МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

НОЧНОЙ МИГРАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗ. БАЙКАЛ

Тахтеев В.В.^{1,2}, Батранин Д.А.¹, Еропова И.О.^{1,2},
Говорухина Е.Б.¹, Дидоренко С.И.²

¹*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

²*Байкальский музей Иркутского научного центра СО РАН,
пос. Листвянка, Россия
Amphipoda@yandex.ru*

Аннотация. В условиях продолжающейся антропогенной эвтрофикации озера Байкал происходит увеличение численности не только водной растительности, но и организмов-потребителей. В качестве потребителей растительного детрита выступают ракообразные – амфиподы, которые, поедая детрит, частично снижают загрязнение озера гниющими органическими веществами. О значительном увеличении их числа свидетельствует увеличение численности амфипод в ночном миграционном комплексе прибрежной пелагиали.

Ключевые слова: Байкал, амфиподы, ночной миграционный комплекс, количественное обилие, подводные видеонаблюдения, эвтрофирование.

NIGHT MIGRATION COMPLEX OF ENDEMIC AMFIPOD AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL STATE BAIKAL LAKE

Takhteev V.V.^{1,2}, Batranin D.A.¹, Eroпова I.O.^{1,2},
Govorukhina E.B.¹, Didorenko S.I.²

¹*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

²*Baikal Museum of the Irkutsk Scientific Center SB RAS, pos. Listvyanka, Russia
Amphipoda@yandex.ru*

Abstract. With the ongoing anthropogenic eutrophication of the Lake Baikal there is an increase in the abundance not only of aquatic vegetation, but also organisms-consumers. As consumers of vegetable detritus are crustaceans – amphipods, which, by eating detritus, partially reduce the pollution of the lake with rotting organic matter. A significant increase in their number is evidenced by the increase in the abundance of amphipods in the nocturnal migratory complex in the coastal pelagic zone.

Keywords. Baikal, amphipods, night migration complex, quantitative abundance, underwater video observations, eutrophication.

В последнее десятилетие во многих участках оз. Байкал отмечаются признаки антропогенного эвтрофирования и бактериального загрязнения, что связано, в числе прочего, с прогрессирующим развитием туристической инфраструктуры. Они проявляются в бурном развитии водорослей, как неаборигенных из рода *Spirogyra*, так и обычных для Байкала, и высших растений (*Elodea canadensis*). Громадная фитомасса после вегетации перегнивает в прибрежной зоне озера и на его береговых пляжах, резко ухудшая качество воды и лишая побережья ландшафтной привлекательности. Экологические последствия этого процесса прямо или опосредованно проявляются не только на уровне организмов-продуцентов, но и на следующих трофических уровнях. Массовое заболевание и гибель эндемичных байкальских губок; присутствие патогенной микрофлоры в прибрежных водах; невозможность нереста августовского стада бычка желтокрылки в литорали, обильно растающей спирогирой; значительное снижение промысловых уловов омуля, приведшее к запрету на его вылов; повышение летних температур поверхностных слоев воды, – все это позволило говорить уже не о локальном ухудшении обстановки, а о масштабном экологическом кризисе на Байкале. Требуется срочная разработка системы мероприятий по снижению антропогенной нагрузки на Байкал, всегда славившийся питьевой водой высочайшего качества. Однако важно также знать, какими естественными механизмами обладает его экосистема, которые позволяют частично справляться с этой нагрузкой. Открытая пелагиаль озера, благодаря огромной по объему водной массе, до последнего времени не проявляла явных признаков эвтрофирования; основные изменения затронули прибрежную зону озера и ее донные сообщества.

