе того же года у м. Коврижка и пос. Ключевка – 14,4 и 15,8 °С соответственно.

Заключение

Полученные в течение ряда лет материалы показывают, что на формирование состава и структуры ночного миграционного комплекса в прибрежной пелагиали Байкала оказывают влияние такие факторы, как близость точки наблюдений к свалу или устьям крупных рек, наличие подводных те-

чений, а также является ли участок открытым или закрытым от активного волнения и влияния холодных вод.

Структура МК может изменяться на протяжении времени наблюдения. На количество особей донных амфипод, находящихся в поле зрения камеры, влияет искусственный свет. В первые 5–10 минут животные обычно привлекаются, но затем происходит адаптация к уровню освещённости и численность обычно снижается.

У пелагического макрогектопуса эффект привыкания к освещению не проявляется. Если численность бентосных амфипод обычно снижается по мере увеличения числа рыб, то макрогектопус стабильно привлекается на источник света независимо от этого. Подобная структура МК наблюдается у крутых подводных склонов, в том числе под воздействием прибрежного апвеллинга.

Численность рыб в МК при их незначительном обилии обычно не изменяется на протяжении съёмки. В случае их высокой плотности на участке численность стабильно растёт в результате привлечения на искусственный свет, и эффекта привыкания не наблюдается.

Судя по всему, на формирование МК также влияет лунный свет. Так, при ярком свете полной Луны ночные скопления *M. branickii* рассеиваются в поверхностных слоях воды и перестают привлекаться на источник искусственного света (ситуация отмечена при наблюдениях 16.06.2014 г. над подводным склоном Ушканьих островов). Миграционная активность бентосных амфипод при свете полной Луны обычно снижается, но свет от неполного диска её характера не меняет [10]. Тем не менее этот вопрос нуждается в специальных исследованиях.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (№ 16-04-00786) и гранта для аспирантов и молодых сотрудников ИГУ (№ 091-15-232).

Список литературы

1. Волкова Л. А. Особенности привлечения молоди рыб Байкала на искусственный свет в водоеме / Л. А. Волкова // Экологические исследования водоемов Сибири. – Иркутск : Иркут. ун-т, 1978. – С. 63–75.
2. Говорухина Е. Б. Биология размножения, сезонная и суточная динамика населения литоральных и сублиторальных видов амфипод озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. Б. Говорухина. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2005. – 19 с.
3. Грезе И. И. О суточных вертикальных миграциях некоторых бокоплавов в Черном и Азовском морях / И. И. Грезе // Бентос. – Киев : Наукова думка, 1965. – С. 9–14.
4. Лабай В. С. Суточные вертикальные миграции высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в лагунном озере Птичьё (Южный Сахалин) / В. С. Лабай, С. В. Лабай // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 6. – Владивосток : Дальнаука, 2014. – С. 369–379.
5. Мельник Н. Г. Распределение *Macrohectopus branickii* и некоторые особенности его экологии / Н. Г. Мельник, О. А. Тимошкин, В. Г. Сиделева // Атлас и определитель пелагиобонтов Байкала (с краткими очерками по их экологии). – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 511–522.
6. Мельник Н. Г. Изучение распределения пелагической амфиподы *Macrohectopus branickii* (Dyb.) в Малом Море озера Байкал гидроакустическим ме-

тодом / Н. Г. Мельник, С. Г. Шубенков, С. Б. Попов и др. // Экологические, физиологические и паразитологические исследования пресноводных амфипод. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2002. – С. 27–45.

7. Механикова И. В. Суточные вертикальные миграции амфипод озера Байкал: возможные причины и экологическое значение / И. В. Механикова, В. В. Тахтеев // Исследования фауны водоемов Восточной Сибири. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2001. – С. 88–108.

8. Мишарин А. С. Сравнительная характеристика ночной миграционной активности гидробионтов на различных участках литорали озера Байкал / А. С. Мишарин, В. В. Тахтеев, А. М. Левашкевич // Гидробиология водоемов юга Восточной Сибири. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – С. 52–66.

9. Тахтеев В. В. О влиянии искусственного освещения на интенсивность ночных вертикальных миграций амфипод озера Байкал / В. В. Тахтеев, А. М. Левашкевич, Е. Б. Говорухина // Экология. – 2004. – № 6. – С. 468–470.

10. Дистанционные методы экологических исследований и мониторинга в лимнологии и океанологии и их применение на озере Байкал / В. В. Тахтеев [и др.] // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. Вып. 3. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2014. – С. 374–381.

