

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата биологических наук Белых О.И.  
на диссертационную работу Кашкак Елены Сергеевны  
«Разнообразие микробных сообществ термальных источников Восточного Саяна»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук  
по специальности 03.02.08 «Экология»

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время активно изучаются микробные сообщества наземных гидротерм областей активного вулканизма, имеющие широкий диапазон температур, рН и минерализации.

Уникальные популяции микроорганизмов интенсивно развиваются и функционируют в термальных источниках под влиянием подземных вод. Тема диссертационной работы является актуальной - исследования разнообразия микробных сообществ гидротермальных местообитаний расширяют представления о физико-химических границах существования и функционирования живых систем, дают возможность определить их экологическую роль и представляют интерес с точки зрения поиска микроорганизмов, имеющих высокий биотехнологический потенциал.

Район Восточного Саяна (Байкальская рифтовая зона) характеризуется большим разнообразием мезотермальных источников, выходы которых приурочены к областям молодого вулканизма. Исследования микробных сообществ минеральных источников в данном регионе немногочисленны. До настоящего времени изучение разнообразия микробных сообществ в минеральных источниках Восточных Саян с помощью молекулярно-генетических методов не проводилось.

**Научная новизна работы.** Научная новизна этой работы несомненна: впервые с использованием молекулярно-генетических методов охарактеризовано видовое разнообразие культивируемого и некультивируемого микробного сообщества гидротерм Восточного Саяна.

Впервые из исследуемых гидротерм выделены и описаны чистые культуры сульфатредуцирующих, сероокисляющих и аноксигенных фототрофных бактерий. Выделенные штаммы бактерий могут быть использованы в биотехнологии, в частности в процессах биоремедиации. Новыми и ценными являются данные о 300 тыс. последовательностях 16S рРНК бактерий, полученных в результате пиросеквенирования, внесенные в мировую базу данных NCBI, что имеет практическое значение для сравнительного анализа микроорганизмов. Полученные результаты также могут быть использованы в учебном процессе по экологии и микробиологии в высших учебных заведениях.

**Структура и объем работы.** Содержание диссертации изложено на 132 страницах и состоит из Введения, Обзора литературы, Экспериментальной части, Заключения, Выводов, Списка литературы, включающего 211 наименований. Диссертация содержит 15 таблиц и 36 рисунков. Текст диссертации изложен в хорошем научном стиле. Автореферат диссертации отражает основное содержание проведенных научных исследований, содержание автореферата совпадает с содержанием диссертации.

Во «Введении» автор дает представление об объектах исследования, целях и задачах работы, обосновывает актуальность и практическую значимость работы. В рукописи диссертации и автореферате сформулированы основные защищаемые положения работы.

Первая глава представляет собой литературный обзор по теме диссертационного исследования. В главе обобщены и представлены сведения об основных закономерностях распространения гидротерм, их характеристике как местообитания микроорганизмов, о разнообразии и функциональной активности микробных сообществ минеральных источников, а также о влиянии экологических условий на формирование и развитие микробных сообществ минеральных источников. Особое внимание автор уделяет методам молекулярной экологии для изучения разнообразия микроорганизмов в микробных сообществах минеральных источников. К несомненным

достоинствам представленной диссертации следует отнести глубокое знание проблемы в целом, отдельных ее аспектов, работ российских и зарубежных авторов. Многогранный анализ литературного материала позволил автору четко сформулировать основные задачи диссертационной работы. Благодаря информативному обзору литературы хорошо видна актуальность, значимость и своевременность полученных автором собственных данных. Обзор написан хорошим литературным языком и представляет интерес как отдельное научное исследование справочного характера.

Во второй главе автором рассматриваются объекты и методы исследования. Дана характеристика минеральных источников Хойто-Гол и Жойган, находящихся в отрогах Восточного Саяна. Методы описаны кратко, но в целом достаточно информативно и пригодны для воспроизведения. Автором применены классические микробиологические и молекулярно-биологические методы, которые совместно активно используются в современных исследованиях.

В третьей главе представлены полученные результаты и их обсуждение. В результатах исследования представлены экологические условия среды обитания микробных сообществ и развитие микробных матов в зависимости от экологических условий, продукция и деструкция органического вещества, а также видовое разнообразие культивируемого и некультивируемого микробного сообщества в минеральных источниках Восточного Саяна. Рецензируемая работа хорошо иллюстрирована рисунками и таблицами.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.** Работа Кашкак Е.С. выполнена на высоком научно-методическом уровне. Поставленные задачи диссертант решал с использованием адекватных, информативных современных методов исследования. Кроме натурных исследований были поставлены и эксперименты. Полученные результаты документированы таблицами, графиками, рисунками и их достоверность не вызывает сомнения.

