

Научная статья
УДК 593.5:597.5
DOI: 10.18101/2542-0623-2023-4-48-52

**МИКСОСПОРИДИИ РОДА *МУХОБОЛУС* (CNIDARIA: МУХОЗОА)
ПРОМЫСЛОВЫХ КАРПОВЫХ РЫБ БАССЕЙНА ОЗ. БАЙКАЛ**

Т. И. Найданов, М. Д. Батуева, Р. Ю. Абашеев

Найданов Тимур Иминович

бакалавр 3-го курса,
Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

Батуева Марина Даши-Доржиевна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Лаборатория паразитологии и экологии гидробионтов БНЦ СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
mbadm@biol.bsnet.ru

Абашеев Роман Юрьевич

кандидат биологических наук, доцент
Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина 24а
abasheevryu@bsu.ru

Аннотация. В работе приводятся сведения о видовом разнообразии миксоспоридий рода *Mухоболус* у плотвы, ельца, язя, карася и сазана в бассейне оз. Байкал. Выявлено 13 видов паразитов: *M. zaikae*, *M. mucosus*, *M. pronini*, *M. nielii*, *M. feisti*, *M. zhaltzanovae*, *M. nekrasovae*, *M. diversicapsularis*, *M. intimus*, *M. pseudodispar*, *M. musculi*, *M. alvarezae*, *M. koi*, из них *M. pronini* KU524890, *M. zhaltzanovae* MN655878, *M. nekrasovae* OR143133, *M. zaikae* MT141128, MT141124 — новые виды. Исследованные виды рыб обладают своим набором паразитов *Mухоболус* spp., тесно связанных со своими хозяевами, приуроченными к определенным зоогеографическим районам.

Ключевые слова: паразиты рыб, миксоспоридии, хозяин, споры, ДНК, водоемы, оз. Байкал, промысловые карповые рыбы.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Бурятского госуниверситета №23-01-0502, также базового проекта Минобрнауки РФ No. АААА-А17-117011810039-4.

Для цитирования

Найданов Т. И., Батуева М. Д., Абашеев Р. Ю. Миксоспоридии рода *Mухоболус* (Cnidaria: Mухозоа) промысловых карповых рыб бассейна оз. Байкал // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2023. № 4(26). С. 48–52. DOI: 10.18101/2542-0623-2023-4-48-52.

Введение

Представители класса Миксоспоридии (Mухоспореа: Cnidaria) — микроскопические, облигатные многоклеточные организмы, принадлежащие к типу

Книдарий. Это одни из самых древнейших паразитических организмов, имевших первоначально одного хозяина — кольчатых червей, затем перешедших на второго хозяина — костистых рыб, амфибий, рептилий и птиц. Наиболее высокое видовое разнообразие отмечается у костистых рыб, локализуются они практически во всех органах. Самыми разнообразными среди микроспоридий являются виды семейства *Muxobolidae*. Это паразиты пресноводных рыб, наиболее разнообразны у карповых [Шульман и др, 1984, Liu et al, 2016]. *Muxobolus* spp. имеют простую форму спор — двояковыпуклый круг или овал, иногда с заостренной апикальной частью. В догеномную эру идентификация видов основывалась в основном на морфологических признаках спор паразита [Шульман и др, 1984]. При этом многие виды имели широкий круг хозяев и локализацию в разных тканях организма. Современные методы определения видов микроспоридий с помощью молекулярно-генетических методов выявили их высокое разнообразие, а также гостальную и тканевую специфичность.

Первые сведения о микроспоридиях оз. Байкал даны В. А. Догелем (1957), а затем обобщены [Пронина, Пронин, 2001]. Так ими представлено 45 видов микроспоридий, из них 18 видов относились к родам *Muxosoma*, *Muxobolus*. У рыб, преимущественно частиковых рыб (карася, плотвы, ельца, язя, леща, сазана, окуня), виды рода *Muxobolus* были определены как *Muxosoma dujardini*, *Muxobolus muelleri*, *M. bramae*, *M. dispar*, *M. cyprinicola*, *M. pfeifferi*, *M. muscoli*, *M. cyprini*, *M. carassii*, *M. pseudodispar*, *M. ellipsoides* (табл. 1).

Материал и методы

Паразитологические вскрытия рыб оз. Байкал и его бассейна проводились в ходе мониторинговых исследований (2000–2020 гг.) лаборатории паразитологии и экологии гидробионтов ИОЭБ СО РАН: в Чивыркуйском заливе оз. Байкал N 53°39', E 109°00', в дельте р. Селенги N 52°06'13.0", E 106°13'58.4", оз. Гусиное N 51°16'48.0", E 106°28'13.7", с 2010–2023 гг. Исследовались плотва *Rutilus rutilus*, елец сибирский *Leuciscus luerciscus baikalensis*, карась серебряный *Carassius auratus gibelio*, язь *Liuciscus idus*, сазан *Cyprinus carpio* по 15–25 экз. рыб одного размера в июне-июле ежегодно.

Геномную ДНК экстрагировали с помощью фенол-хлороформного метода. Амплификацию участка гена 18S rDNA проводили с помощью специфических праймеров *MuxospecF* (5'-CACCAGGTTGATTCTGCCTGAC-3') и *18R* (5'-GGTTACSTTGTACGACTT-3') [Fiala, 2006; Whipps et al., 2003].

Анализ амплифицированных целевых фрагментов ДНК проводили методом разделения фрагментов ДНК в агарозном геле (концентрация агарозы от 1%) в присутствии интеркалирующего агента — бромистого этидия, который был использован с целью дальнейшей визуализации ДНК. Электрофорез проводили в камере для горизонтального электрофореза PowerPac с источником тока BioRad Electrophoretic bath (Bio-Rad, США). В качестве электродного буфера использовали 1x TAE-буфер (40 mM Трис-основной, 20 mM уксусной кислоты, 1 mM ЭДТА). ДНК было очищено с помощью спиртов разной концентрации и гликогена. В дальнейшем ДНК было отправлено в коммерческую компанию, где с помощью прямого сиквенса получены последовательности нуклеотидов участка гена 18S rDNA, которые были депонированы в базу данных NCBI Genbank.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования нами выявлено 13 видов *Muxobolus* spp. Из них у 12 видов получены сиквенсы и определена видовая принадлежность в программе Blast. Часть сиквенсов 18S r DNA была депонирована в Genbank.

Уточнен видовой статус у *M. diversicapsularis*, сиквенсы депонированы под номерами МК100344, МК100345; *M. nielii* OM190413; *M. pseudodispar* МК100343; *M. feisti* MW237662. Найденные нами виды: *M. intimus*, *M. mucosus*, *M. alvarezae*, *M. musculi* имеют сходство на 99% с подобными видами, представленными в Genbank. Также эти виды имеют сходную гостальность.

Описаны новые виды для науки: *M. pronini* KU524890, *M. zhaltsanovae* MN655878, *M. nekrasovae* OR143133 от карася серебряного *Carassius auratus gibelio*, *M. zaikae* MT141128 и MT141124 от плотвы *Rutilus rutilus* [Liu et al., 2016; Batueva, 2020; Batueva et al., 2023a; Batueva et al., 2023b]. *M. koi* нами определен по формам спор и по локализации. Этот вид был описан у карпа и имеет вытянутую форму апикальной части споры, что отличает *M. koi* от других видов.

Таблица 1

Уточненные данные некоторых видов микроспоридий от рыб оз. Байкал

Определитель паразитов пресноводных рыб СССР, 1984; Пронина, Пронина, 2001			Наши данные		
Вид	Хозяин	Локализация	Вид	Хозяин	Локализация
<i>Muxobolus muelleri</i>	таймень, хариус, налим, щука, окунь, плотва, елец	жабры, внутренние органы	<i>M. zaikae</i>	плотва	почки, печень
			<i>M. mucosus</i>	елец	жабры
<i>M. ellipsoides</i>	плотва, язь, карась, окунь	жабры, плавники, почки, печень и т. д.	<i>M. pronini</i>	карась	полость тела
			<i>M. nielii</i>	карась	жабры
<i>M. bramae</i>	лещ, плотва, елец	жабры, кожа, плавники	<i>M. feisti</i>	плотва	жабры
<i>M. dispar</i>	сазан, плотва, елец, карась, лещ	жабры, кожа, мышцы, почки	<i>M. zhaltsanovae</i>	карась	жабры
			<i>M. nekrasovae</i>	карась	жабры
<i>M. diversicapsularis</i>	плотва, карась, сазан	жабры, почки	<i>M. diversicapsularis</i>	плотва	жабры
<i>M. intimus</i>	плотва, елец	жабры	<i>M. intimus</i>	елец	жабры
<i>M. pseudodispar</i>	плотва, лещ	мышцы, жабры, почки	<i>M. pseudodispar</i>	плотва	мышцы
<i>M. musculi</i>	плотва, елец	мышцы	<i>M. musculi</i>	елец	мышцы
<i>Muxosoma dujardini</i>	плотва, елец, язь, сазан	жабры, плавники, почки, гонады	<i>M. alvarezae</i>	елец	жабры
<i>Muxobolus koi</i>	сазан	жабры	<i>M. koi</i>	сазан	жабры

Плотва является хозяином видов: *M. diversicapsularis*, *M. pseudodispar*, *M. zaikae*, *M. feisti*; елец — *M. intimus*, *M. musculi*, *M. mucosus*; язь — *M. alvarezae*; карась — *M. pronini*, *M. zhaltzanovae*, *M. nekrasovae*; сазан — *M. koi*.

Все исследованные нами виды рыб обладают своим набором паразитов. Это противоречит ранним догеномным представлениям о миксоспоридиях [Шульман, 1984]. Палеарктические по происхождению плотва, елец, язь имеют паразитов, которые отмечались в водоемах Венгрии [Molnár et al., 2010; Cech et al., 2012]. У карася серебряного и амурского сазана миксоспоридии отмечались в водоемах Китая [Liu et al., 2016; Camus & Griffin, 2010]. Таким образом, *Myxobolus* spp. тесно связаны со своими хозяевами и приурочены к определенным зоогеографическим районам.

Литература

1. Догель В. А., Боголепова И. И. Паразитофауна рыб Байкала // Труды Байкальской лимнологической станции. 1957. № 15. С. 427–464. Текст : непосредственный.
2. Пронина С. В., Пронин Н. М. Миксоспоридии // Аннотированный список фауны Байкала и его водосборного бассейна : в 2 т. / под редакцией О. А. Тимошкина. Т. 1. Озеро Байкал. Новосибирск, Наука, 2001. Кн. 1. С. 130–147. Текст : непосредственный.
3. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР / ответственный редактор С. С. Шульман. Т. 1. Паразитические простейшие. Ленинград : Наука, 1984. 431 с. (Определители по фауне СССР). Текст : непосредственный.
4. Batueva M. D. Morphological, Histological, and Molecular Aspects of *Myxobolus zaikae* n. sp., a Parasite of the Roach *Rutilus rutilus*, in Lake Baikal. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2020; 142: 75–82.
5. Batueva M. D., Liu X.-H., Zhang J.-Y. et al. A New Species of *Myxobolus* (Cnidaria: Myxosporidia: Myxobolidae) from the Gibel Carp *Carassius gibelio* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Diseases of Aquatic Organisms*. 2023a; 153: 87–93.
6. Batueva M. D.-D., Vlasenko P., Solovyev M. M., Abasheev R. Yu. *Myxobolus nekrasovae* n. sp. (Cnidaria, Myxozoa) is a New Species Parasitizing the Gills of the Gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Microbial pathogenesis*. 2023b (in press).
7. Camus A. C., Griffin M. J. Molecular Characterization and Histopathology of *Myxobolus koi* Infecting the Gills of a koi, *Cyprinus carpio*, with an Amended Morphological Description of the Agent. *J. Parasitol.* 2010; 96(1): 116–124.
8. Cech G., Molnár K., Székely C. Molecular Genetic Studies on Morphologically Indistinguishable *Myxobolus* spp. Infecting Cyprinid Fishes, with the Description of Three New Species, *M. alvarezae* sp. nov., *M. sitjae* sp. nov. and *M. eirasianus* sp. nov. *Acta Parasitol.* 2012; 57(4): 354–66.
9. Fiala I. The Phylogeny of Myxosporidia (Myxozoa) Based on Small Subunit Ribosomal RNA Gene Analysis. *Int J Parasitol.* 2006; 36: 1521–1534.
10. Liu X. H., Batueva M. D., Zhao Y. L. et al. Morphological and Molecular Characterisation of *Myxobolus pronini* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) from the Abdominal Cavity and Visceral Serous Membranes of the Gibel Carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) in Russia and China. *Parasite and Vectors*. 2016; 9: 562–573.
11. Liu Y., Lövy A., Gu Z., Fiala I. Phylogeny of Myxobolidae (Myxozoa) and the Evolution of Myxospore Appendages in the *Myxobolus* Clade. *Int. J. Parasit.* 2019; 49: 523–530.
12. Molnár K., Marton S., Székely C., Eszterbauer E. Differentiation of *Myxobolus* spp. (Myxozoa: Myxobolidae) Infecting Roach (*Rutilus rutilus*) in Hungary. *Parasitol. Res.* 2010; 107: 1137–1150.

