

УДК 597.5

Коттоидные рыбы (Cottoidei) в глубоководном гидротермальном сообществе в бухте Фролиха, оз. БайкалВ.Г. Сиделёва¹, В.А. Фиалков²¹ Зоологический институт РАН² Байкальский музей ИГиЛ СО РАН

e-mail: vsideleva@gmail.com

Гидротермальные проявления в бухте Фролиха в оз. Байкал характеризуются развитием высокопродуктивного донного сообщества. Обилие крупных беспозвоночных на гидротермальном поле обеспечивает ограниченное число видов шести таксономических групп: олигохеты, амфиподы, хирономиды, планарии, гастроподы и губки. Ихтиофауна представлена 14 видами, 8 родами и 3 семействами коттоидных рыб. Видовое разнообразие рыб составляет 42% общего числа всех видов Cottoidei, обитающих в Байкале. Для фауны рыб Байкала примечательно наличие облигатного гидротермального вида *Neocottus thermalis* Sideleva и его доминирование (70–90% численности) в сообществе в бухте Фролиха. В тканях *N. thermalis* отмечены облегчённые изотопы углерода ($\delta^{13}\text{C}$, в среднем — 67,94‰) и азота ($\delta^{15}\text{N}$, 3,31‰), свидетельствующие об использовании в трофической цепи органики, производимой метанокисляющими бактериями.

Ключевые слова: озеро Байкал, гидротермальный вент, коттоидные рыбы, стабильные изотопы.

ВВЕДЕНИЕ

Подводные гидротермальные источники были открыты в глубоководной зоне Мирового океана в конце 70-х гг. прошлого века. Гидротермы вызвали большой научный интерес морских биологов в связи с развитием вокруг них высокопродуктивных уникальных сообществ, существующих в основном на основе хемосинтеза [Биология гидротермальных систем, 2002]. Открытие подводных гидротермальных проявлений в древнем пресноводном оз. Байкал рифтового генезиса произошло позже, чем в океане. Это событие стало счастливой случайностью для исследователей, занимающихся изучением озёрных процессов [Голубев, 1979, 1982]. В Байкале выявлено несколько регио-

нов с диффузным тепловым потоком и скрытой внутренней гидротермальной активностью, из них наиболее изучен район бухты Фролиха. В этом и ряде других районов озера диффузный тепловой поток из глубинных магматических источников проходит через рыхлую осадочную толщу отложений мощностью в несколько километров и обеспечивает подогрев донных отложений. В этих районах обнаруживается небольшое повышение температуры глубинных и поверхностных слоёв осадков в сравнении с фоновыми [Crane et al., 1991; Shanks, Callender, 1992]. Такие гидротермальные условия можно отнести к разряду «низкотемпературных», тем не менее даже небольшое повышение температуры стимулируют бакте-

риальные процессы, что приводит к образованию в этих районах озера специфических биоценозов [Кузнецов и др., 1991; Гебрук и др., 1993; Гебрук, Галкин, 2002]. Гидротермальные выходы являются средообразующими, они отличаются от фоновых условий окружающей среды наличием высокопродуктивных биологических сообществ, включающих разные компоненты — от бактерий и архей до рыб [Гебрук и др., 1993; Намсараев и др., 2002; Сиделёва, 2002; Namsaraev et al., 2006; Zemskaia et al., 2012].

Изучение сообществ коттоидных рыб в условиях гидротермальных проявлений в бухте Фролиха явилось целью настоящего исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для настоящей работы послужили визуальные наблюдения авторов, а также материалы видео- и фотосъёмки из района гидротермальной активности в бухте Фролиха. Для проведения детальной видеосъёмки были использованы внешние видеокамеры глубоководного обитаемого аппарата (ГОО) «Мир-2» в экспедициях 2009–2010 гг. Видовая принадлежность и поведение рыб изучены визуально в пределах видимости ГОО «Пайсис» в 1990–1991 гг. По результатам проведённой визуализации донных и пелагических рыб *in situ* рассчитана относительная численность, а также распределение рыб в микробиотопах. На основе видеоматериалов удалось идентифицировать 239 экз. донных и 240 экз. пелагических Cottoidei. В районе гидротермального поля на глубине 450–480 м проведены 3 траления донным бимтралом, в полученных ловах представлены 139 экз. донных коттоидных рыб. В фоновых областях Северного Байкала на сходных глубинах (350–540 м) выполнены 5 тралений и поймано 164 экз. рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидротермальное поле находится в северной части оз. Байкал на дне бухты Фролиха на глубинах 400–480 м. Поле занимает площадь 0,397 км² (рис. 1). Температуры, указанные для донных отложений этого района, варьируют в широких пределах: 0,1, 4,8–6,2 и 16 °С [Кузнецов и др., 1991; Намсараев

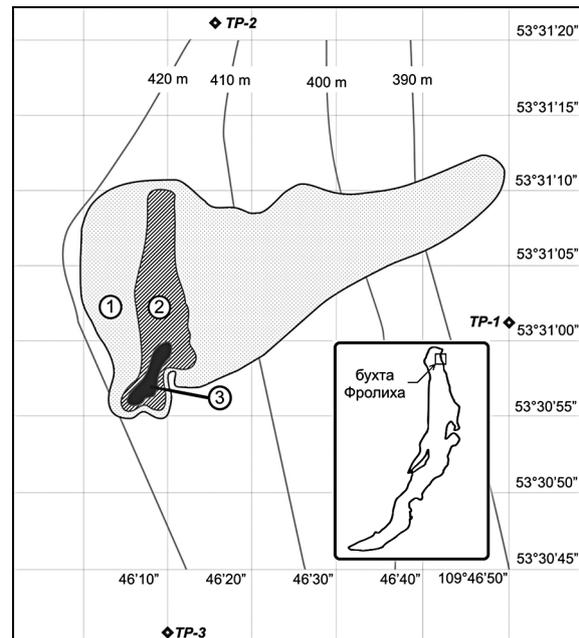


Рис. 1. Карта распространения бактериальных матов в районе гидротерм бухты Фролиха, построенная по результатам наблюдения из ГОО «Пайсис-11» с привязкой к гидроакустическим маякам:

- 1 — область проявления бактериальных матов; 2 — повышенное распространение бактериальных матов; 3 — максимальное распространение бактериальных матов;
- ТР — гидроакустические маяки (транспондеры)

и др., 2002]. Поскольку гидротермальные выходы расположены глубже 400 м, сообщество рыб, приуроченных к этому району, представлено только коттоидными видами (Cottoidei). Коттоидные рыбы в Байкале составляют 60% от общего числа видов аборигенной ихтиофауны. Они представлены 33 видами, 12 родами и 3 семействами [Sideleva, 2003].