11. Тахтеев В. В. Фауна и экология бокоплавов озера Байкал / В. В. Тахтеев, С. И. Дидоренко. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 115 с.

12. Шимараев М. Н. Динамика вод / М. Н. Шимараев // Байкаловедение : в 2 кн. – Новосибирск : Наука, 2012. – Кн. 1. – С. 166–182.

13. Evstigneeva T. Nocturnal emergence behavior of the fauna of lake Baikal, Siberia / T. Evstigneeva, P. F. Clark, G. A. Boxshall // Prog. Underwater Sci. – 1991. – N 16. – P. 85–91.

14. Fernandez-Gonzalez V. Nocturnal planktonic assemblages of amphipods vary due to the presence of coastal aquaculture cages / V. Fernandez-Gonzalez [et al.] // Marine Environmental Research. – 2014. – Vol. 101. – P. 22–28.

15. Hays G. C. Individual variability in diel vertical migration of a marine copepod: Why some individuals remain at depth when others migrate / G. C. Hays, H. Kennedy, B. W. Frost // Limnol. Oceanogr. – 2001. – Vol. 46, N 8. – P. 2050–2054.

16. Karnaukhov D. Yu. Behaviour of Lake Baikal amphipods as a part of the night migratory complex in the Kluevka settlement region (South-Eastern Baikal) / D. Yu. Karnaukhov [et al.] // Crustaceana. – 2016. – Vol. 89, N 4. – P. 419–430.

17. Kringel K. A shallow scattering layer: High-resolution acoustic analysis of nocturnal vertical migration from the seabed / K. Kringel, P. A. Jumars, D. V. Holliday // Limnol. Oceanogr. – 2003. – Vol. 48, N 3. – P. 1223–1234.

18. Melnik N. G. Hydroacoustic measurement of the density of the Baikal macrozooplankton *Macrohectopus branickii* / N. G. Melnik [et al.] // Limnol. Oceanogr. – 1993. – Vol. 38, N 2. – P. 425–434.

19. Rudstam L. G. Diel dynamics of an aggregation of *Macrohectopus branickii* (Dyb.) (Amphipoda, Gammaridae) in the Barguzin Bay, Lake Baikal, Russia / L. G. Rudstam [et al.] // J. Great Lakes Res. – 1992. – Vol. 18, N 2. – P. 286–297.

20. Takhteev V. V. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species / V. V. Takhteev, N. A. Berezina, D. A. Sidorov // Arthropoda Selecta. – 2015. – Vol. 24, N 3. – P. 335–370.

Structural Features of the Nocturnal Migratory Complex of Hydrobionts in Different Parts of Baikal Lake

D. Yu. Karnaukhov, V. V. Takhteev, A. S. Misharin

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. The structure of the nocturnal migratory complex (MC) of aquatic organisms in some parts of the coastal pelagic zone above gently sloping littoral platform and upper part of the underwater slope at the Western and Eastern shores of Lake Baikal is investigated (depths from 4 to 32 m). Nocturnal MC form the three most numerous groups – benthic amphipods (Amphipoda), pelagic amphipod *Macrohectopus branickii* and cottoid fishes (Cottoidei), but their proportions in different parts of the lake vary significantly. Five “paintings” in behavior of hydrobionts and in structure of MC are identified and described. The presence and abundance of the main components of the nocturnal migration flocks is influenced primarily by such factors as location relative to the open Baikal, the proximity to river mouths, the effects of underwater currents.

Keywords: Baikal Lake, diel vertical migrations, amphipods, fishes, benthic species, pelagic species.

Карнаухов Дмитрий Юрьевич
аспирант, младший научный сотрудник
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24–30–77
e-mail: karnauhovdmitrii@gmail.com

Karnaukhov Dmitry Yuryevich
Post graduate, Junior Research Scientist
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–30–77
e-mail: karnauhovdmitrii@gmail.com

Тактеев Вадим Викторович
доктор биологических наук, профессор,
зав. лабораторией
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24–19–27
e-mail: Amphipoda@yandex.ru

Takhteev Vadim Victorovich
Doctor of Sciences (Biology),
Professor, Head of laboratory
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–19–27
e-mail: Amphipoda@yandex.ru

Мишарин Андрей Сергеевич
аспирант
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24–30–77
e-mail: andreymisharin@yandex.ru

Misharin Andrey Sergeevich
Postgraduate
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–30–77
e-mail: andreymisharin@yandex.ru