



УДК 579.84:597.552.51(282.256.341)

## Высокочувствительная детекция возбудителей бактериального язвенного синдрома байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775)

Е. В. Дзюба<sup>1</sup>, Н. Н. Деникина<sup>1</sup>, Е. В. Суханова<sup>1</sup>, М. П. Белых<sup>2,1</sup>,  
И. В. Ханаев<sup>1</sup>, Н. М. Пронин<sup>3</sup>, Н. Л. Белькова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

<sup>2</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск

<sup>3</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

E-mail: e\_dzuba@lin.irk.ru

**Аннотация.** Апробированы высокочувствительные методы детекции возбудителей бактериального язвенного синдрома байкальского омуля. В обширных язвенных поражениях внешних покровов байкальского омуля детектированы микроорганизмы филы Цитофаги-Флавобактерии, рода *Aeromonas*, а также паразитический гриб *Saprolegnia ferax*. Предполагается, что важнейшими экологическими факторами, определяющими эпизоотическую ситуацию в популяции омуля, являются физиологическое состояние рыб после длительного подлёдного периода с низкой интенсивностью питания, температура воды и плотность стада в период нагула. Обсуждается необходимость проведения микробиологического и паразитологического мониторинга как составляющей части контроля состояния здоровья важнейших видов гидробионтов в озере Байкал.

**Ключевые слова:** байкальский омуль, бактериальный язвенный синдром, молекулярно-генетические методы, миксинфекция, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Saprolegnia ferax*.

### Введение

Определение таксономического состава и функциональной значимости различных микроорганизмов, в том числе патогенных, и изучение факторов, влияющих на их вирулентность, являются приоритетными направлениями в исследованиях микробиоты рыб и других гидробионтов.

Микроорганизмы, вызывающие язвенные поражения внешних покровов рыб, широко распространены в различных водных экосистемах. Проявления их патогенности связаны с изменениями ряда параметров среды обитания и характеристик состояния рыбного населения. В связи с этим определение ключевых индикаторных видов патогенных агентов в конкретных водоёмах и разработка современных методов их детекции являются актуальной и важной задачей.

Ввиду комплексной этиологии заболеваний внешних покровов рыб проведение идентификации микроорганизмов связано с рядом трудностей: возбудители инфекций часто относятся к нормальной микрофлоре водных сообществ и патогенные виды могут успешно «маскироваться» сапрофитными формами того же или

близкого по физиолого-биохимическим свойствам рода [18]; патогенные бактерии способны переходить в некультивируемое, но жизнеспособное состояние, сохраняя при этом свою вирулентность [10]; для культивирования некоторых микроорганизмов требуется длительное время, что затрудняет или делает невозможным своевременную организацию санитарно-профилактических мероприятий. Множество современных сравнительных исследований посвящены оценке возможности использования молекулярно-генетических методов на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР) для детекции и идентификации возбудителей инфекций [14; 18]. Прямой анализ маркерных фрагментов геномов позволяет избежать проблем культивирования и неспецифической детекции, а также эффективно и быстро выявлять целевые группы микроорганизмов в пробах биологического материала.

Байкальский омуль *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) считается достаточно хорошо изученным видом; постоянное внимание к его биологии определяется его экологической (ключевой вид в экосистеме) и экономической (основной промысловый вид оз. Байкал) значимостью. Известно, что язвенные поврежде-

ния внешних покровов байкальского омуля могут быть вызваны травмами, особенно в садках рыболовных заводов, и последующими поражениями грибами рода *Saprolegnia* и миксопоридией *Henneguya zschokkei* – возбудителем «бугорковой болезни» сиговых рыб [13].

Цель настоящей работы заключается в отработке методов высокочувствительной детекции возбудителей бактериального язвенного синдрома рыб на примере байкальского омуля.