На основе анализа полученных результатов Кашкак Е.С. обосновала основные выводы и положения, которые отражают содержание диссертационной работы и соответствуют поставленным задачам. Представленная диссертация имеет большое научно-практическое значение в области экологии и микробиологии и хотелось бы выразить автору признательность за высокий уровень диссертационной работы. Диссертационная работа характеризует Кашкак Е.С. как квалифицированного специалиста, способного грамотно формулировать цели исследований, успешно решать поставленные экспериментальные задачи и анализировать полученные результаты, применяя разнообразные методы.

По материалам диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 4 статьи из списка ВАК. Результаты исследований были доложены и обсуждены на международных и российских конференциях. Автореферат диссертации отражает основное содержание проведенных научных исследований, содержание автореферата совпадает с содержанием диссертации.

Работа диссертанта интересна и содержательна, но при оценке работы возникли следующие замечания и пожелания, в основном, относящиеся к оформлению диссертационной работы. Так, в главе «Объекты и методы исследования» карты приведены без географических координат и масштаба. (рис. 6, 7, 8). Некоторые графические рисунки выполнены с низким разрешением (например, рис. 36), часть рисунков, полученных с использованием световой микроскопии, приведены в черно-белом изображении с низким качеством (рис. 25, 26), другая часть – цветные, также невысокого качества (рис. 9, 10, 11, 14). Подобное замечание относится и к диаграммам Венна, которые следовало бы представить в «цвете».

Автор не указывает какими определителями пользовался при идентификации цианобактерий. Очевидно, устаревшими, т.к. в списке видового состава (таблица 8, стр. 64) указаны виды, которые в настоящее время переописаны с применением полифазного подхода. Кроме того, в таблице 8 из

15 видов цианобактерий пять приведены с орфографическими ошибками (*Amorfonostoc* вместо *Amorphonostoc*, *Cylindrospermum gredarium* вместо *C. gregarium* и т.д.), а восемь имеют устаревшее название, например, *Oscillatoria terebriformis* в соответствии с новой систематикой цианобактерий относится к роду *Phormidium*; виды *Ph. angustissimum*, *Ph. foveolarum*, *Ph. thermophilum* и *Ph. valderianum* перенесены в род *Leptolyngbya*; вид *Ph. molle* переописан как *Phormidesmis molle*, *Ph. subliforme* как *Ph. thwaitesii*, *Gloeocapsa magma* как *Gloeocapsopsis magma*. В этом случае корректно приводить постоянно обновляемые данные из «AlgaeBase» (<http://www.algaebase.org/>), где цианобактерии представлены как фила Cyanobacteria.

Е.С. Кашкак для определения изолированных культур использовала в качестве генетической мишени ген *fmoA*, кодирующий синтез белка бактериохлорофилла (Fenna-Matthews-Olson protein) у зеленых серных бактерий, как следует из методов. Вместе с тем, в результатах описывается лишь один штамм *Chlorobium limicola*, идентифицированный с помощью этого маркера, для других данные не приведены, как и дендрограмма аминокислотных последовательностей FMO исследуемых штаммов.

**Заключение.** В целом, высказанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления о проделанной работе и не затрагивают научную и практическую значимость полученных диссертантом результатов. Принципиальных замечаний по диссертационной работе нет.

Учитывая актуальность избранной темы, методический уровень и объем проведенных исследований, новизну основных положений диссертации, их значимость для науки и практики, обоснованность и достоверность выводов, считаю, что диссертационная работа Кашкак Елены Сергеевны «Разнообразие микробных сообществ термальных источников Восточного Саяна», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук, является завершенным исследованием и полностью

соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 842 с изменением Постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 года № 335, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология.

**Официальный оппонент:**

заведующий лабораторией водной микробиологии ЛИН СО РАН  
кандидат биологических наук по специальности 03.02.02. – вирусология,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, доцент, внс.

Белых Ольга Ивановна

Адрес: Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская - 3, а/я 278  
тел. (3952) 42-54-15; электронная почта: belykh@lin.irk.ru

*Подпись кандидата биологических наук, доцента Белых Ольги Ивановны  
заверяю*

Ученый секретарь ЛИН СО РАН



к.б.н. Н.В. Максимова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук