



УДК 57.083.13:577.522(282.256.341)

Особенности культивируемых гетеротрофных микроорганизмов литоральной зоны озера Байкал

М. П. Белых¹, Е. В. Суханова², Н. Л. Белькова^{2,3}

¹Восточно-Сибирская государственная академия образования, Иркутск

²Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

³Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail: BelykhMarina606@gmail.com

Аннотация. Проведённые исследования микробных сообществ литоральной зоны озера Байкал показали, что при культивировании на питательных средах, различных по составу органических и минеральных компонентов, максимальные значения общей численности гетеротрофов получены на бедной органикой среде (NSY+), минимальные – на богатой (TSA). Разнообразие доминирующих культивируемых гетеротрофов, определённое по 16S рДНК, представлено родами *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Enhydrobacter*, *Gulbenkiana*, *Klebsiella*, *Massilia*, *Methylobacterium*, *Pseudomonas*, *Sphingomonas* и *Staphylococcus*. Обсуждаются факторы, влияющие на состав гетеротрофного микробного сообщества литоральной зоны озера.

Ключевые слова: гетеротрофные микроорганизмы, литоральная зона озера Байкал, питательные среды, динамика биогенных элементов.

Введение

Гидрологический и гидрохимический режим водоёма во многом определяет функционирование микробного сообщества и направление процессов деструкции органических веществ [4; 11]. В олиготрофных пресных водоёмах за эти процессы главным образом ответственны гетеротрофные бактерии, поэтому в естественных условиях обитания они являются доминирующей физиологической группой. Используя в качестве источника энергии и углерода готовые органические соединения [10], гетеротрофы трансформируют их в микробную массу и способствуют естественному очищению водоёмов от биогенных загрязнений [11].

В воде и грунтах озера Байкал обнаружены представители более двух десятков родов и сотен видов различных систематических групп культивируемых гетеротрофных бактерий [7]. Среди них – представители родов *Pseudomonas* [12; 14; 18], *Bacillus* [7; 12; 15], *Caulobacter* и *Brevundimonas* [9], *Streptomyces* и *Micromonospora* [8].

Литоральная зона озера испытывает большее по сравнению с открытыми водами динамическое воздействие водных масс и характеризуется хорошо выраженной амплитудой суточных и сезонных колебаний температуры воды, динамикой концентраций биогенных элементов, минеральных компонентов и рас-

творённых газов [5; 12; 16]. Своеобразие экологических характеристик зоны обеспечивает особые условия для жизнедеятельности микроорганизмов, которые способны проявлять не только органотрофный, но и хемоорганотрофный или хемотрофный энергетический метаболизм, формируют устойчивое сообщество и поддерживают баланс физико-химического и микроэлементного состава окружающей среды. Ещё одно отличие литоральной зоны от пелагиали заключается в более высокой общей численности бактерий [2; 13], что способствует повышению конкуренции клеток за питательные ресурсы и регуляции их численности на уровне продукции метаболитов и антибиотических веществ [3].

Изучение особенностей роста гетеротрофных микроорганизмов на питательных средах с разным составом органических и минеральных веществ и их реакции на введение витаминных добавок и стимулирование продукции пигментов в условиях культивирования, максимально приближенных к природным, дают возможности для изолирования более широкого спектра представителей природного микробного сообщества. Целью настоящей работы стало культивирование гетеротрофных микроорганизмов из литоральной зоны оз. Байкал и изучение их способности к росту на питательных средах разного состава.

Материалы и методы

Отбор проб воды, использованных для исследования разнообразия гетеротрофного сообщества микроорганизмов литоральной зоны, проводили из придонных слоёв на междисциплинарном полигоне ЛИИ СО РАН близ м. Берёзовый (Южный Байкал) в июне 2010 г. Пробы отбирали в стерильные ёмкости и хранили после транспортировки при температуре 4 °С до момента исследования.

Учёт численности гетеротрофных микроорганизмов проводили на питательных средах с разным качественным и количественным составом органических и минеральных компонентов. Селективные среды NSY и LB:10 готовили с добавлением витаминов и микроэлементов (NSY+ и LB:10+) (табл. 1) [24]. Для культивирования гетеротрофов проводили глубокий посев 1 мл воды на твёрдые среды. Чашки со средами инкубировали при 4 °С. Подсчёт численности колониеобразующих единиц (КОЕ) проводили на 3-и и 5-е сутки. Для изоляции проводили стандартные пересевы из отдельно выросших колоний, чистоту культур

проверяли путём визуального и микроскопического контроля. После получения достоверных результатов проводили фенотипическое описание колоний с помощью светового микроскопа Axiostar plus (Carl Zeiss, Германия) при увеличении $\times 100$.