### Материалы и методы

При проведении гидроакустической съёмки по учёту ресурсов байкальского омуля в рамках интеграционного проекта СО РАН № 6 «Закономерности поведения байкальского омуля и гидроакустическая оценка динамики его популяций как ключевого промыслового вида» осуществлён мониторинг состояния его популяций. Работы проводились с НИС «Г. Ю. Верещагин» 25 мая – 15 июня 2011 г. по всей акватории оз. Байкал. В качестве орудия лова использовался разноглубинный трал. Проведены 20 контрольных тралений. Общему биологическому анализу согласно стандартной методике [8] подвергнуты 1234 экз. байкальского омуля.

В открытых районах озера рыб с симптомами заболевания не отмечено. В Баргузин-

ском заливе (53,4339° с. ш. и 108,6859° в. д.) 4 июня 2011 г. было выполнено траление на горизонте глубин 215–220 м при температуре воды на поверхности от 2,6 до 4,6 °С. В составе улова обнаружены 12 экземпляров рыб с кровоизлияниями у оснований плавников и один с обширными язвенными поражениями внешних покровов (рис. 1). Общая длина данного экземпляра байкальского омуля прибрежной морфо-экологической группы составила 288 мм, масса 207,04 г. Непосредственно после отлова в лабораторных условиях были взяты соскобы и образцы тканей с поражённых участков тела рыбы, суммарная ДНК из них выделена с использованием коммерческого набора ДНК-сорб В (ФГУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва) согласно протоколу производителя. Дальнейший молекулярно-генетический анализ проводили согласно ранее адаптированным методикам [7]. Фрагменты гена 16S рРНК амплифицировали как с универсальными, так и с групп-специфичными праймерами [1; 7]. Для лигирования полученных ампликонов использовали набор GeneJET™ PCR Cloning Kit (Fermentas, Литва). Компетентные клетки *Escherichia coli* (штамм XL-1) получали по методике трансформации CaCl<sub>2</sub>-зависимых клеток.

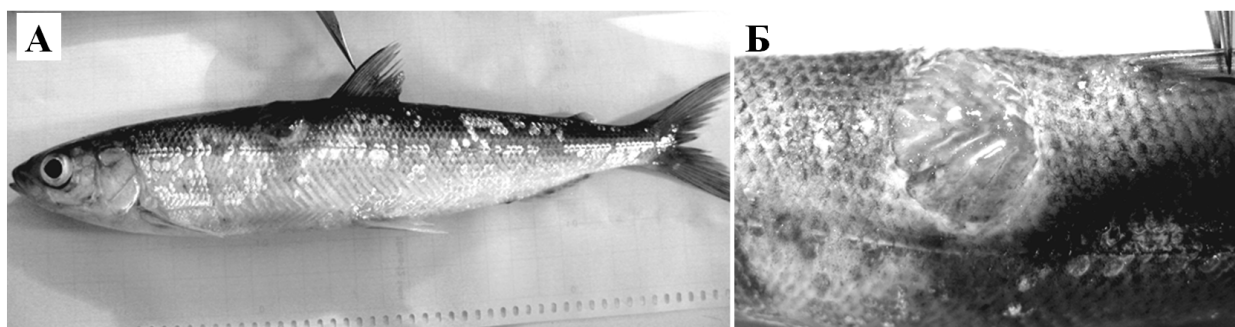


Рис. 1. Байкальский омуль из тралового улова (зал. Баргузинский, 04.06.2011 г.) с язвенными поражениями внешних покровов и оснований плавников (А); внешний вид язвы на теле возле спинного плавника (Б)

Секвенирование осуществляли на автоматическом секвенаторе ABI310A (ABI PRISM 310 Genetic Analyzer) в Новосибирском приборном центре коллективного пользования СО РАН. Сравнительный анализ полученных последовательностей проводили с помощью пакета программ FASTA [25]. Проверка полученных последовательностей на наличие химерных структур проведена с использованием программы Pintail [17].

### Результаты и обсуждение

Доля рыб с признаками заболевания из траловой пробы в районе Баргузинского залива составила 4 % от числа рыб в улове. Результаты ПЦР суммарной ДНК, выделенной из язвенных тканей байкальского омуля, на универсальных и групп-специфичных праймерах показали присутствие в ней ДНК представителей фила Цитофаги-Флавобактерии и рода *Aeromonas* (рис. 2). Кроме того, молекулярно-

генетический анализ позволил определить в исследуемой ДНК последовательности фрагментов малой субъединицы рРНК митохондриального генома *Saprolegnia ferax*, несмотря на отсутствие внешних проявлений микоза. Микробиологический мониторинг водных объектов традиционно проводится классическими методами, в основе которых лежит культивирование на питательных средах. Ранее из воды и грунтов оз. Байкал были изолированы представители более двух десятков родов и сотен видов культивируемых гетеротрофных микроорганизмов, в том числе *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Corinebacterium*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Planococcus*, *Pseudomonas*,

*Rhodotorula*, *Vibrio*, *Xanthomonas* и *Zoogloea* [5], среди которых не отмечены аэромонады и флавобактерии, патогенные для гидробионтов. Исследование микробных сообществ глубинных вод открытого Байкала молекулярно-генетическими методами позволило выявить большое разнообразие прокариот разных таксономических групп и присутствие гетеротрофных бактерий в периоды интенсивного перемешивания вод, при этом патогенных представителей также не детектировали [12]. По сравнению с участками открытого Байкала в зонах мелководных заливов и устьевых участках рек зарегистрированы высокие значения общей численности бактерий и культивируемых гетеротрофов [6].

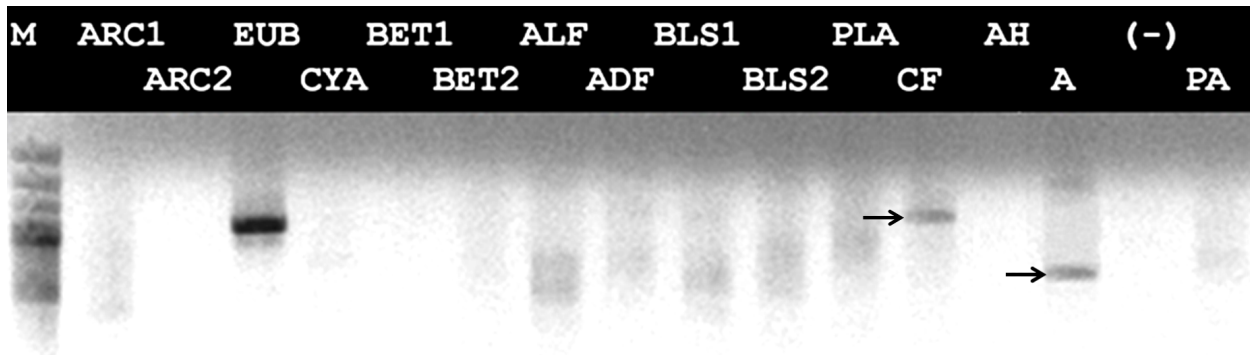


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов амплификации суммарной ДНК из соскоба язвы байкальского омуля на групп-специфичных праймерах. ARC1 и ARC2 – Археи (600 и 625 п.н.); EUB – универсальные на ген 16S рРНК (900 п.н.); CYA – фила Цианобактерии (600 п.н.); BET1 и BET2 – класс Бета-протеобактерии (600 и 700 п.н.); ALF и ADF – классы Альфа- и Дельта-протеобактерии (500 и 1000 п.н.); BLS1 и BLS2 – фила Вирмикуты (1100 и 700 п.н.); PLA – фила Планктомицеты (600 п.н.); CF – фила Бактероидес (1050 п.н.); AH – *Aeromonas hydrophila* (686 п.н.); A – род *Aeromonas* (622 п.н.); PA – *Pseudomonas anguilliseptica* (439 п.н.). М – маркер молекулярного веса; (-) – отрицательный контроль. Стрелками указаны целевые ампликоны

Использованная в работе система праймеров, специфичных для группы Цитофаги-Флавобактерии, позволяет амплифицировать до 75 % известных представителей рода *Flavobacterium* класса Flavobacteria, среди которых известен целый спектр патогенных для рыб микроорганизмов (*Flavobacterium psychrophilum*, *F. columnare*, *F. branchiophilum*). Один из вышеперечисленных видов, *F. psychrophilum* (син.: *Cytophaga psychrophila*, *Flexibacter psychrophilus*) первоначально определен как типичный патоген, вызывающий язвы на теле и гниль плавников лососевых рыб при низких температурах (бактериальная холодноводная болезнь, англ. «visceral myxobacteriosis» и/или «bacterial cold water disease» (BCWD), «coldwater disease» (CWD) [16]). Инфицированные рыбы, как правило, имеют повреждения внешних покровов тела, разрушенные плавники и/или

обширные эрозии хвостового плавника, приводящие к обнажению мышц и позвоночника [19]. Болезнь у рыб обычно возникает при температуре воды 4–10 °C [4]. Наиболее восприимчивы к заболеванию искусственно воспроизводимые виды рыб семейств Salmonidae (роды *Salvelinus*, *Parasalmo* и *Salmo*), Coregonidae, Cyprinidae и Percidae [20]. Потенциальным резервуаром инфекции являются больные и мертвые рыбы, регистрируются горизонтальные и вертикальные пути её передачи [26].

Многие виды рода *Aeromonas* патогенны для позвоночных животных. Заболевания рыб, вызванные *Aeromonas* spp., в аквакультуре характеризуются высокой летальностью. Мезофильные аэромонады (*A. hydrophila*, *A. caviae* и *A. sobria*) чаще всего поражают тепловодных прудовых рыб. Септицемия, вызываемая подвижными аэромонадами (*A. hydrophila*

(= *A. formicans* и *A. liquefaciens*), *A. hydrophila* subsp. *dhakenis*, *A. jandaei*, *A. bestiarum*, *A. veronii*, *A. sobria* (*A. sobria* biovar *sobria* и *A. veronii* biovar *sobria*)), отмечена у многих видов пресноводных рыб [15]. В последнее время появились данные о развитии тяжёлых поражений кожи у *Oncorhynchus mykiss*, инфицированной *Aeromonas* spp. при температуре воды 4 °С, которые начинаются с появления локализованных депигментированных пятен, окружённых гиперемизированными зонами, и приводят в итоге к потере чешуи, отторжению некротизированных тканей и образованию язв [24].

Вспышки язвенной болезни рыб неоднократно регистрировали в Чивыркуйском заливе оз. Байкал: периодические заболевания окуня *Perca fluviatilis*; гибель щуки *Esox lucius*, вызванная возбудителем аэромоназа (акт экспертизы Бурятской республиканской научно-производственной ветеринарной лаборатории №114–119 от 15.07.05). В бассейне Байкала (оз. Гусиное) гибель рыб (щуки, окуня и леща *Abramis brama*) от острой формы язвенной болезни отмечали в 1983–1984, 1990 и 2004 гг. Возникновение эпизоотий в ряде случаев обусловлено интродукцией рыб, контаминированных специфическими патогенами [3; 9].

Представители рода *Saprolegnia* (*S. parasitica*, *S. diclina*, *S. monoica* и *S. ferax*) часто рассматриваются не как сапрофиты, а как паразиты различных видов пресноводных рыб [21]. Они являются наиболее важными патогенами, так как вызванные ими заболевания наносят серьёзный экономический ущерб аквакультуре рыб, а также способствуют снижению численности диких популяций лососевых по всему миру [21]. Изоляты *Saprolegnia* из лососевых рыб растут и воспроизводятся при низких температурах воды [22]. Фактором, способствующим заболеванию, является снижение иммунитета рыб в результате травмы, различных форм стресса и общего эндокринного статуса, а развитие инфекции может сильно варьировать из-за разницы в патогенности отдельных штаммов *Saprolegnia* [22].

Смешанные инфекции, вызванные вирусными, бактериальными, паразитарными возбудителями и *F. psychrophilum*, часто наблюдаются у различных видов рыб. *F. psychrophilum* часто встречается в сочетании с вирусом инфекционного гемопоэтического некроза (англ. «infectious hematopoietic necrosis virus») и грибами [23]. При проведении молекулярно-генетической идентификации инфекционных агентов, ставших причиной массовой гибели

окуня из оз. Арахлей (Забайкальский край) в 2009 г. были детектированы генотипы бактерий родов *Flavobacterium* и *Aeromonas*, а также грибы рода *Saprolegnia*, подтверждена комплексная этиология заболевания [7].