Известно, что экологический мониторинг по показателям зообентоса, хотя и позволяет наглядно выявлять происходящие изменения, является долгим и трудоемким занятием, требует привлечения ряда специалистов по отдельным таксономическим группам, обработка проб растягивается на годы. В условиях экологического кризиса необходимо использовать такие показатели, которые позволяют гораздо быстрее делать заключения. Достаточно давно показано, что в качестве организмов – индикаторов органического загрязнения – в Байкале могут выступать амфиподы (Crustacea, Amphipoda), таксономически и экологически наиболее разнообразная группа макробеспозвоночных. Так, даже на основе качественных сборов бентосной драгой было установлено, что в бух. Большие Коты (Южный Байкал) в последние два десятилетия увеличилось обилие видов, обитающих на обогащенных органикой грунтах – *Echiuropsus rhodophthalmus* (Dyb.), *Micruropsus ciliodorsalis* Sow. Однако, как мы убедились, для мониторинга очень эффективно и требует

весьма небольших трудозатрат наблюдение за ночным миграционным комплексом (НМК) амфипод в прибрежной пелагиали Байкала на глубинах от 5 до 30 м. НМК формируется в темное время суток за счет всплытия со дна бентосных амфипод и подхода к берегу пелагического бокоплава *Macrohectopus branickii* (Dyb.), также поднимающегося с больших глубин [4]. Структуру и обилие НМК можно наблюдать дистанционно, с использованием подводной видеотехники, сочетая эти наблюдения с традиционным ловом планктонной сетью [1, 4]. В ночных миграционных скоплениях из донных амфипод по численности обычно преобладают *Micruropus wohlii wohlii* (Dyb.), *M. wohlii platycercus* (Dyb.), *Echiurops macronychys* Sow., *E. smaragdinus* (Dyb.); в отдельных районах озера также *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.), *M. talitroides* (Dyb.), *Eulimnogammarus cyaneus* (Dyb.), *Pallasea cancelloides* (Gerstf.) [1–5 и др.].

Подводный видеомониторинг показал, что с 2002 г. по 2016–2019 гг. в ряде районов Байкала количественное обилие НМК увеличилось от нескольких раз до двух порядков, даже в тех районах, где ранее он был очень бедным [1, 5]. Возросло и количество пелагического макрогектопуса, приваливающего ночами в прибрежную зону. Так, на участке у пос. Ключевка увеличение его обилия только с 2014 по 2017 г. составило более 10 раз [1].

Увеличение обилия НМК в последние годы произошло и в обычных уловах сетью Джели. Покажем это на примере о-ва Большой Ушканий. В пробе, собранной сетью Джели 03.09.2019 г. в бух. Пещерка (глубина ≈ 10 м) при тотальном лове от дна до поверхности пелагическое скопление амфипод представлено единственным массовым видом – псаммофилом *Micruropus wohlii platycercus*. Его расчетная плотность в неосвещаемом участке составила 37 339 экз./м², биомасса – 243,80 г/м² (24 г/м³). Это экстремально высокие показатели; для сравнения, в 2002 г. с южной стороны Бол. Ушканьего острова численность бентосных амфипод в составе НМК находилась в пределах 48–319 экз./м², биомасса 40–290 мг/м² (разница – более чем на два порядка). В 2017 г. там же численность амфипод в НМК была даже ниже: от 0,12 до 3,45 экз./м² и от 0,04 до 0,99 г/м г/м² [3]. В 2004 г. в бух. Пещерка НМК амфипод оказался крайне бедным: 19 экз./м² и 0,14 г/м² [2]. Но в 2019 г. плотность плавающих амфипод была такой, что от них с трудом отмыли планктонную сеть, а заборную воду для промывки проб приходилось фильтровать – в каждом зачерпнутом ведре оказывались десятки рачков. В свете направленного в воду прожектора амфиподы концентрировались и создавали почти сплошное облако. Анализ половозрастной структуры скопления *M. wohlii platycercus* показал, что соотношение полов в нем сдвинуто в сторону самцов ($\sigma:\text{♀}=1,4$); все самки находились вне

репродуктивного периода, встречались молодые растущие самки 1-й стадии с зачаточными оостегитами (30,3% особей), в меньшем числе – взрослые самки с развитыми оостегитами без щетинок (11,3%); самки, вынашивающие яйца, отсутствовали (таблица). Этот факт свидетельствует в пользу гипотезы о полезности ночных миграций для ускорения полового созревания амфипод в условиях низких годовых сумм температур.