Идентификацию культур проводили с помощью молекулярно-генетического анализа фрагментов гена 16S рРНК [1]. Амплификацию вели на бактериальных праймерах 27L (5'-AGAGTTTGATCATGGCTCAG-3') и 1542R (5'-AAGGAGGTGATCCAGCCS-3'), ампликоны анализировали в агарозном геле, элюировали методом замораживания-оттаивания и готовили для секвенирования [1]. Нуклеотидные последовательности определяли на автоматическом секвенаторе ABI PRISM 310 Genetic Analyzer ABI310A (Perkin Elmer, США) в ЦКП «Геномика» СО РАН. Сравнительный анализ полученных последовательностей проводили с помощью пакета программ FASTA [23]. Нуклеотидные последовательности изученных штаммов депонированы в международную базу данных, где им присвоены следующие номера: HF548435–HF548460.

Таблица 1

Состав коммерческих питательных сред, основных растворов микроэлементов и витаминов для культивирования гетеротрофных микроорганизмов из литоральной зоны оз. Байкал

Название	Компоненты, г/л
Комплексные питательные среды	
NSY (nutrient broth, soya peptone, yeast extract)	питательный бульон – 1,0; соевый пептон – 1,0; дрожжевой экстракт – 1,0; агар – 15,0
LB:10 (Питательная среда Luna-Bertam, разведенная в 10 раз)	триптон – 1,0; дрожжевой экстракт – 0,5; агар – 15,0
Коммерческие питательные среды	
TSA (Casein Soybean Digest Agar)	Для приготовления брали 40 г среды следующего состава: панкреатический гидролизат казеина – 15,0; папаиновый гидролизат сои – 5,0; хлорид натрия – 5,0; агар – 5,0
PCA (Plate Count Agar)	Для приготовления брали 23,5 г среды следующего состава: ферментативный гидролизат казеина – 5,0; дрожжевой экстракт – 2,5; декстроза – 1,0; агар – 15,0
R2A (R-2A Agar)	Для приготовления брали 18,12 г среды следующего состава: кислый гидролизат казеина – 0,5; дрожжевой экстракт – 0,5; протеозопептон – 0,5; декстроза – 0,5; растворённый крахмал – 0,5; фосфорнокислый калий – 0,3; сульфат магния – 0,024; пируват натрия – 0,3; агар – 15,0
Многокомпонентные растворы	
Основной раствор микроэлементов по [24], pH 7,2	MgSO ₄ × 7H ₂ O – 0,075; Ca(NO ₃) ₂ × 4H ₂ O – 0,043; NaHCO ₃ – 0,016; KCl – 0,005; K ₂ HPO ₄ × 3H ₂ O – 0,0037; Na ₂ ЭДТА – 0,0044; FeCl ₃ × 4H ₂ O – 0,0032; H ₃ BO ₃ – 0,001; MnCl ₂ × 4H ₂ O – 0,0002; NiCl ₂ × 6H ₂ O – 0,0001; ZnSO ₄ × 7H ₂ O – 0,00002; CuSO ₄ × 6H ₂ O – 0,00002; CoCl ₂ × 6H ₂ O – 0,0001; Na ₂ MoO ₄ × 2H ₂ O – 0,00006
Основной раствор витаминов	Фолиевая кислота – 0,002; пиридоксин гидрохлорид – 0,010; рибофлавин – 0,005; тиамин – 0,005; никотиновая кислота – 0,005; пантотенат кальция – 0,005; витамин B12 – 0,0001

Результаты и обсуждение

Ввиду того что литоральная зона Байкала характеризуется выраженной изменчивостью состава биогенных элементов, минеральных компонентов и растворенных газов, учёт общей численности гетеротрофных микроорганизмов (ОЧГМ) проводили на средах, отличающихся как по количественному составу органических и минеральных компонентов, так и по содержанию витаминов и микроэлементов. Максимальные значения ОЧГМ получены на среде NSY+ как на третьи (81,6 КОЕ/мл), так и на пятые (114,6 КОЕ/мл) сутки инкубирования (табл. 2). Меньше всего колоний получено на среде TSA. Вычисление разницы между значениями КОЕ на третьи и пятые сутки и их соотношения позволили оценить численность мед-

ленно растущих форм (МРФ) бактерий и эффективность условий их культивирования. На средах NSY, R2A и LB:10 и их вариациях культивируется от 33,0 до 37,4 КОЕ/мл МРФ микроорганизмов. Значительно меньше дополнительно выросших колоний отмечено на средах PCA и TSA: 9,3 и 9,7 КОЕ/мл соответственно. Эффективность культивирования МРФ гетеротрофов (соотношение между значениями КОЕ на третьи и пятые сутки опыта) варьирует незначительно: от 1,3 до 1,4 как на среде NSY+, где детектировано их максимальное количество, так и на средах PCA и TSA, где их численность была минимальной. Наибольшая эффективность отмечена на средах R2A, LB:10 и LB:10+ (от 1,7 до 1,9).

Таблица 2

Общая численность гетеротрофных микроорганизмов из литоральной зоны оз. Байкал и характеристики количественного и качественного состава питательных сред, на которых они культивировались

Название среды	ОЧГМ, КОЕ/мл		Численность МРФ, КОЕ/мл	Эффективность культивирования МРФ	Количественный и качественный состав питательных сред		
	3-и сутки	5-е сутки			∑ органических компонентов, г/л	∑ минеральных компонентов, г/л	Наличие витаминов и микроэлементов
PCA	35,0±4,3	44,3±7,3	9,3	1,3	8,5	0	-
TSA	32,3±7,1	42,0±6,5	9,7	1,3	15,0	5,0	-
LB:10	45,3±3,7	82,7±10,1	37,4	1,8	1,5	0	-
LB:10+	36,0±5,1	67,3±5,7	31,3	1,9	1,5	0	+
NSY	49,3±1,3	77,0±9,6	27,7	1,6	3,0	0	-
NSY+	81,6±5,4	114,6±4,8	33,0	1,4	3,0	0	+
R2A	55,7±6,9	90,0±6,4	34,3	1,7	2,5	0,6	-

Максимальная ОЧГМ, полученная на средах NSY и NSY+, объясняется присутствием в их составе необходимых для быстрой адаптации и роста микроорганизмов соединений, таких, как белки, углеводы, витамины группы В, кальций, бионутриенты и пептоны. Среда R2A имеет наиболее разнообразный качественный состав органических и минеральных компонентов (кроме источников азота, аминокислот, белков, углеводов и витаминов, она содержит антигены, крахмал и декстрозу) (см. табл. 1). Логично, что на данной среде отмечается высокая (1,7) эффективность роста МРФ-микроорганизмов.

Поскольку в олиготрофных экосистемах содержание органических субстратов, как известно, очень невелико (1–2 мг/л), к тому же лишь 5–36 % этого количества рассматривается как лабильное вещество, живущие в них микроорганизмы адаптированы к таким условиям

и более эффективно культивируются в лабораторных условиях на средах с низкими концентрациями питательных веществ [22]. Проведённые исследования показали, что, несмотря на то что для литоральной зоны Байкала по сравнению с пелагиалью характерны более высокие концентрации органических веществ, динамика биогенных элементов и минеральных компонентов, на состав гетеротрофного микробного сообщества большее влияние оказывает своеобразие экологических характеристик озера как олиготрофного и холодноводного водоёма. Именно фактор количественного содержания органических соединений лимитирует рост гетеротрофных бактерий на богатых органикой средах. Нами установлено, что при значительном содержании органики в среде (8,5 г для PCA и 15 г для TSA) регистрируется невысокая ОЧГМ, а также низкая численность МРФ гетеротрофов. В то же время низкие кон-

центрации органических соединений в средах LB:10, NSY, R2A обеспечивают преобладание МРФ и максимальные значения эффективности культивирования. Аналогичная закономерность наблюдается и для содержащихся в питательных средах неорганических компонентов (фосфорнокислого калия, сульфата магния и хлорида натрия). Эти данные подтверждают ранее полученные результаты изучения микробных сообществ олиготрофных озёр [7; 19 и др.] и показывают, что понижение концентрации субстрата ведёт к росту численности гетеротрофов.