Байкальский омуль – активно мигрирующий и сложноорганизованный в пространстве вид. Переход байкальского омуля от зимовки к весенне-летнему нагулу (миграции со склона в прибрежную зону и образование крупных скоплений с высокой плотностью) происходит при весеннем прогреве поверхностной воды до 4 °С и выше [2]. Эти особенности экологии в сочетании с физиологическим состоянием рыб после длительного подлёдного периода с низкой интенсивностью питания, высокой численностью гетеротрофов в устьевых и прибрежных зонах и оптимальной для развития возбудителей температурой воды, вероятно, могут являться факторами, способствующими возникновению и передаче инфекций внутри нагульных стад. Согласно данным молекулярно-генетических исследований микрофлоры икры байкальского омуля в период инкубации было установлено наличие представителей рода *Flavobacterium* [11], что свидетельствует о возможности вертикального пути передачи инфекции, наряду с горизонтальной контаминацией в крупных скоплениях во время весенних миграций.

### Заключение

С использованием высокочувствительных методов молекулярно-генетического анализа в язвенных поражениях внешних покровов байкальского омуля детектированы микроорганизмы филы Цитофаги-Флавобактерии, рода *Aeromonas*, а также паразитический гриб *Saprolegnia ferax*. Предложенный подход имеет ряд преимуществ: отсутствие длительных и трудоёмких стадий культивирования, одновременное выявление спектра патогенов и возможность ранней диагностики грибковых инфекций непосредственно в нативных образцах. Создание мультиплексной тест-системы комплексной диагностики на основе молекулярно-биологического подхода становится все более актуальным для проведения микробиологического и паразитологического мониторинга искусственно воспроизводимых и естественных популяций байкальского омуля. Результаты таких исследований позволят контролировать состояние промыслового и нерестового стад байкальского омуля и своевременно корректировать планы интродукционных и рыбоводных

мероприятий с целью минимизации отрицательных последствий для популяций байкальского омуля и экосистемы оз. Байкал в целом.

*Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории гидрологии и гидрофизики ЛИИ СО РАН К. М. Кучеру и М. М. Макарову за предоставленные данные по температуре поверхностной воды и ценные консультации.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 16.512.11.2075 Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» проекты № 27.13 и Р 23.10.*

### Литература

1. Биоразнообразие бактерий на различных глубинах южной котловины озера Байкал, выявленное по последовательностям 16S рРНК / Л. Я. Денисова [и др.] // Микробиология. – 1999. – Т. 68, № . – С. 547–556.
2. Гидроакустический учёт ресурсов байкальского омуля / отв. ред.: В. И. Кудрявцев, Е. В. Дзюба // Справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал. – Новосибирск : Наука, 2009. – 244 с.
3. Елизов В. И. Аэромонады в регионе Байкала / В. И. Елизов // Биоразнообразие экосистем Внутренней Азии : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Улан-Удэ 5–10 сентября 2006 г. – Улан-Удэ, 2006. – Т. 2. – С. 151–154.
4. Икhtiопатология : учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / Н. А. Головина [и др.]. – М. : Мир, 2003. – 448 с.
5. Качество воды озера Байкал, проблемы и перспективы её использования / В. В. Парфенова [и др.] // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2009. – Т. 1. – С. 48–54.
6. Микробиологический мониторинг мелководных участков озера Байкал / О. П. Дагурова [и др.] // Вест. Бурят. ун-та. Сер.: Биология. – 2002. – № 4. – С. 124–127.
7. Определение индикаторных микроорганизмов для мониторинга инфекционных заболеваний рыб на примере *Perca fluviatilis* (озеро Арахлей, Забайкальский край) / Е. В. Суханова [и др.] // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1(4). – С. 1153–1155.
8. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. – М. : Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
9. Пронин Н. М. Об экологических последствиях акклиматизационных работ в бассейне озера Байкал / Н. М. Пронин // Биологические ресурсы Забайкалья и их охрана. – Улан-Удэ : Изд-во БФ СО АН СССР, 1982. – С. 3–18.
10. Салина Е. Г. «Некультивируемые» формы бактерий *Mycobacterium smegmatis* и *Mycobacterium tuberculosis* и их биохимическая характеристика : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. Г. Салина. – М., 2006. – 26 с.
11. Становление ассоциированной микрофлоры в онтогенезе байкальского омуля / Е. В. Суханова [и др.] // Пятая Междунар. Верещагин. Байк. конф. : материалы всерос. конф. с междунар. участием. Иркутск, 4–9 октября 2010 г. – Иркутск : Иркут. обл. тип. № 1, 2010. – С. 156.
12. Характеристика биоразнообразия микробного сообщества водной толщи озера Байкал / Н. Л. Белькова [и др.] // Микробиология. – 2003. – Т. 72, № 2. – С. 239–249.
13. Экология, болезни и разведение байкальского омуля / Г. А. Афанасьев [и др.]; ред. А. Г. Егоров. – Новосибирск : Наука, 1981. – 232 с.
14. An RT-PCR-DGGE survey of gill-associated bacteria in Norwegian seawater-reared Atlantic salmon suffering proliferative gill inflammation / T. Steinum [et al.] // Aquaculture. – 2009. – Vol. 293. – P. 172–179.
15. Austin B. Taxonomy of bacterial fish pathogens / B. Austin // Veterinary Research. – 2011. – Vol. 42. – P. 20.
16. Baudin-Laurencin F. La mycobactériose viscérale de la truite arc-en-ciel *Salmo gairdneri* R: Une forme nouvelle de la maladie de l'eau froide à *Cytophaga psychrophila* / F. Baudin-Laurencin // Acad. Vét. de France. – 1989. – Vol. 62. – P. 147–157.
17. Bioinformatics Toolkit. Web-Pintail [Electronic resource]. – URL: <http://www.bioinformatics-toolkit.org/Pintail/index.html>
18. Diagnosis of flavobacteriosis by direct amplification of rRNA genes / M. Tiirola [et al.] // Dis. Aquat. Organ. – 2002. – Vol. 51, N 2. – P. 93–100.
19. Fish Histology and Histopathology Manual / S. Mumford [et al.] // USFWS-NCTC. – 2007. – 357 p.
20. Lonnstrom L.-G. *Flavobacterium psychrophilum* associated with mortality of farmed perch, *Perca fluviatilis* L. / L.-G. Lonnstrom, M. L. Hoffren, T. Wiklund // J. Fish Dis. – 2008. – Vol. 31. – P. 793–797.
21. New insights into animal pathogenic oomycetes / A. J. Phillips [et al.] // Trends in Microbiol. – 2007. – Vol. 16, N 1. – P. 13–19.
22. Noga E. J. Water mold infections of freshwater fish: recent advances / E. J. Noga // Annual Rev. of Fish Diseases. – 1993. – P. 291–304.
23. Protective immunity in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* following immunization with distinct molecular mass fractions isolated from *Flavobacterium psychrophilum* / B. R. La Frenz [et al.] // Dis. Aquat. Org. – 2004. – Vol. 59. – P. 17–26.
24. Rehulka J. *Aeromonas* causes severe skin lesions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): clinical pathology / J. Rehulka // Haematology and biochemistry. Acta Vet. Brno. – 2002. – Vol. 71. – P. 351–360.
25. Sequence similarity searching. FASTA [Electronic resource]. – URL: <http://www.ebi.ac.uk/Tools/sss/fasta>
26. The Health Situation in Farmed Salmonids 2008 / R. Johansen [et al.] // Norwegian National Veterinary Institute, Oslo. – 2009. – 31 p.