Сообщество донных коттоидных рыб гидротермального района разнообразно в таксономическом отношении. Согласно суммарным данным, полученным в результате визуального определения рыб из иллюминатора ГОО «Пайсис», обработки видеоматериалов ГОО «Мир» и траловых сборов, донные рыбы в районе гидротерм представлены 11 видами, 8 родами и 2 семействами. Большинство видов (91%) относятся к глубоководному эндемичному семейству Abyssocottidae: *Neocottus thermalis* Sideleva, *Abyssocottus korotneffi* Berg, *Asprocottus herzensteini* Berg, *Limnocottus pallidus* (Taliev), *L. bergianus* (Taliev),

Таблица 1. Таксономический состав, доля в уловах и видеоматериалах донных коттоидных рыб, обитающих в районе гидротерм и фоновых районах Северного Байкала

№	Семейство, род, вид	Видеосъёмка гидротерм с ГОА «Мир»	Траловые уловы, гидротермы	Траловые уловы, фоновые районы, Северный Байкал
Семейство <i>Abyssocottidae</i>				
1.	<i>Neocottus thermalis</i>	91,6	70,5	
2.	<i>Abyssocottus korotneffi</i>	3,0	2,0	18,3
3.	<i>Cottinella bouleengeri</i>	0,4	1,0	
4.	<i>Limnocottus pallidus</i>	1,2	1,0	16,4
5.	<i>Limnocottus bergianus</i>	0,8	3,1	9,0
6.	<i>Limnocottus griseus</i>	0,5	2,9	4,1
7.	<i>Limnocottus godlewskii</i>		6,4	4,1
8.	<i>Cyphocottus euryostomus</i>		3,0	1,2
9.	<i>Asprocottus herzensteini</i>	1,7	4,7	4,1
10.	<i>Asprocottus parmiferus</i>			4,1
11.	<i>Asprocottus abyssalis</i>			1,2
Семейство <i>Cottidae</i>				
12.	<i>Batrachocottus talievi</i>	0,8	4,1	37,7
13.	<i>Batrachocottus nikoskii</i>		1,3 juv.	

L. griseus (Taliev), *L. godlewskii* (Dybowski), *Cyphocottus euryostomus* (Taliev) и *Cottinella bouleengeri* (Berg) (табл. 1).

К широко распространённому в пресных водах семейству Cottidae относятся 2 вида: *Batrachocottus talievi* Sideleva и *B. nikolskii* (Berg). Сравнение фаунистического состава рыб из района гидротерм с траловыми сборами, проведёнными в фоновых районах Северного Байкала на глубинах около 400 м, показало сходное число видов (11 и 10 соответственно), причём большинство видов (8) встречалось в обоих районах. В ихтиофауне гидротерм отсутствовали 2 вида рода *Asprocottus* (*A. parmiferus* Taliev и *A. abyssalis* Taliev et Коржаков), присутствовавшие в большинстве контрольных уловов. Сообщество донных рыб в районе гидротерм, в отличие от такового беспозвоночных, богато в видовом отношении и включает 50% донных коттоидных рыб Байкала, в том числе мелководных.

Примечательным для фауны коттоидных рыб в бухте Фролиха явилось описание нового для гидротерм и Байкала вида *Neocottus thermalis* [Сиделёва, 2002] (рис. 2 А). Вид *N. thermalis* доминировал в сообществе, его численность по результатам видеосъёмки, ви-

зуальным и траловым данным составляла 70–90% численности всех рыб, обнаруженных в районе гидротерм. В фоновых районах Северного Байкала превалировал *B. talievi* (37,7% численности донных рыб в уловах), субдоминантами были *A. korotneffi* (18,3%) и *L. pallidus* (16,4%). За пределами гидротермального поля *N. thermalis* в траловых уловах Северного Байкала не отмечен. Отсутствие этого вида в фоновой бентали Байкала и его доминирование в районе гидротерм свидетельствует, на наш взгляд, об облигатности этого вида для гидротермального биотопа. Интересно отметить, что другой вид этого рода *Neocottus werestschagini* (Taliev), распространённый в абиссальных глубинах озера от 850 до 1640 м, ассоциирован с подводным глубоководным метановым выходом «Санкт-Петербург» [Сиделёва, Фиалков, 2014].

Сообщество пелагических коттоидных рыб в придонных слоях воды в районе гидротерм было представлено 3 видами: *Comephorus dybowski* Korotneff и *C. baicalensis* (Pallas) из семейства Comephoridae и *Cottocomephorus inermis* (Jakowlew) из семейства Cottidae (рис. 2 Б). В сообществе пелагических



Рис. 2. Коттоидные рыбы в гидротермальном районе бухты Фролиха:

А — облигатный донный вид *Neocottus thermalis* на камне; Б — пелагические голомянки (*Comephorus*) в придонных слоях воды. Съёмка произведена пилотом Е. Черняевым внешней видеокамерой ГОА «Мир-2»

Таблица 2. Таксономический состав и доля пелагических коттоидных рыб в районе гидротерм и фоновых районах Байкала

Таксон	Видеосъёмка, гидротермы с ГОА «Мир»	Контрольные уловы, фоновые районы
Семейство Cottidae		
1. <i>Cottocomephorus inermis</i>	1,3	12,2
Семейство Comephoridae		
2. <i>Comephorus dybowski</i>	82,9	81,2
3. <i>Comephorus baicalensis</i>	15,8	6,5

Cottoidei доминировал *C. dybowski*, на долю которого приходилось около 83% численности всех пелагических рыб (табл. 2).

Соотношение *C. dybowski* к *C. baicalensis* в гидротермальном районе составляло 5:1, в фоновой пелагиали — 3,5:1 [Стариков, 1977]. Малое число экземпляров *C. baicalensis* в районе гидротерм, вероятно, вызвано тяготением этого вида к глубоководной пелагиали (более 500 м). Вид *C. inermis* был представлен в основном крупными отнерестившимися самцами, которые имели вид меланистов. В фоновых районах Байкала особи этого вида обычно встречались в пелагиали над подводным склоном в слое воды 200—500 м, а также в створах крупных заливов [Кожова и др., 1979]. В районе гидротерм самцы находились на дне, иногда проплывали короткое (1—2 м) расстояние и снова опускались на дно. *C. inermis*, обитая в толще воды и не имея плавательного пузыря, поддер-

живает плавучесть за счёт накопления жира в мышцах, печени и полости тела. Общее содержание липидов в этих органах в нагульный период в среднем составляет 9% сырой массы тела [Сиделёва, Козлова, 2010]. После нереста у самцов *C. inermis* количество липидов уменьшается в 3 раза и составляет в среднем 3%. При таком количестве жира удельная плотность рыб понижается, что отражается на их активности и плавучести. Большую часть времени суток они сидят на дне, период восстановления и накопления липидов продолжается в течение 2 месяцев.