Для изучения особенностей роста гетеротрофных микроорганизмов в богатые и бедные органикой среды (NSY и LB:10) дополнительно вводили микроэлементные и витаминные добавки. При минимальной концентрации органических веществ добавление витаминов и микроэлементов приводит к снижению чис-

ленности микроорганизмов в 1,3 раза по сравнению со средой без добавок. В то же время на богатой органикой среде численность гетеротрофов возрастает в 1,7 раза.

Литоральная зона Байкала характеризуется высокой общей численностью бактерий [2; 13] и, как следствие, повышенной конкуренцией за питательные ресурсы. Для регуляции численности и защиты от воздействий факторов окружающей среды многие микроорганизмы в процессе жизнедеятельности способны продуцировать пигменты [3]. Из 137 колоний гетеротрофных бактерий, культивируемых на различных питательных средах, 72 были способны производить пигмент жёлтого, розового и белого с флюоресценцией цвета. На средах NSY и R2A преобладают жёлтые колонии. Среда TSA характеризуется доминированием белых с флюоресценцией, а среды PCA, NSY+ и LB:10+ – непигментированных колоний (рис.).

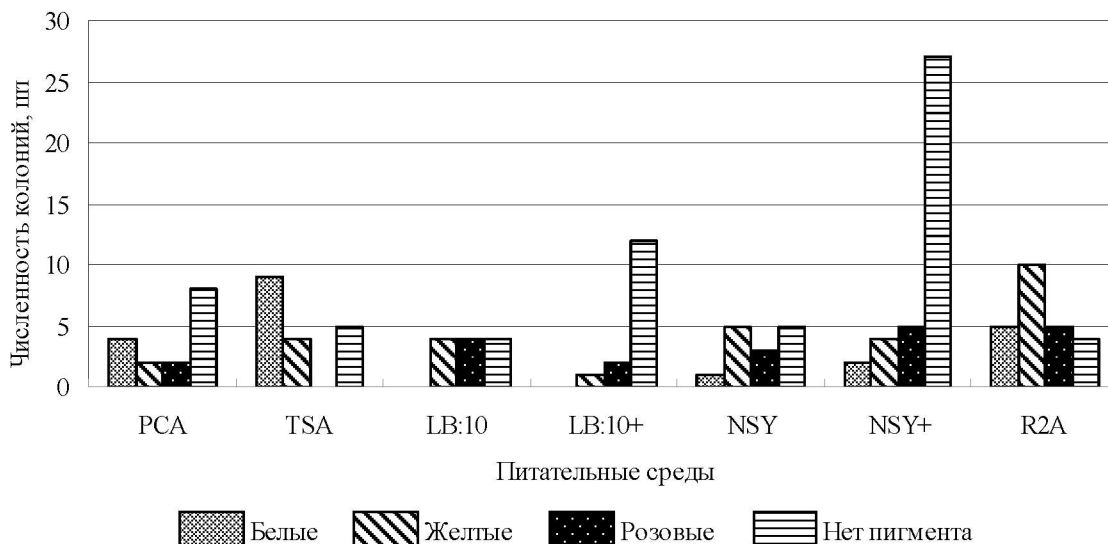


Рис. Численность пигментированных колоний гетеротрофных микроорганизмов из литоральной зоны оз. Байкал, культивируемых на богатых (PCA, TSA) и бедных органикой (NSY, NSY+, R2A, LB:10, LB:10+) питательных средах

Известно, что на продукцию пигментов, выполняющих защитные функции, влияет качественный состав питательной среды и её кислотность. Интенсивное выделение пигментов отмечается в средах, богатых углеводами, белковыми соединениями и крахмалом: NSY, R2A. Минеральные соединения, особенно фосфорнокислые, сернокислые и хлористые соли, также влияют на окраску колоний [3; 6 и др.]. Так, на среде R2A с низкими (0,6 г/л) концентрациями минеральных веществ прослеживается преимущественный рост пигментированных колоний, а на содержащей 5,0 г/л хлорида натрия среде TSA отмечается рост бакте-

рий, синтезирующих белый флюоресцирующий пигмент. Витаминные и микроэлементные добавки ингибируют продукцию пигментов, что подтверждается преобладанием непигментированных колоний на средах NSY+ и LB:10+ в отличие от сред без добавок. Бактерицидные свойства пигментов проявляются при культивировании бактерий на питательных средах, для которых отмечена наибольшая эффективность культивирования МРФ (R2A, LB:10, NSY).

В результате исследования было изолировано 137 культур гетеротрофных микроорганизмов, из них для молекулярно-генетического

анализа отобрано 26 наиболее характерных и доминирующих морфотипов (табл. 3).

Разнообразие культивируемых гетеротрофных бактерий составляют типичные представители следующих фил.: Протеобактерии (классы Альфа-, Бета- и Гаммапротеобактерии), Actinobacteria и Virioplankton. Установлено, что процент гомологии последовательностей с ближайшими родственниками варьирует от 97,4 до 99,9%, что позволяет определить родовую и видовую принадлежность большинства культур.

Нами идентифицированы и зарегистрированы в международной базе данных следующие представители десяти родов: *Sphingomonas*, *Methylobacterium*, *Gulbenkiania*, *Massilia*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Enhydrobacter*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter*. Как

было показано ранее, доминирующими представителями культивируемых гетеротрофов водной толщи оз. Байкал являются *Acinetobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Alcaligenes* sp., *Bacillus* sp., *Micrococcus* sp. и *Pseudomonas* sp. [7].

Разнообразие микробного сообщества напрямую зависит от своеобразия экологических характеристик литоральной зоны. На основании результатов молекулярно-генетического исследования в пробах были идентифицированы представители гаммапротеобактерий (*Acinetobacter johnsonii*, *A. radioresistens*, *Enhydrobacter* sp.) и актинобактерий (*Arthrobacter oxydans*), гомологи которых выделены из холодных олиготрофных и загрязнённых органикой местообитаний [20; 21] (см. табл. 3).

Таблица 3

Разнообразие микроорганизмов из литоральной зоны озера Байкал, выделенных на средах с разным органическим составом

Номер в базе данных	Название среды	Название штамма	Филогенетическая идентификация штамма (% гомологии)
Вирмикуты			
HF548435	LB:10+	L+1-2-1	HQ259721 <i>Staphylococcus pasteurii</i> (99,5)
HF548436	NSY+	N+2-2	FR682748 <i>Staphylococcus warneri</i> (99,8)
HF548437	NSY+	N+1-3	
HF548438	LB:10+	L+1-2-2	
HF548439	LB:10+	L+2-1	AM062694 <i>Staphylococcus vitulinus</i> (99,7)
HF548440	LB:10+	L+2-3	GU084442 <i>Staphylococcus succinus</i> (97,9)
Альфапротеобактерии			
HF548441	LB:10	L2-3	AB495350 <i>Sphingomonas</i> sp. (99,4)
HF548442	R2A	R3-14	AF131295 <i>Sphingomonas</i> sp. (97,4)
HF548443	LB:10	L2-5	AB252207 <i>Methylobacterium brachiatum</i> (99,7)
Гаммапротеобактерии			
HF548446	R2A	R3-5	DQ911549 <i>Acinetobacter johnsonii</i> (99,5)
HF548447	TSA	T3-5	
HF548448	TSA	T3-4	
HF548449	PCA	P2-1	
HF548450	TSA	T1-3	
HF548451	NSY	N3-4	
HF548452	TSA	T1-7	GU145275 <i>Acinetobacter radioresistens</i> (99,5)
HF548453	TSA	T1-8	EU977659 <i>Acinetobacter johnsonii</i> (99,7)
HF548454	TSA	T1-1	
HF548455	PCA	P1-3	
HF548460	PCA	P3-4	DQ831003 <i>Klebsiella</i> sp. (99,5)
HF548456	NSY+	N+1-6	DQ837546 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (99,7)
HF548457	NSY+	N+1-2	
HF548459	NSY+	N+1-7	FN377702 <i>Enhydrobacter</i> sp. (99,4)
Бетапротеобактерии			
HF548444	R2A	R3-1	AM295491 <i>Gulbenkiania mobilis</i> (99,7)
HF548445	R2A	R1-1	FR865959 <i>Massilia</i> sp. (98,5)
Актинобактерии			
HF548458	LB:10	L3-5	AB648974 <i>Arthrobacter oxydans</i> (99,7)

Обнаружение потенциально патогенных и условно-патогенных бактерий (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus warneri* и *Klebsiella* sp.), ближайшие родственники которых изолированы из активного ила и загрязнённых нефтью и отходами целлюлозно-бумажной промышленности почв [21], позволяет поставить вопрос о необходимости использования данных видов как дополнительных индикаторов качества воды.

Ранее на участке отбора проб у м. Берёзового В. В. Парфеновой с соавторами [17] проводились исследования по изучению формирования биоплёнок на пластинах обрастания. В качестве доминирующих из этих микробных сообществ были изолированы и идентифицированы бактерии следующих родов: *Alcaligenes*, *Aureobacterium*, *Flavobacterium*, *Methylobacterium* и *Pseudomonas* [17]. Дополнительно к этому нами из водной толщи детектированы бактерии, способные формировать микробные ассоциации (маты) – *Gulbenkiania mobilis*, *Sphingomonas* spp. и *Massilia* sp. Такая способность этих форм подтверждается наличием среди их ближайших родственников представителей, изолированных из микробных матов.

Выводы

1. Несмотря на то что литоральная зона озера Байкал по сравнению с водной толщей характеризуется более высоким содержанием органических веществ и выраженной динамикой минеральных компонентов, наиболее благоприятными для культивирования гетеротрофных микроорганизмов являются среды, содержащие невысокие концентрации органических и минеральных веществ, что объясняется адаптацией данных микроорганизмов к специфичным природным условиям олиготрофного и холодноводного водоёма.

2. Пигментированные штаммы гетеротрофных бактерий изолируются преимущественно на средах с низким содержанием органических веществ (R2A и NSY). Введение дополнительных витаминных и микроэлементных добавок в бедные органикой среды приводит к ингибированию продукции пигментов и преобладанию на данных средах непигментированных колоний.

3. Разнообразие культивируемых гетеротрофных бактерий, выделенных из прибрежной зоны Байкала, формируется преимущественно за счёт *Sphingomonas* spp., *Methylobacterium* sp., *Gulbenkiania* sp., *Massilia* sp., *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Enhydrobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Staphylococcus* spp. и *Arthrobacter* sp.

Авторы благодарны Е. Б. Матюгиной за консультации и заинтересованное участие в обсуждении проблематики работ.

Публикация статьи осуществлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 13-04-06068-з.

Литература

1. Белькова Н. Л. Молекулярно-генетические методы анализа микробных сообществ / Н. Л. Белькова // Разнообразие микробных сообществ внутренних водоемов России : учеб.-метод. пособие. – Ярославль : Принтхаус, 2009. – С. 53–63.
2. Биоразнообразие и распределение бактерий семейства Enterobacteriaceae и неферментирующей группы в озере Байкал / Е. Ю. Панасюк [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2002. – № 4. – С. 485–490.
3. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон. – М. : Мир, 1986. – 422 с.
4. Гаранкина В. П. Деструкция органического вещества в прибрежной зоне залива Посольский Сор оз. Байкал / В. П. Гаранкина, О. П. Дагурова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 65–71.
5. Гидрохимическая характеристика заливов восточной части озера Байкал / Б. Б. Намсараев [и др.] // Вестн. Бурят. гос. ун-та. Сер. Химия, физика. – 2008. – № 3. – С. 38–40.
6. Гусев М. В. Микробиология / М. В. Гусев, Л. А. Минеев. – 4-е изд., стер. – М. : Академия, 2003. – 464 с.
7. Изучение видового состава культивируемых гетеротрофных микроорганизмов оз. Байкал / В. В. Парфенова [и др.] // Биология внутр. вод. – 2006. – № 1. – С. 8–15.
8. К вопросу о разнообразии актиномицетов в озере Байкал / И. А. Теркина [и др.] // Биология внутр. вод. – 2006. – № 1. – С. 8–15.
9. Лаптева Н. Л. Пространственное распределение и видовой состав простекобактерий в озере Байкал / Н. Л. Лаптева, Н. Л. Белькова, В. В. Парфенова // Микробиология. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 545–551.
10. Ленгер Й. Современная микробиология прокариот / Й. Ленгер, Г. Дрекс, Г. Шлегель. – М. : Мир, 2005. – 496 с.
11. Нанкина Ю. А. Характеристика гетеротрофных бактерий реки Кола / Ю. А. Нанкина, Е. В. Макаревич // Успехи соврем. естествознания. – 2011. – № 8. – С. 53–54.
12. Озеро Байкал: среда обитания, биота и экосистема. Таксономическое и экологическое разнообразие микроорганизмов озера Байкал / О. П. Дагурова [и др.] // Байкал: природа и люди : энциклопед. справ. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – С. 77–79.
13. Присклоновые процессы и распределение микроорганизмов в озере Байкал / В. В. Парфенова [и др.] // Сиб. экол. журн. – 1999. – № 6. – С. 613–618.