## High sensitivity detection of etiological agents of bacterial ulcerous syndrome of Baikalian omul *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775)

E. V. Dzyuba<sup>1</sup>, N. N. Denikina<sup>1</sup>, E. V. Sukhanova<sup>1</sup>, M. P. Belykh<sup>2,1</sup>, I. V. Khanaev<sup>1</sup>,  
N. M. Pronin<sup>3</sup>, N. L. Bel'kova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

<sup>2</sup> Irkutsk State University, Irkutsk

<sup>3</sup> Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude

**Abstract.** High sensitivity methods for detection of bacterial ulcerous syndrome of *Coregonus migratorius* were approved. Microorganisms of phyla Cytophaga-Flavobacteria, genus *Aeromonas*, as well as parasitic fungus *Saprolegnia ferax* were detected in extensive ulcerous erosion of skin of *C. migratorius*. We proposed that the most important ecological factors those determined epizootic situation in population of *C. migratorius* were: fish physiology after long subglacial condition with low feeding intensity, water temperature, and high density of fish during growing period. Microbiological and parasitological monitoring as a part of control of healthiness of the main important hydrobionts of Lake Baikal was proposed.

**Key words:** *Coregonus migratorius*, bacterial ulcerous syndrome, molecular-genetic methods, mixed infection, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Saprolegnia ferax*.

Дзюба Елена Владимировна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
кандидат биологических наук,  
и. о. заведующего лабораторией  
тел. (3952)42-26-95, факс (3952)42-54-05  
E-mail: e\_dzyuba@lin.irk.ru

Dzyuba Elena Vladimirovna  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
Ph. D. in Biology, Head of laboratory  
phone: (3952)42-26-95, fax: (3952)42-54-05  
E-mail: e\_dzyuba@lin.irk.ru

Деникина Наталья Николаевна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
кандидат биологических наук, доцент,  
старший научный сотрудник  
тел. (3952)42-84-22, факс (3952)42-54-05  
E-mail: denikina@lin.irk.ru

Denikina Nataliya Nikolaevna  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
Ph.D. in Biology, ass. prof.,  
senior research scientist  
phone: (3952)42-84-22, fax: (3952)42-54-05  
E-mail: denikina@lin.irk.ru

Суханова Елена Викторовна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
научный сотрудник  
тел. (3952)42-54-15, факс (3952)42-54-05  
E-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Sukhanova Elena Viktorovna  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
research scientist  
phone: (3952)42-54-15, fax: (3952)42-54-05  
E-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Бельх Марина Петровна  
Иркутский государственный университет  
664003 г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5  
студент  
тел. (факс) (395 2) 24-18-55  
E-mail: maryline606@mail.ru

Belykh Marina Petrovna  
Irkutsk State University  
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003  
student  
phone (fax): (3952) 24-18-55  
E-mail: maryline606@mail.ru

Ханаев Игорь Вениаминович  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
старший научный сотрудник  
тел. (3952)42-26-95, факс (3952)42-54-05  
E-mail: igkhan@lin.irk.ru

Khanaev Igor Veniaminovich  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
senior research scientist  
phone: (3952)42-26-95, fax: (3952)42-54-05  
E-mail: igkhan@lin.irk.ru

*Пронин Николай Мартемьянович*  
*Институт общей и экспериментальной*  
*биологии СО РАН*  
*670047, Улан-Удэ, Сахьяновой, 6*  
*доктор биологических наук,*  
*заведующий лабораторией*  
*тел. (3012)43-42-29*  
*E-mail: proninnm@yandex.ru*

*Pronin Nikolai Martemyanovich*  
*Institute of General and Experimental*  
*Biology SB RAS*  
*6 Sakhyanova St., Ulan-Ude, 670047*  
*D. Sc. in Biology, Head of laboratory*  
  
*phone: (3012)43-42-29*  
*E-mail: proninnm@yandex.ru*

*Белькова Наталья Леонидовна*  
*Лимнологический институт СО РАН*  
*664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3*  
*кандидат биологических наук, доцент,*  
*старший научный сотрудник*  
*тел. (3952)42-54-15, факс (3952)42-54-05*  
*E-mail: belkova@lin.irk.ru*

*Bel'kova Nataliya Leonidovna*  
*Limnological Institute SB RAS*  
*3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033*  
*Ph.D. in Biology, ass. prof.,*  
*senior research scientist*  
*phone: (3952)42-54-15, fax: (3952)42-54-05*  
*E-mail: belkova@lin.irk.ru*