Распределение и поведение рыб. Визуальные наблюдения с глубоководных подводных аппаратов показали, что донные рыбы были сосредоточены в основном на периферии полей матов. Распределение рыб было неравномерным, они не образовывали стай, но число экземпляров в одном стоп-кадре

площадью примерно 10 м² составляло 13 донных и 19 пелагических рыб. Непосредственно на бактериальных матах присутствовали единичные экземпляры донных рыб. На одном поле размером 5×5 м были обнаружены всего 6 экз. рыб, относящихся к четырём видам: *B. talievi* — 2 экз., *A. herzensteini* — 2 экз. и по одному экземпляру *N. thermalis* и *L. godlewskii*. Обычно рыбы неподвижно располагались на поверхности рыхлых отложений и не реагировали на свет и шум подводного аппарата. Способность зарываться в ил обнаружена только у *A. korotneffi*. Иногда донные особи делали броски длиной 30–40 см, потом снова опускались на дно. Способность плыть на короткие расстояния вблизи дна обнаружена только у трёх донных видов: *B. talievi*, *C. bouleengeri* и *N. thermalis*.

Для пелагических рыб, в отличие от донных, наличие бактериальных матов не являлось ограничивающим фактором, они встречались по всей площади гидротермального поля, активно передвигались в толще воды на расстоянии 1–3 м от дна, иногда касались мелкодисперсного ила, взмучивали его, но не задерживались и сразу всплывали вверх. Территориальное поведение у этих видов отсутствовало, сближение особей не вызывало их взаимной агрессии.

Пелагические *Comephorus* являются яйцеживородящими. В конце июля нами был зафиксирован вымет пелагических личинок *C. baicalensis*. В дневное время личинки длиной 10–12 мм начинали массово встречаться в толще воды с глубины около 100 м и до придонного слоя. Личинки положительно реагировали на свет, и если подводный аппарат «Пайсис» останавливался, они концентрировались вблизи ламп освещения.

Численность донных коттоидных рыб в районе гидротермального поля, рассчитанная по траловым уловам, для Байкала была очень высокой и составляла в среднем 198 экз./100 м². На сходных глубинах в фоновом районе у Больших ворот пролива Малое море численность Cottoidei, рассчитанная по уловам этого же трала и в одинаковый сезон года, была на порядок меньше — всего 21 экз./100 м².

Трофическая структура. Донные коттоидные рыбы относятся к консументам 2-го трофического уровня. Среди них *N. thermalis* является гидротермальным облигатным видом. Этот вид имеет нормально развитую пищеварительную систему, его пища практически полностью состояла из донных форм амфипод, обитавших в изобилии на бактериальных матах и между ними. В мышцах *N. thermalis* содержались облегчённые изотопы углерода ($\delta^{13}\text{C}$ в среднем $-67,94\text{‰}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$ в среднем $3,31\text{‰}$) (табл. 3).

Таблица 3. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) донных рыб, консументов 2-го порядка на гидротермальном поле (14.08.2009, глубина 461 м)

Neocottus thermalis	$\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$
Экземпляр I	-66,18	3,09
Экземпляр II	-68,81	1,86
Экземпляр III	-68,83	1,68

Это свидетельствует о том, что органика бактериального происхождения переходит на высокий трофический уровень и используется плотоядными донными коттоидными рыбами.

Пелагические рыбы *C. baicalensis* и *C. dybowski* постоянно встречались и концентрировались в придонных слоях воды над бактериальными матами и их периферии (рис. 2 Б). Эти рыбы в течение жизни имеют слабые трофические связи с сообществом донных беспозвоночных. Они питаются в основном планктонными организмами: мезозoopланктоном — *Epishura baicalensis* Sars (от 6 до 89% массы пищевого комка) и пелагической амфиподой *Macrohectopus branickii* (Dybowski) (от 31 до 100%). Донные амфиподы в пищевом комке встречались крайне редко и относились к случайной пище. Их доля в отдельные сезоны года у *Comephorus* Северного Байкала не превышала 2% [Волерман, Конторин, 1983]. Причины, по которым фоновые пелагические виды концентрировались в районе гидротермы, не совсем ясны. Вероятно, в районе гидротерм встречается пелагическая амфипода *M. branickii*. Это предположение основано на том факте, что этот вид в дневное время концентрируется в придонных слоях воды глубоководной зоны озе-

Таблица 4. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) в тканях пелагических рыб, мезо- и макропланктона

Вид	Пищевые объекты	Гидротерма		Фон, пелагиаль Байкала*	
		$\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$
<i>C. baicalensis</i>	Мезо- и макрозоопланктон	-26,2	13,8	-26,3	13,4
<i>C. dybowski</i>	Мезо- и макрозоопланктон	-26,9	12,0	-26,5	13,0
<i>M. branickii</i>	Фито- и мезозоопланктон	—	—	-25,8	7,8
<i>E. baicalensis</i>	Фитопланктон	—	—	-26,5	6,5

Примечание. * — данные [Yoshi et al., 1999].

ра, а в сумеречное время мигрирует в поверхностную зону [Melnik et al., 1993]. Однако во время погружений ГОА в район гидротермы такие миграции *M. branickii* не были выявлены. Согласно данным изотопного состава тканей *C. baicalensis* и *C. dybowski*, пойманных в районе гидротермы, эти рыбы питались зоопланктонными организмами. В их пищевой цепи наследовался углерод фотосинтетического происхождения (табл. 4). Данные изотопного состава у экземпляров обоих видов *Comephorus* (голомянок), пойманных в районе гидротермы и пелагиали Северного Байкала (на глубине 300–500 м), практически идентичны.

Временная изменчивость сообщества. Использование глубоководных подводных аппаратов в районе гидротермального поля в 1990-е гг. и 20 лет спустя (2009–2011 гг.) позволило сравнить систематический состав рыб и обнаружить изменения в локальной ихтиофауне. Сообщество коттоидных рыб с доминированием *N. thermalis* на гидротермальном поле стабильно в отношении таксономического состава в течение 20 лет. Это утверждение основано на сравнительных данных визуальных наблюдений с ГОА «Пайсис» в 1990–1991 гг. и данных видеосъемок, проведенных с ГОА «Мир» в 2009–2010 гг. Различия касались только двух видов — *Aprocottus plathycephalus* Taliev и *Abysocottus gibbosus* Berg, которые были зарегистрированы в сообществе в 1990 г. и отсутствовали в 2010 г. Эти виды рыб, вероятно, не являются постоянными обитателями гидротерм, а совершают кормовые миграции в район Фролиха, привлекаемые обилием пищевых объектов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными источниками углерода высокопродуктивного биологического сообщества глубоководного гидротермального поля бухты Фролиха является метан, а также низкомолекулярное органическое вещество, образующееся при разложении растительных остатков, попадающих на дно из толщи воды и поступающих со стоком реки Фролиха [Гёбрук и др., 1993; Намсараев и др., 2002]. В бактериальном консорциуме гидротермального сообщества важную роль играют метанооксиляющие бактерии, численность которых в донных отложениях достигала $10\,000 \text{ кл/см}^3$ [Намсараев и др., 2002]. Здесь же зарегистрирована наибольшая скорость бактериального окисления метана $1180,4 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ кг/сут}$, что явилось рекордом для Байкала [Намсараев и др., 2002]. В фоновых районах озера скорости метаноокисления значительно ниже, они составляли $0,005\text{--}7,2 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ кг/сут}$. Интенсивное аэробное окисление метана происходило в верхних слоях осадков (0–5 см) бухты Фролиха, куда поступал кислород из водной толщи. Его потребление составило $495\text{--}737 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ дм}^3/\text{сут}$, что на 2–4 порядка выше в сравнении с фоновыми районами озера. В более глубоких слоях осадков (глубже 20 см) активность процесса метаноокисления резко падала [Гайнутдинова, 2005]. В процессе окисления метана метанотрофы производили до 74% продукции органического вещества, обнаруженного в донных отложениях бухты Фролиха.

В гидротермальных донных осадках, наряду с бактериальным окислением метана, происходило интенсивное образование биогенного метана, которое осуществлялось сообществом

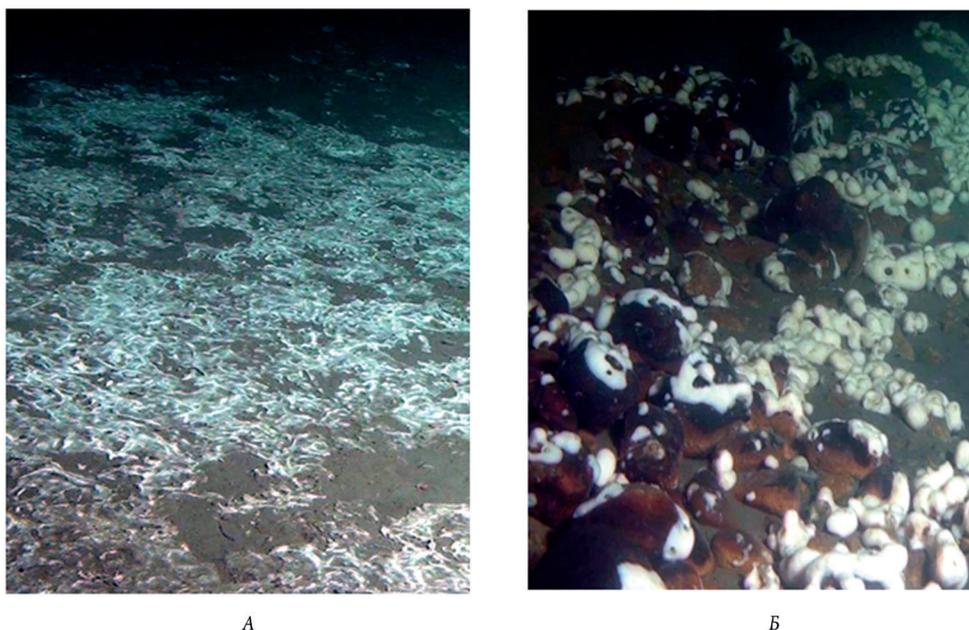


Рис. 3. Внешний вид бактериальных матов (А) и колоний губки *V. intermedia* (Б), гидротермальное поле в бухте Фролиха

архей-метаногенов. Метаногенез совершался за счёт разложения органического вещества, скрытого в донных отложениях бухты Фролиха. На образование биогенного метана расходовалось $1030 C_{\text{орг}}$ мкг С кг/сут, при этом максимальные скорости метаногенеза достигали $534 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ кг/сут}$ [Намсараев и др., 2002]. Только в подповерхностном слое осадков, покрытых бактериальными обрастаниями (матами), скорость окисления метана была меньше, чем его образование: 230,0 против $241,0 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ кг/сут}$, и в этом случае образование метана превышало его потребление. На периферии полей бактериальных матов величины метаногенеза уменьшались более чем в 2 раза — до $120 \text{ мкл } \text{CH}_4 \text{ кг/сут}$, и процесс метаноокисления превалировал над метанообразованием [Намсараев и др., 2002; Гайнутдинова, 2005]. Процесс анаэробного окисления метана сочетался с сульфатредукцией и являлся важным звеном в цикле углерода [Hinrichs, Bootins, 2002; Wegener et al., 2008; Meulepas et al., 2010]. Наибольшая активность бактерий-сульфатредукторов была обнаружена в микробных матах бухты Фролиха, она достигала $22 \text{ мкг } \text{S} \text{ кг/сут}$ [Намсараев и др., 2002]. Сероводород, образующийся за счёт деятель-

ности сульфатредуцирующих бактерий, расходовался на поддержание жизнедеятельности крупных (до 2 см в длину) нитчатых бесцветных серобактерий рода *Thioploca*, формирующих бактериальные маты [Гебрук и др., 1993; Намсараев и др., 1994].

Бактериальные маты в районе гидротермальных выходов имели вид разноразмерных полей протяжённостью от 2 до 60 м. Их общая площадь, рассчитанная с привязкой к гидроакустическим маякам (транспондерам), составила 396093 м^2 . Из иллюминатора ГОА «Пайсис» на поверхности восстановленных осадков были хорошо видны белесоватые обрастания, состоящие из переплетённых между собой толстых нитей (трихом) (рис. 3 А). Маты в основном состояли из серобактерии *Thioploca ingrica* Maier. Её толстые нити-трихомы были заключены в общий чехол, внутри которого находилось до 21 тонкой нити-филамента, эти нити имели способность передвигаться внутри чехла независимо друг от друга [Земская и др., 2009]. Внутри бактериальных клеток *Thioploca* были хорошо видны глобулы серы, помещавшиеся на периферии клетки, а также крупные вакуоли, в которых

накапливались нитраты. В донных отложениях нити-трихомы располагались вертикально. В осадках бухты Фролиха эти бактерии могли проникать в глубину осадка на 19 см, транспортируя нитраты, которые окисляли сероводород. Биомасса *Thioploca* в районе бактериальных матов в бухте Фролиха достигала 65 мг/г влажного осадка [Земская и др., 2009; Zemskaya et al., 2012].

Мейобентос. Организмы мейобентоса, обитающие в районе гидротермального поля, изучены недостаточно. Известно, что мейобентос Фролихи представлен 7 группами организмов: нематоды, циклопы, остракоды, гарпактициды, мелкие турбеллярии, свободно живущие псаммофильные инфузории и коловратки-бделлоиды [Zemskaya et al., 2012]. Среди остракод отмечены *Candona* spp., а также молодь из родов *Candona* и *Cytherissa*. Из циклопов зарегистрированы *Acanthocyclops profundus* Mazerova, *Paracyclops baicalensis* Mazerova и планктонный вид *Cyclops kolensis* Lilljeborg [Кожова и др., 1998]. Значения численности мейобентоса варьировали в широких пределах от 13270 до 127168 экз./м² [Zemskaya et al., 2012]. Неоднородность донных осадков и присутствие бактериальных матов определяли наличие микробиотопов, в которых доминировали виды одной из 7 групп мейобентоса. На бактериальных матах преобладали коловратки-бделлоиды (74% от общей численности); на восстановленных осадках — циклопы (51%); на периферии матов, на каменисто-песчаных грядах преобладали остракоды (75%); на мягких илах — нематоды (90%).