**Половозрастной состав скопления *Micrurus wohllii platycercus* в составе НМК
у о-ва Бол. Ушканый вечером 02.09.2019 г., время 23:25**

Показатель	♀♀, стадия 1	♀♀, стадия 2	♂♂
Экземпляров в выборке	43	16	83
Длина тела, мм	7,05 ± 0,08	7,91 ± 0,28	7,98 ± 0,15
Масса, мг	5,23 ± 0,24	8,06 ± 1,01	8,36 ± 0,58

Мы полагаем, что значительное увеличение количественного обилия амфипод, хорошо видимое при исследовании НМК, произошло благодаря увеличению количества растительного детрита, образующегося в результате отмирания фитомассы водорослей. Следовательно, рост обилия амфипод, основу пищи которых составляет детрит, можно расценивать как реакцию экосистемы Байкала на происходящее эвтрофирование и механизм удаления излишней органики, скапливающейся на дне. Поедание амфиподами частично предотвращает ее перегнивание, сопровождающееся ухудшением кислородного режима, образованием гуминовых веществ, и эти ракообразные выполняют роль природных санитаров, хотя и не способны полностью справиться с тем органическим загрязнением, которое испытывает озеро.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 17-29-05067-офи-м, 16-04-00786-а).

Литература

1. Батранин Д.А., Тахтеев В.В., Еропова И.О., Говорухина Е.Б. Структура ночного миграционного комплекса гидробионтов в различных районах оз. Байкал летом 2017 г. и проблема изменения трофического статуса озера // Изв. Иркутского госуд. ун-та. Сер. «Биология. Экология». 2019. Т. 27. С. 62–86.
2. Мишарин А.С., Тахтеев В.В., Левашкевич А.М. Сравнительная характеристика ночной миграционной активности гидробионтов на различных участках литорали озера Байкал // Гидробиология водоемов юга Восточной Сибири. Иркутск: Иркут. ун-т, 2006. С. 52–66.
3. Тахтеев В.В., Аров И.В., Мишарина Е.А., Говорухина Е.Б., Еропова И.О., Батранин Д.А. Структура зоопланктона и ночного миграционного комплекса бентосных амфипод в районе Большого Ушканьего острова (оз. Байкал) в тёмное

время суток (июнь–июль) // Изв. Иркутского госуд. ун-та. Сер. «Биология. Экология». 2018. Т. 23. С. 54–67.

4. Тахтеев В.В., Карнаухов Д.Ю., Говорухина Е.Б., Мишарин А.С. Суточные вертикальные миграции гидробионтов в прибрежной зоне оз. Байкал // Биология внутренних вод. 2019. № 2. С. 50–61.

5. Тахтеев В.В., Батрагин Д.А., Еропова И.О., Говорухина Е.Б. Ночной миграционный комплекс амфипод в прибрежной пелагиали Байкала и его связь с современной экологической ситуацией на озере // Современное состояние водных биоресурсов: матер. 5-й междунар. конф., 27–29 нояб. 2019 г. Новосибирск, 2019. С. 144–147.

УДК 594.38+591.113.1

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-38

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕМОЦИТОВ ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ

**Токмакова А.С., Прохорова Е.Е.,
Серебрякова М.К., Атаев Г.Л.**

*Российский государственный педагогический университет
им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
arina.tokmakova@gmail.com*

Аннотация. Гемоциты, клетки гемолимфы, играют ключевую роль в иммунном ответе легочных моллюсков на различные патогены, включая инфекцию трематод. Известно, что количество гемоцитов увеличивается после иммунизации, но механизм их размножения остается дискуссионным. В данной работе мы исследовали функциональную и пролиферативную активность гемоцитов у двух видов легочных моллюсков: *Biomphalaria glabrata*, *Planorbarius corneus*. Метод ImageStream впервые был использован для изучения популяций гемоцитов этих видов моллюсков. Гемоциты всех изученных видов представлены двумя основными типами: зернистыми клетками и гиалиноцитами. Микроскопическое и проточно-цитометрическое исследование гемоцитов с использованием EdU выявило несколько EdU-положительных клеток. Однако анализ клеточного цикла гемоцитов показал, что количество ДНК в этих клетках не увеличилось.

Ключевые слова: Легочные моллюски, гемоциты, проточная цитометрия, ImageStream, фагоцитарная активность, пролиферация.