13. Whipps C. M., Adlard R. D., Bryant M. S. et al. First Report of Three *Kudoa* Species from Eastern Australia: *Kudoa thyrsites* from Mahi mahi (*Coryphaena hippurus*), *Kudoa amamiensis* and *Kudoa minithyrsites* n. sp. from Sweeper (*Pempheris ypsilychnus*). *J. Eukaryot. Microbiol.* 2003; 50: 215–219.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 03.12.2023; принята к публикации 08.12.2023.

**MYXOBOLUS GENUS MYXOSPOREANS (CNIDARIA: MYXOZOA)
OF COMMERCIAL CARP FISH IN THE BAIKAL LAKE BASIN**

Timur I. Naydanov

3rd year Bachelor Student,
Dorzhi Banzarov Buryat State University
24a Smolina St., Ulan-Ude 670000, Russia

Marina D.-D. Batuyeva

Senior Researcher,
Laboratory of Parasitology and Hydrobionts' Ecology,
Buryat Scientific Center SB RAS
8 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia

Roman Yu. Abasheyev

Cand. Sci. (Biol.) A/Prof.,
Dorzhi Banzarov Buryat State University
24a Smolina St., Ulan-Ude 670000, Russia

Abstract. The article provides information on the species diversity of *Myxobolus* myxosporeans in commercial carp fish species such as roach, dace, crucian carp, and wild carp in Baikal Lake basin. Thirteen parasite species have been identified: *M. zaikae*, *M. mucosus*, *M. pronini*, *M. nielii*, *M. feisti*, *M. zhalsanovae*, *M. nekrasovae*, *M. diversicapsularis*, *M. intimus*, *M. pseudodispar*, *M. musculi*, *M. alvarezae*, and *M. koi*. Among them, four species are new to science: *M. pronini* KU524890, *M. zhalsanovae* MN655878, *M. nekrasovae* OR143133, and *M. zaikae* MT141128, MT141124. The studied fish species have their own set of parasites *Myxobolus* spp., closely related to their owners, confined to certain zoogeographical areas.

Keywords: fish parasites, myxosporeans, host, spores, DNA, water bodies, Baikal Lake, commercial carp fish.

Acknowledgments

The article was supported by Buryat State University grant No. 23-01-0502, as well as by the basic project of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. AAAA-A17-117011810039-4.

For citation

Naydanov T. I., Batuyeva M. D.-D., Abasheyev R. Yu. *Myxobolus* Genus Myxosporeans (Cnidaria: Myxozoa) of Commercial Carp Fish in the Baikal Lake Basin. *Nature of Inner Asia*. 2023; 4(26): 48–52 (In Russ.). DOI: 10.18101/2542-0623-2023-4-48-52.

The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 03.12.2023; accepted for publication 08.12.2023.