Макрозообентос. Крупные беспозвоночные на гидротермальном поле включали 6 доминирующих групп животных: олигохеты, планарии, губки, личинки хирономид, амфиподы и гастроподы [Кузнецов и др., 1991; Гебрук и др., 1993; Ситникова и др., 1993; Кожова и др., 1998; Кайгородова, 2011; Zemskaya et al., 2012]. Общая численность крупных беспозвоночных варьировала в широких пределах: от 4400 до 42000 экз./м². В районе активного поля, так же как в фоновых районах Байкала, преобладающей группой в макрозообентосе по видовому разнообразию, численности и биомассе являлись олигохеты (табл. 5). На гидротермальном поле обнаружены 23 вида малоцетинковых червей, что составило более 50% от общего числа видов, известных для Северного Байкала [Кайгородова, 2011]. Это самая богатая в видовом отношении группа бентоса. Олигохеты достигали 69% от общей численности и 61% биомассы всего сообщества макрозообентоса [Кожова и др., 1998].

Численность олигохет варьировала от 350 до 4777 экз./м², биомасса — от 0,19 до 5,79 г/м² [Кайгородова, 2011]. Малоцетинковые черви включали 90% эндемичных байкальских видов, 4 формы были неясного таксономического статуса, облигатные виды среди олигохет не отмечены.

Хирономиды также занимали важное место в сообществе макрозообентоса, составляя 25% от общей численности и 33% биомассы [Кожова и др., 1998]. На отдельных участках поля трубки хирономид образовывали «сплошной покров, напоминающий ворсистый ковёр с плотностью скопления 20–30 экз./дм²»

Таблица 5. Число видов доминирующих групп макробентоса в гидротермальных и фоновых условиях в оз. Байкал

Группа организмов	Гидротермы, число видов	Байкал, число видов и подвидов	%	Источник информации
Олигохеты	23	204	11,3	Семерной, 2004
Турбеллярии	?	164	?	Тимошкин, 2005
Губки	1	19	5,3	Ефремова, 2001
Хирономиды	2	166	1,2	Кравцова, 2010
Амфиподы	10+	350	2,8	Тахтеев, 2000
Гастроподы	3	150	2,0	Sitnikova, Shirokaya, 2013

[Гебрук и др., 1993. С. 905]. Для района гидротерм указаны 2 вида одного рода: *Sergentia flavodentata* Chernovski и *S. nebulosa* Linevich, Aleksandrov et Proviz. Вид *S. flavodentata*, преобладающий на гидротерме, — единственный среди байкальской фауны хирономид, встречающийся в очень широком диапазоне глубин (от 13 до 1400 м). У экземпляров этого вида, собранных в гидротермальном районе, обнаружен уникальный хромосомный полиморфизм [Провиз, 2005].

Амфиподы — одна из доминирующих групп беспозвоночных на гидротерме. Эта группа представлена донными и придонными формами, образующими динамические скопления, в которых особи двигались в различных направлениях. Из иллюминатора ГОА «Пайсис» при визуальном подсчёте зафиксированы скопления 200–300 экз./м² крупных экземпляров амфипод, среди которых визуально можно было различить около 10 морфологически различных форм [Гебрук и др., 1993; Сиделёва, 2002].

Некрупные светло-коричневые планарии в районе гидротерм присутствовали на мелких валунах и гальке, которые окружали поля бактериальных матов. На одном камне размером 5×10 см, поднятом аппаратом «Пайсис» на палубу, мы насчитали более 50 экз. планарий. Относительная численность планарий в районе гидротерм составила 2–5 экз./см² [Zemskaya et al., 2012]. Их таксономический состав, к сожалению, изучен недостаточно. Известно, что планарии принадлежат к семейству Dendrocoelidae и виду из рода *Bdellocephala*.

Поселения корковидных губок на гидротерме присутствовали повсеместно, где встречался твёрдый субстрат — камни и куски затопленной древесины. Губки имели белый цвет, образовывали обширные колонии (рис. 3 Б). Как только подводный аппарат приближался ко дну, наблюдатель сразу замечал их и мог обнаружить гидротерму по обилию губок. Они относятся к байкальскому эндемичному виду *Baikalospongia intermedia* Dybowsky [Ефремова и др., 2005]. Расчётная протяжённость пояса губок в районе гидротерм составила 1,58 км². Губки являются сложными симбиотическими сообществами, включающими эндо- (микроводоросли, бактерии, археи)

и экзосимбионтов (амфиподы, моллюски, ручейники, олигохеты) [Парфенова и др., 2008; Глызина и др., 2011]. В тканях губок с гидротермального поля найдены бактерии, которые по внешнему строению идентифицированы как метанотрофные [Ефремова и др., 2005]. Они присутствовали в цитоплазме клеток, межклеточном пространстве, а также приводящих каналах и служили источником питания для колонии губок. Как показали исследования эндосимбионтов корковых губок, состав симбионтов коррелировал с таковым бактериального сообщества, присутствовавшего в местах обитания колоний губок [Гладких и др., 2014].

Среди моллюсков в районе байкальских гидротерм обнаружены только гастроподы. Они представлены 3 видами: *Cyncinna profundicola* Bekman et Starobogatov, *Benedictia pumila* (Lindholm) и *Pseudancylostoma frolikhae* Sitnikova et Starobogatov [Ситникова и др., 1993]. В более поздней работе Земской с соавторами [Zemskaya et al., 2012] указаны только 2 вида гастропод: *B. pumila* и *P. frolikhae*. *P. frolikhae* обнаружен на камнях и гальке. Этот вид часто встречался вместе с планариями. Другой вид гастропод (*B. pumila*) отмечали на мягких донных осадках между валунами, граничащими с бактериальными матами. Относительная численность *B. pumila* высокая — от 5 до 15 экз./10 см² [Sitnikova, Shirokaya, 2013].

В районе гидротерм каждая группа крупных бентосных беспозвоночных представлена малым числом видов (от 1 до 23) (табл. 5). Однако в Байкале эти группы зообентоса являются наиболее процветающими и включают большое число видов — от 350 видов и подвигов амфипод до 19 видов губок. Малое число видов беспозвоночных, обнаруженных на гидротермальном поле во Фролихе, составляющее единицы процентов богатой байкальской фауны, даёт численность, на 1–2 порядка превышающую таковую в фоновых районах озера.

