

---

**СТРАНИЧКА МОЛОДОГО УЧЕНОГО**

---

УДК 547.915

**Жирнокислотный состав глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus***С. В. БАЗАРСАДУЕВА<sup>1</sup>, Л. Д. РАДНАЕВА<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ 670047 (Россия)

E-mail: bselmeg@gmail.com

<sup>2</sup>Бурятский государственный университет,  
ул. Смолина, 24а, Улан-Удэ 670000 (Россия)

(Поступила 26.04.13; после доработки 19.07.13)

**Аннотация**

Впервые изучен жирнокислотный состав глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus*, отобранных с помощью глубоководных обитаемых аппаратов “Мир”. Методом хромато-масс-спектрометрии в тканях байкальских амфипод обнаружено более 40 жирных кислот различной степени ненасыщенности с высоким содержанием мононенасыщенных жирных кислот, в частности олеиновой кислоты 18:1n9. Высокое соотношение 18:1n9/18:1n7 и относительно низкие соотношения 16:1n7/16:0 и 20:5n3/22:6n3 указывают на то, что глубоководные амфиподы *Ommatogammarus albinus* относятся к некрофагам.

**Ключевые слова:** байкальские глубоководные амфиподы, жирнокислотный состав**ВВЕДЕНИЕ**

Озеро Байкал – участок мирового природного наследия, старейший (25 млн лет) и самый большой (площадь 23 000 км<sup>3</sup>) пресноводный водоем в мире. Байкал уникален не только огромными запасами пресной воды, составляющими около 1/5 мировых запасов и более 4/5 запасов нашей страны, но и количеством эндемиков. Одна из самых многочисленных групп (более 272 видов и 76 подвигов), характеризующаяся почти полным эндемизмом в оз. Байкал, – амфиподы (*Crustacea: Amphipoda*) [1, 2].

Глубоководные амфиподы оз. Байкал обитают на глубине от 100 м и до самого дна. Несмотря на низкую относительную биомассу, амфиподы – существенный компонент в системе обмена вещества и энергии, поскольку служат кормом для многих гидробионтов [3]. В то же время биохимия липидов и жирнокислотный состав амфипод мало изучены.

Цель данной работы – исследование жирнокислотного состава глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus*, обитающих в районе гидротермальной разгрузки бухты Фролиха (оз. Байкал).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Образцы глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus* ( $n = 40$ ) отбирали в августе 2009 г. в бухте Фролиха (Северный Байкал) с глубины 430 м в ходе международной экспедиции с участием глубоководных обитаемых аппаратов “Мир”. В бухте Фролиха имеются участки, где наблюдается разгрузка метана из донных отложений в районе гидротермальных выходов подземных источников. Источником углерода для развивающихся здесь бентосных сообществ служит органическое вещество, которое образуется на основе метана биогенного происхождения [4, 5].

### Предварительная подготовка проб для хроматографического анализа

К навеске тканей гидробионтов (0.5–1.0 мг) добавляли 1 мл раствора 2 М HCl в метиловом спирте. Метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) получали в толстостенных пробирках с тефлоновыми крышками в течение 2 ч при температуре 90 °C в муфельной печи. Полученный раствор упаривали током аргона до половины объема и затем добавляли 0.5 мл дистиллированной воды и 1 мл гексана. Верхний слой гексана отделяли, процедуру экстракции повторяли дважды [6, 7].

### Анализ жирнокислотного состава

Состав метиловых эфиров жирных кислот (ЖК) исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent 6890 с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5973N в качестве детектора. Использовали колонку DB-Wax с внутренним диаметром 0.25 мкм. Газ-носитель – гелий (постоянный поток 1.5 мл/мин). Температура колонки: 90 °C (изотерма 4 мин), 90–165 °C (30 °C/мин), 165–225 °C (3 °C/мин, изотерма 10.5 мин), температура испарителя 250 °C. Объем пробы – 1 мкл раствора с делением потока 40 : 1. Процентный состав смеси вычисляли по площадям газохроматографических пиков. Качественный анализ основан на сравнении времен удерживания и полных масс-спектров соответствующих чистых соединений с использованием библиотеки данных NIST02.L и стандартных смесей GLC-68D (Nu-Chek-Prep; Elysian, Minnesota, USA).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Жирнокислотный состав глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus* представлен более 40 жирными кислотами с углеродной цепью от C14 до C24 (табл. 1, рис. 1). Содержание группы насыщен-

ТАБЛИЦА 1

Жирнокислотный состав глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus*, отн. %  $\pm$  стандартное отклонение

Кислота	Содержание	Кислота	Содержание	Кислота	Содержание
14:0	0.97 $\pm$ 0.25	16:1n7	6.60 $\pm$ 1.31	18:2n4	0.13 $\pm$ 0.04
i15:0	0.49 $\pm$ 0.09	16:1n5	0.23 $\pm$ 0.06	18:3n3	0.54 $\pm$ 0.17
ai15:0	0.15 $\pm$ 0.05	17:1n9	0.69 $\pm$ 0.10	20:2n6	0.34 $\pm$ 0.17
15:0	0.55 $\pm$ 0.13	18:1n9	30.27 $\pm$ 2.74	20:3n3	0.57 $\pm$ 0.17
16:0	9.76 $\pm$ 1.08	18:1n7	5.41 $\pm$ 0.71	20:4n6	2.07 $\pm$ 1.02
17:0	0.47 $\pm$ 0.11	18:1n5	1.36 $\pm$ 0.16	20:4n3	0.17 $\pm$ 0.07
18:0	2.65 $\pm$ 0.52	20:1n11	1.48 $\pm$ 0.33	22:4n6	0.23 $\pm$ 0.26
19:0	0.19 $\pm$ 0.04	20:1n9	0.89 $\pm$ 0.30	20:5n3	4.55 $\pm$ 1.75
20:0	0.26 $\pm$ 0.03	24:1n9	0.23 $\pm$ 0.14	22:5n6	0.27 $\pm$ 0.10
14:1n5	0.04 $\pm$ 0.00	16:2n6	0.14 $\pm$ 0.05	22:5n3	0.39 $\pm$ 0.31
16:1n9	3.50 $\pm$ 0.48	18:2n6	0.62 $\pm$ 0.36	22:6n3	2.45 $\pm$ 1.01

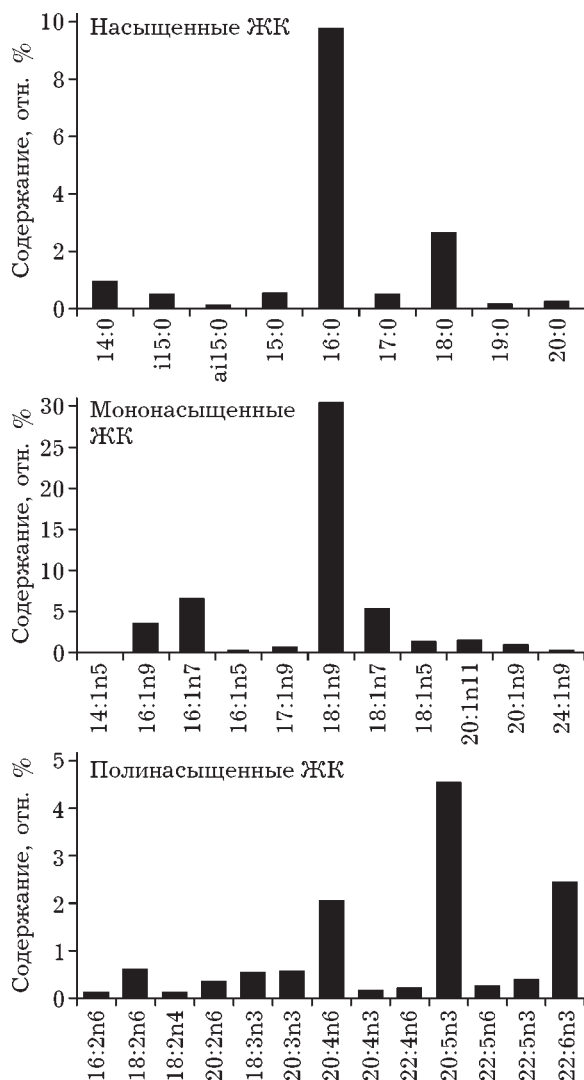


Рис. 1. Жирнокислотный состав амфипод *Ommatogammarus albinus*.

ных кислот варьирует от 13.8 до 18.0 отн. %, основная насыщенная ЖК – пальмитиновая 16:0, среднее содержание ее составляет примерно 9.8 отн. %; в меньших количествах содержится стеариновая кислота 18:0 – почти 2.7 отн. % от суммы ЖК, а содержание миристиновой кислоты 14:0 составляет примерно 1 отн. % от суммы ЖК. Для исследованных ранее глубоководных байкальских амфипод *Acanthogammarus (Brachyuropus) grewingkii* также установлено, что основные насыщенные ЖК – 14:0 (6.2 отн. %), 16:0 (10.1 отн. %) и 18:0 (4.3 отн. %) [8].

Ненасыщенные ЖК преобладают в общем составе жирных кислот (около 65 % от сум-

мы ЖК), доля мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) в них достигает 52 отн. %, среди которых доминирует олеиновая кислота 18:1n9 – почти 30 отн. % от суммы ЖК. Мононенасыщенные кислоты C16 и C18 представлены тремя изомерами (n9, n7 и n5) каждая, а кислота C20 – двумя (n11 и n9).

Суммарное содержание изомеров кислоты 18:1 в жирнокислотном составе глубоководных амфипод *Ommatogammarus albinus* достигает почти 37 отн. %. Для сравнения, в жирнокислотном составе трех видов глубоководных байкальских гаммарид (*Ceratogammarus dybowskii*, *Abysso-gammarus* sp. и *Polycotilus* sp.), отобранных с глубин 1000–1300 м, преобладали изомеры кислоты 18:1 с общим содержанием от 30.2 отн. % для *Abysso-gammarus* sp. до 46.6 отн. % для *Polycotilus* sp. [9]. В составе глубоководных амфипод рода *Acanthogammarus (Brachyuropus) grewingkii* содержание суммы изомеров кислоты 18:1 было в пределах 12.7–26.1 % от суммы ЖК, однако доминировал изомер 18:1n7 [8].

Среди полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) преобладают такие незаменимые кислоты, как эйкозапентаеновая 20:5n3 (4.6 отн. %), докозагексаеновая 22:6n3 (2.5 отн. %) и арахидоновая 20:4n6 (2.1 отн. %) (рис. 2). Эйкозапентаеновая 20:5n3 (12.4–17.8 отн. %) и докозагексаеновая 22:6n3 (5.8–20.9 отн. %) кислоты также доминировали в составе глубоководных байкальских гаммарид *Ceratogammarus dybowskii*, *Abysso-gammarus* sp. и *Polycotilus* sp. [9]. Высокое содержание ненасыщенных ЖК и низкое содержание насыщенных ЖК связано, по-видимому, с низ-

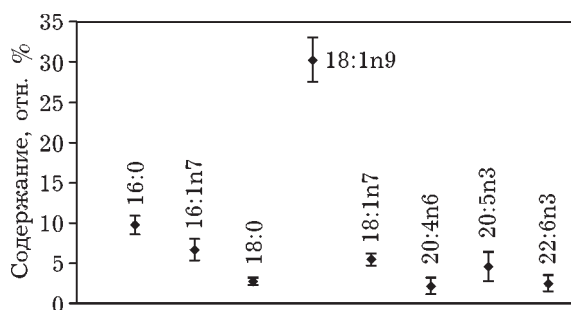


Рис. 2. Средние значения и стандартные отклонения содержания доминирующих жирных кислот амфипод *Ommatogammarus albinus*.

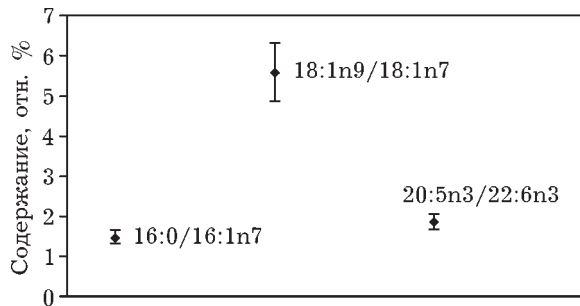


Рис. 3. Средние значения и стандартные отклонения содержания биомаркерных соотношений в амфиподах *Ommatogammarus albinus*.

кой температурой и необходимостью поддерживать на определенном уровне “жидкокристаллическое” состояние мембранных структур. Так, при исследовании жирнокислотного состава амфипод, обитающих в проливе Гибралтар, установлено, что содержание эйкозапентаеновой кислоты 20:5n3 в образцах, отобранных при 17 °С, составило 18–22 отн. %, а при более высокой температуре (25 °С) – 11–17 отн. % [10, 11].

Помимо температуры на жирнокислотный состав может влиять тип питания животных. Информацию о трофическом уровне, составе и типе питания можно определить по соотношению биомаркерных кислот. Высокие содержания специфичных липидных компонентов, таких как кислоты 16:1n7, 18:1n7 и 20:5n3, которые используются в качестве трофических биомаркеров, служат индикаторами питания диатомовыми водорослями [12–14]. Напротив, флагелляты содержат в больших количествах докозагексаеновую кислоту 22:6n3 [15–17], тогда как арахидоновая кислота 20:4n6 поступает от микроводорослей и неизменно входит в состав амфипод [12]. Олеиновая кислота 18:1n9 рассматривается как индикатор плотоядного питания [13], и по этому показателю животные могут относиться к некрофагам [12].

При исследовании жирнокислотного состава глубоководных байкальских амфипод *Ommatogammarus albinus* установлено высокое биомаркерное соотношение 18:1n9/18:1n7 и относительно низкие соотношения 16:1n7/16:0 и 20:5n3/22:6n3 (рис. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые изучен жирнокислотный состав глубоководных амфипод *Ommatogammarus albinus* и выявлено, что он характеризуется высоким содержанием МНЖК, в частности 18:1n9. На основании данных о высоком соотношении 18:1n9/18:1n7 и относительно низких соотношениях 16:1n7/16:0 и 20:5n3/22:6n3 сделан вывод о том, что глубоководные амфиподы *Ommatogammarus albinus* относятся к некрофагам [1, 18–20].

Работа выполнена в рамках Международной экспедиции “Миры” на Байкале 2008–2010 гг. при поддержке Фонда содействию сохранения озера Байкал, а также в рамках исследований по проекту Программы Президиума РАН № 23 “Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология” (подпрограмма “Глубоководные исследования озера Байкал”, проект № 8 “Комплексные исследования биологических сообществ абиссали озера Байкал и их зависимость от типа разгружающегося флюида”).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тахтеев В. В. Очерки о бокоплавах озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция). Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 355 с.
- 2 Камалтынов Р. М. Влияние колебаний климата на эволюцию биоты Байкала // Тез. докл. VIII съезда Гидробиол. об-ва при РАН. Калининград, 2001. Т. 1. С. 239–240.
- 3 Ткач Н. П., Высоцкая Р. У. // Фундаментальные исследования. 2007. № 10. С. 89–90.
- 4 Кузнецов А. П., Стрижов В. П., Кузин В. С., Фиалков В. А., Ястребов В. С. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1991. № 5. С. 766–772.
- 5 Гебрук А. В., Кузнецов А. И., Намсараев Б. Б., Миллер Ю. М. // Изв. РАН. Сер. биол. 1993. № 6. С. 903–908.
- 6 Grahl-Nielsen O., Barnung T. // Marine Env. Res. 1985. Vol. 17. P. 218.
- 7 Meier S., Mjos S. A., Joensen H., Grahl-Nielsen O. // J. Chromatography. 2006. Vol. 1104. P. 291–298.
- 8 Dembitsky V. M., Kashin A. G., Rezanka T. // Comparative Biochem. Physiology. 1994. Vol. 108B, No. 4. P. 443–448.
- 9 Morris R. J. // Proceed. of the Royal Society B: Biol. Sci. 1984. Vol. 222. P. 51–78.
- 10 Kawashima H., Takeuchi I., Ohnishi M. // J. Japan Oil Chem. Soc. 1999. Vol. 48. P. 595–599.
- 11 Guerra-Garcia J. M., Martinez-Pita I., Pita M. L. // Sci. Marina. 2004. Vol. 68. P. 501–510.
- 12 Graeve M., Dauvy P., Scailteur Y. // Polar Biol. 2001. Vol. 24. P. 853–862.
- 13 Nelson M. M., Mooney B. D., Nichols P. D., Phleger C. F. // Marine Chem. 2001. Vol. 73. P. 53–64.

- 14 Auel H., Harjes M., Docha R. da, Stubing D., Hagen W. // *Polar Biol.* 2002. Vol. 25. P. 374–383.
- 15 Graeve M., Hagen W., Kattner G. // *Deep Sea Res.* 1994. Vol. 41. P. 915–924.
- 16 Sargent J. R., Parkes R. J., Mueller-Harvey I., Henderson R. J., Sleight M. A. // *Microbes in the Sea* / M. A. Sleight (Ed.) Chichester: Ellis Horwood, 1987. P. 119–138.
- 17 Scott C. L., Falk-Petersen S., Gulliksen B., Lonne O. J., Sargent J. R. // *Polar Biol.* 2001. Vol. 24. P. 572–576.
- 18 Dybowsky B. N. Beiträge zur näheren Kenntnis der in dem Baikal-See vorkommendenniedereren Krebse aus der Gruppe der Gammariden // Beiheft zum X Bde der *Horae Soc. Entomol. Ross. St. Petersburg*, 1874. P. 1–190.
- 19 Базикалова А. Я. Амфиподы озера Байкал. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 440 с.
- 20 Тахтеев В. В., Механикова И. В. // *Зоол. журн.* 1993. Т. 72, вып. 4. С. 18–28.