14. Процессы обмена и распределение микроорганизмов в глубинной зоне озера Байкал / М. Н. Шимараев [и др.] // Докл. акад. наук. – 2000. – Т. 37, № 1. – С. 138–141.

15. Роль спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в цикле кремния в экосистеме озера Байкал. / М. Ю. Сусллова [и др.] // Успехи наук о жизни. – 2010. – № 2. – С. 178–180.

16. Сакирко М. В. Динамика содержания растворенных газов и биогенных элементов в воде открытой литорали озера Байкал : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / М. В. Сакирко – СПб., 2012. – 24 с.

17. Сообщества гидробионтов, развивающиеся на поверхности раздела фаз вода – горные породы в озере Байкал / В. В. Парфенова [и др.] // Экология. – 2008. – № 3. – С. 211–216.

18. Сравнительная характеристика микробных сообществ двух районов естественных нефтепроявлений озера Байкал / О. Н. Павлова [и др.] // Изв. РАН. Сер. биол. – 2008. – № 3. – С. 333–340.

19. Bussmann I. Factors influencing the cultivability of lake water bacteria / I. Bussmann, B. Philipp,

B. Schink // J. Microbiol. Methods. – 2001. – Vol. 47. – P. 41–50.

20. Diversity and structure of bacterial communities in Arctic versus Antarctic pack ice / R. Brinkmeyer // Appl. Environ. Microbiol. – 2003. – Vol. 69. – N 11. – P. 6610–6619.

21. Isolation, identification, and characterization of a novel, oil-degrading bacterium, *Pseudomonas aeruginosa* T1 / M. Hasanuzzaman [et al.] // Curr. Microbiol. – 2004. – Vol. 49, N 2. – P. 108–114.

22. Morita R. Y. Bacteria in oligotrophic environments: starvation-survival life style / R. Y. Morita. – London : Chapman & Hall, 1997. – 257–258 p.

23. Sequence similarity searching. FASTA [Electronic resource]. – URL: <http://www.ebi.ac.uk/Tools/sss/fasta>.

24. The filtration-acclimatization method for isolation of an important fraction of the not readily cultivable bacteria / M. W. Hahn [et al.] // J. Microbiol. Methods. – 2004. – Vol. 57. – P. 379–390.

Particularities of culturable heterotrophic microorganisms from the littoral zone of Lake Baikal

М. П. Belykh¹, Е. В. Sukhanova², N. L. Bel'kova^{2,3}

¹East-Siberian State Academy of Education, Irkutsk

²Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

³Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. The microbiological investigation of microbial communities of the littoral zone of Lake Baikal showed that during cultivation on media which differ in the content of organic and mineral components, the maximum number of heterotrophs was found on poor medium (NSY+), whereas the minimal values – on rich medium (TSA). The diversity of dominant of heterotrophs, identified via 16S rDNA sequencing, represented the following genera: *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Enhydrobacter*, *Gulbenkiania*, *Klebsiella*, *Massilia*, *Methylobacterium*, *Pseudomonas*, *Sphingomonas* and *Staphylococcus*. Factors affected on the content of heterotrophic microbial communities in the littoral zone of the lake are discussed.

Keywords: Heterotrophic microorganisms, littoral zone of Lake Baikal, culture medium, dynamics of biogenic elements.

Белых Марина Петровна
аспирант

Восточно-Сибирская государственная академия образования
664011, г. Иркутск, ул. Нижняя Набережная, 6
тел.: (3952) 20-31-41
E-mail: Belykhmarina606@gmail.com

Суханова Елена Викторовна
кандидат биологических наук, научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН.
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
тел.: (3952) 42-54-15
E-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Белькова Наталья Леонидовна
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН.
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
тел.: (3952) 42-54-15
E-mail: belkovan@mail.ru, belkova@lin.irk.ru

Belykh Marina Petrovna
Doctoral Student
East-Siberian State Academy of Education
6 Nizhnyaya Naberezhnaya st., Irkutsk, 6640116
tel.: (3952) 20-31-41
E-mail: Belykhmarina606@gmail.com

Sukhanova Elena Victorovna
Ph. D. in Biology, Senior Research Scientist
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-54-15
E-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Bel'kova Natalia Leonidovna
Ph. D. in Biology, Senior Research Scientist
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-54-15
E-mail: belkovan@mail.ru, belkova@lin.irk.ru