Трофическая структура. В трофическом сообществе байкальской гидротермы можно выделить 3 трофических уровня: 1) первичные продуценты — метанотрофные и сульфатредуцирующие бактерии; 2) консументы 1-го порядка — беспозвоночные грейзеры, детритофаги и фильтраторы [терминология, Гебрук

и др., 2002]; 3) консументы 2-го порядка — плотоядные коттоидные рыбы.

В сообществе морских гидротерм выделяется 2 способа питания бактериальной продукцией: 1) симбиотрофия — специализированный тип питания внутриклеточными симбиотическими бактериями; 2) бактериотрофия — поглощение бактерий из окружающей среды [Гёбрук и др., 2002]. Поскольку в байкальской гидротерме не обнаружены высокоспециализированные облигатные организмы, вероятнее всего, симбиотрофия им не свойственна, а у консументов 1-го порядка имеет место только бактериотрофия. Наиболее облегчённый изотоп $\delta^{13}\text{C}$ обнаружен в тканях гастропод, амфипод и хирономид; $\delta^{13}\text{C}$ составляла $-73,7$; $-72,7$ и $-72,5\text{‰}$ соответственно [Zemskaya et al., 2012]. В тканях губок, планарий и олигохет $\delta^{13}\text{C}$ варьировала в пределах от $-65,0$ до $-62,4\text{‰}$. Отрицательные значения $\delta^{15}\text{N}$ выявлены только у гастропод ($-10,4\text{‰}$) и олигохет ($-3,1\text{‰}$). Значения стабильных изотопов свидетельствуют об использовании консументами 1-го порядка органического вещества, синтезированного метанотрофными бактериями. Трофическая структура сообщества в районе байкальской гидротермы, так же как у морских гидротермальных сообществ, имеет укороченные пищевые цепи [Гёбрук и др., 2002]. Они состоят из 2 или 3 уровней; 2 уровня: первичный продуцент — бактериотроф (гастроподы-чашечки, хирономиды, олигохеты, амфиподы, губки); 3 уровня: первичный продуцент — бактериотроф — плотоядные донные коттоидные рыбы.

Сообщество коттоидных рыб гидротермального района, в отличие от макрозообентоса, таксономически разнообразно и состоит из 14 видов и 10 родов, что составляет 42% всех видов и 83% родов байкальских Cottoidei. Причём донные коттоидные рыбы на гидротермальном поле на 70–90% представлены одним облигатным видом *N. thermalis*. В фоновой ихтиофауне на сходных глубинах преобладают другие виды рыб — *B. talievi* или *A. korotneffi*, при этом вид-доминант не превышает 40% от общего числа всех других видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная особенность гидротермального проявления в бухте Фролиха заключается в том, что термальные флюиды перед выходом на поверхность проходят толстый слой рыхлых озёрных отложений. В местах диффузных тепловых выходов образуются бактериальные обрастания (маты), состоящие в основном из нитчатых серных бактерий рода *Thioploca*. Источником органического вещества и энергии для богатого сообщества беспозвоночных и коттоидных рыб, обнаруженных в этом районе, является газ метан биогенного генезиса. Метан способствует активной деятельности метанооксилирующих и сульфатредуцирующих консорциумов микроорганизмов. Другой источник органического вещества — продукция фотосинтетического происхождения, поступающая на гидротермальное поле из толщи воды и с речными стоками. Высокие значения продукции, на порядок превышающие показатели в соседних с гидротермальным полем регионах, обуславливают высокие значения численности и биомассы бентоса в гидротермальном биоценозе.

Гидротермальное сообщество беспозвоночных состоит из семи групп мейобентоса и шести групп макрозообентоса. К сожалению, слабая изученность отдельных групп беспозвоночных не позволяет в полной мере оценить их биоразнообразие. В сообществе макрозообентоса доминировали олигохеты, планарии, амфиподы, хирономиды и губки. Олигохеты на гидротермальном поле превосходили все другие группы по числу видов, численности и биомассе, что характерно для фаун мягких осадков, состоящих из мелкодисперсных илов глубоководного Байкала [Семерной, 2004]. Уникальным является обильное развитие и доминирование хирономид в бентосе глубоководной гидротермы Фролихи, отмеченное в 1990-е гг. [Кожова и др., 1998]. Это не свойственно фоновой фауне беспозвоночных, обитающих на сходных глубинах, где доминируют олигохеты и гаммариды. Несомненный интерес представляет обширность глубоководной колонии губок (400–480 м) в районе гидротермального поля. В Байкале губки обычно доминируют в верхних пределах склона, на глубинах от 5 до 100 м. Скопления белых корковидных губок одного

вида *Baicalospongia intermedia* вокруг полей бактериальных матов резко контрастируют с абиссалью Байкала, практически лишённой губок. Известно, что по способу питания губки являются тонкими фильтраторами и извлекают из воды бактерий, являющихся для них пищевыми объектами [Парфёнова и др., 2008]. И чем больше бактерий в окружающей среде, тем быстрее нарастает масса губки. Большая плотность колоний губки *B. intermedia* связана с использованием в пищу метанооксиляющих бактерий, в больших количествах присутствующих на гидротермальном поле. Факт употребления в пищу бактерий-метанотрофов беспозвоночными, в том числе и губками, подтверждает наличие в их тканях облегчённых изотопов углерода и азота ($\delta^{13}\text{C}$ от $-73,7$ до $-54,6\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N}$ от $-10,4$ до $+0,9\text{‰}$). Это свидетельствует о вовлечении в трофические цепи углерода, образованного в результате бактериального метаноокисления.

Видовой состав бентосного гидротермального сообщества представлен наиболее богатыми в таксономическом отношении группами животных, широко распространёнными в Байкале. Облигатные виды бентоса при современном уровне его изученности не выявлены. Высокую численность крупных беспозвоночных гидротермального поля обеспечивает ограниченное число видов из шести доминирующих групп.

Данные изотопного анализа углерода и азота доминирующих групп беспозвоночных (гастропод, хирономид, амфипод, олигохет, турбеллярий и губок) и рыб указывают на облегчение углеродного скелета. Это свидетельствует о бактериальной природе углерода, полученного из биогенного метана [Гебрук и др., 1993; Zemskaya et al., 2012]. Трофическая структура сообщества в районе байкальской гидротермы, так же как у морских гидротермальных сообществ, имеет укороченные пищевые цепи, которые состоят из 2 или 3 уровней [Гебрук и др., 2002].

Фауна рыб, приуроченных к гидротермальному полю, таксономически разнообразна и представлена 14 видами, 10 родами и 3 семействами Cottoidei. Донный образ жизни ведут 11 видов, и 3 вида являются пелагическими. Донные коттоидные рыбы сосредоточены

в основном на периферии полей матов. Максимальные скопления обнаружены на гидротермальном поле, при этом в одном стоп-кадре насчитывалось 13 донных и 19 пелагических рыб. Важно отметить присутствие в гидротермальном сообществе бухты Фролиха облигатного вида *Neocottus thermalis*. Численность этого вида достигала 70–90% всех рыб, обнаруженных в гидротермальном сообществе. В тканях *N. thermalis* выявлены облегчённые изотопы углерода и азота ($\delta^{13}\text{C}$ $-67,94\text{‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ $-3,31\text{‰}$), свидетельствующие об использовании в трофической цепи органики, синтезированной на основе бактериального метаноокисления. Пелагические голомянки в районе гидротермального поля характеризовались тяжёлыми стабильными изотопами, свойственными органике фотосинтетического генезиса. Эти рыбы не питаются донными и придонными беспозвоночными, обитающими на гидротермальном поле. Вероятно, они кормятся вдали от него или прицельно выбирают пелагические пищевые объекты. Фауна коттоидных рыб гидротермальных выходов бухты Фролиха довольно стабильна во времени. Её таксономический состав, доминирующие донные и пелагические виды, а также численность практически не изменились за 20 лет исследований. Различия в видовом составе на протяжении этого времени касались только 2 видов, которые в сообществе составляли около 1% от общей численности.

Благодарности

Авторы благодарны д.б.н. Т.Я. Ситниковой за ценные советы и предоставленные материалы по стабильным изотопам рыб. Авторы признательны Т.И. Земской за консультации и критические замечания, касающиеся микробиологического раздела статьи. Наша благодарность В.В. Парфёновой за консультации о роли бактерий в питании байкальских губок. Авторы благодарят А.В. Гебрука за редактирование текста статьи и весьма ценные замечания и разъяснения. Наша признательность В.С. Маслюкову за подготовку рисунков.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-01126-а и Госзадания № 01201351186.

ЛИТЕРАТУРА

- Биология гидротермальных систем. 2002. М.: КМК. 543 с.
- Байкаловедение. 2012. Кн. 2. Новосибирск: Наука. С. 577–582.
- Волерман И.Б., Конторин В.В. 1983. Биологические сообщества рыб и нерпы в Байкале. Новосибирск: Наука. 247 с.
- Гайнутдинова Е.А. 2005. Бактериальное окисление метана в озере Байкал. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ. 24 с.
- Гебрук А.В., Кузнецов А.П., Намсараев Б.Б., Миллер Ю.М. 1993. Роль бактериальной органики в питании глубоководных донных животных в бухте Фролиха (оз. Байкал) в условиях повышенного теплового потока // Известия РАН. Серия биологическая. Вып. 6. С. 903–908.
- Гебрук А.В., Галкин С.В. 2002. Гидротермальный биотоп и гидротермальная фауна: общие положения // Биология гидротермальных систем. М.: КМК. С. 13–24.
- Гладких А.С., Калюжная О.В., Белых О.И., Ан Т.С., Парфёнова В.В. 2014. Метод пироквенирования демонстрирует сходный состав симбиотических сообществ двух эндемичных видов пресноводных губок из озера Байкал // Микробиология. Т. 83. Вып. 6. С. 682–693.
- Глызина О.Ю., Глызин А.В., Шишлянникова Т.А. 2013. Жизненная стратегия байкальской губки *Libomirskia baicalensis* // Известия Иркутского государственного университета. Т. 6. Вып. 1. С. 82–86.
- Голубев В.А. 1979. Тепловой поток через впадину озера Байкал // Доклады АН СССР. Т. 245. Вып. 6. С. 658–661.
- Голубев В.А. 1982. Геотермия Байкала. Новосибирск: Наука. 150 с.
- Ефремова С.М. 2001. Губки (Rotifera) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Озеро Байкал. Т. 1. Новосибирск: Наука. С. 179–192.
- Ефремова С.М., Фиалков В.А., Кузин В.С. 1995. Метанотрофные симбиотические бактерии в тканях глубоководных байкальских губок // Тез. докл. II Верецагин. Байкал. конф. Иркутск. С. 63.
- Земская Т.И., Ситникова Т.Я., Хлыстов О.М. 2014. Исследование глубинных зон Байкала // Вестник РАН. Т. 84. Вып. 6. С. 500–505.
- Земская Т.И., Черницына С.М., Дульцева Н.М., Сергеева В.Н., Погодаева Т.В., Намсараев Б.Б. 2009. Бесцветные серные бактерии рода *Thioploca* из различных районов озера Байкал // Микробиология. Т. 78. Вып. 1. С. 134–143.
- Кайгородова И.А. 2011. Глубоководная фауна олигохет (Annelida, Oligochaeta) в районе гидротермального источника бухты Фролиха, оз. Байкал (Сибирь, Россия) // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. Т. 2. Вып. 4. С. 117–132.
- Кожова О.М., Кравцова Л.С., Кабанова Г.И. 1998. Донные биоценозы и танатоценозы в аномальных геологических условиях Байкала // Проблемы сохранения биоразнообразия. Материалы конференции «Проблемы экологии». Иркутск. С. 61–64.
- Кожова О.М., Сиделёв Г.Н., Резинков Н.С. 1979. Наблюдения планктонных и нектобентических сообществ // Геолого-геоморфологические и подводные исследования оз. Байкал. М.: Наука. С. 87–91.
- Кравцова Л.С. 2010. Пространственное распределение хирономид (Diptera, Chironomidae) в прибрежной зоне Южного Байкала // Гидробиологический журн. Т. 46. Вып. 5. С. 3–15.
- Кузнецов А.П., Стрижов В.П., Кузин В.С., Фиалков В.А., Ястребов В.С. 1991. Новое в природе Байкала. Сообщество, основанное на бактериальном хемосинтезе // Известия СО РАН. Серия биологическая. Вып. 5. С. 766–774.
- Москалёв М.И. 2002. Открытие и исследование гидротерм и холодных высачиваний сероводорода и метана на дне Мирового океана // Биология гидротермальных систем. М.: КМК. С. 25–58.
- Намсараев Б.Б., Дулов Л.Е., Дубинина Г.А., Земская Т.И., Гранина Л.Э., Карabanов Е.Б. 1994. Участие бактерий в процессах синтеза и деструкции органического вещества в микробных матах озера Байкал // Микробиология. Т. 63. Вып. 2. С. 44–51.
- Намсараев Б.Б., Земская Т.И., Дагурова О.П., Гранина Л.Э., Голобокова Л.П., Парфёнова В.В., Тёркина И.А., Косторнова Т.Я., Никулина И.Г., Черных В.И., Максимова Э.А. 2008. Микробное сообщество пресноводных губок озера Байкал // Известия РАН. Серия биологическая. Вып. 4. С. 435–441.
- Провиз В.И. 2005. Хромосомный полиморфизм уникальной байкальской глубоководной популяции *Sergentia flavodentata* (Diptera, Chironomidae) из района выхода термальных вод // Генетика. Т. 41. Вып. № 3. С. 1–8.
- Семерной В.П. 2004. Олигохеты озера Байкал. Новосибирск: Наука. 528 с.
- Сиделёва В.Г. 2002. Ихтиофауна района повышенной гидротермальной активности в бухте Фролиха (озеро Байкал) с описанием нового вида рода *Neocottus* (Abyssocottidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 42. Вып. 2. С. 274–278.
- Сиделёва В.Г., Козлова Т.А. 2010. Сравнительное изучение эндемичных коттоидных рыб (Cottidae,

- Comerphoridae) в связи с приспособлением к обитанию в пелагиали оз. Байкал // Труды Зоологического института РАН. Т. 314. Вып. 4. С. 74–88.
- Сиделёва В.Г., Фиалков В.А. 2014. Фауна коттоидных рыб (Cottoidei) в районе метанового сипа в абиссали озера Байкал // Доклады Акад. наук. Т. 459. Вып. 5. С. 1–3.
- Ситникова Т.Я. 2002. Бактериальные сообщества донных осадков в районе гидротермального источника бухты Фролиха (Северный Байкал) // Геология и геофизика. Т. 43. Вып. 7. С. 644–647.
- Ситникова Т.Я., Фиалков В.А., Старобогатов Я.И. 1993. Брюхоногие моллюски из района выхода подводной гидротермы Байкала // Ruthenica. Т. 3. Вып. 2. С. 133–136.
- Стариков Г.В. 1977. Голомянки Байкала. Новосибирск: Наука. 94 с.
- Тахтеев В.В. 2000. Очерки о бокоплавах озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция). Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та. 355 с.
- Тимошкин О.А. 2005. Состав и происхождение фауны Turbellaria (Plathelminthes) озера Байкал. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. СПб. 48 с.
- Crane K., Hecker B., Golubev V. 1991. Hydrothermal Vents in Lake Baikal // Nature. V. 350. P. 281.
- Hinrichs K. — U., Boetlus A. 2002. The Anaerobic Oxidation of Methane: New Insights in Microbial Ecology and Biogeochemistry // Ocean Margen Systems. Berlin: Springer. P. 457–477.
- Melnik N.G., Timoshkin O.A., Sideleva V.G., Pushkin S.V., Mamylov V.S. 1993. Measurement of the Density of the Baikal Macroplankter *Macrohectopus branickii* // Limnology and Oceanography. V. 38. Issue 2. P. 425–434.
- Meulepas R.J.V., Jagersma C.G., Khadem A.F., Stams A.J.M., Lens P.N.L. 2010. Effect of Methanogenic Substrates on Anaerobic Oxidation of Methane and Sulfate Reduction by an Anaerobic Methanotrophic Enrichment // Appl. Microbial. Biotechnol. V. 87. P. 1499–1506.
- Namsaraev B.B., Dagurova O.P., Zemskaya T.I., Golobokova L.P. 2006. The Functioning of the Microbial Community in Bottom Sediments of Lake Baikal, with Special Regard to Hydrothermal and Gas Hydrate Regions // Hydrobiologia. V. 568 (S). P. 83–85.
- Shanks W.S., Callender E. 1992. Thermal Spring in Lake Baikal // Geology. V. 20. P. 495–497.
- Sideleva V.G. 2003. Endemic Fishes of Lake Baikal. Leiden: Backhuys Publ. 247 p.
- Sitnikova T.Y., Shirokaya A.A. 2013. A New Data on Deep-Water Baikal Limpets Found Hydrothermal Vents and Oil-Seeps // Arch. Molluskenkunde. V. 142. Issue 2. P. 257–278.
- Wegener G., Niemann H., Elvert M., Hinrichs K. — U., Boetlus A. 2008. Assimilation of Methane and Inorganic Carbon, by Microbial Communities Mediating the Anaerobic Oxidation of Methane // Environmental Microbiology. V. 10. Issue 9. P. 2287–2298.
- Yoshi K., Melnik N.G., Timoshkin O.A., Bondarenko N.A., Anoshko P.N. 1999. Stable Isotope Analyses of the Pelagic Food Web in Lake Baikal // Limnology and Oceanography. V. 44. Issue 3. P. 502–511.
- Zemskaya T.I., Sitnikova T.Y., Kiyashko S.I., Kalmychikov G.V., Pogodaeva T.V., Mekhanikova I.V., Naumova T.V., Shubenkova T.V., Chernitsina S.M., Kotsar O.V., Chernyaev E.S., Khlystov O.M. 2012. Faunal Communities at Sites of Gas- and Oil-Bearing Fluids in Lake Baikal // Geo-Mar. Lett. Issue 32. P. 437–451.

Cottoid Fishes (Cottoidei) in Deep-Water Hydrothermal Vent Community in Frolikha Bay, Lake Baikal

V.G.Sideleva¹, V.A. Fialkov²

¹Zoological Institute, Russian Academy of Science

²Baikal Museum ISC SB RAS

Deep-water hydrothermal vent is located at the Frolikha Bay of Lake Baikal at the depth 400–480 m, and sustain square area of 0.397 km². Hydrothermal field is characterized by highly productive community of water organisms. Large invertebrates abundant at the hydrothermal field are represented by a restricted number of species from six different groups: oligochaete, amphipods, chironomids, planaria, gastropods and sponges. Ichthyofauna consists of 14 species, eight genera and three families of sculpins (Abyssocottidae, Cottidae and Comephoridae). A biodiversity of cottoid fish at the hydrothermal vent represents 42% of all Cottoidei from Lake Baikal. Distribution of fishes was irregular, they did not form flocks, and the number of fishes, as it was quantified by submarine studies, in the area of 10 square meters was 13 benthic and 19 pelagic specimens. Only few specimens of benthic fish were found in the area of bacterial mats. In one field of bacterial mats, 5×5 m in size, were found only 6 specimens belonging to four different species. The number of benthic cottoid fishes inhabiting hydrothermal field was calculated in trawl catches, and averaged as 198 specimens per 100 square meters. This quantity is ten times higher than in the background areas of Lake Baikal (21 specimens per 100 square meters). The important discovery in hydrothermal fauna was an obligate species *Neocottus thermalis* Sideleva, and its domination in hydrothermal fish community: from 70 to 90% of all fish specimens. In *N. thermalis* tissues were found lighter carbon and nitrogen isotopes (67.94 and 3.31‰ in average, respectively). This data justify usage of organic products of methane oxidizing at the hydrothermal food webs. The taxonomic structure of the hydrothermal fish community with the dominance of *N. thermalis*, was stable in Frolikha bay for last twenty years. It was shown by the data observed from deep-water research submarines «Pisces» (1990–1991) and «Mir» (in 2009–2010).

Keywords: Lake Baikal, hydrothermal vent, cottoid fishes, stable isotopes.