

**Энтомофтороз медведицы *Lacydes spectabilis* Tauscher, 1806 (Lepidoptera, Arctiidae), вызванный грибом рода *Tarichium* Cohn (Entomophthoraceae) на юго-востоке Казахстана**

**Epizootic disease of *Lacydes spectabilis* Tauscher, 1806 (Lepidoptera, Arctiidae) larvae caused by the fungus *Tarichium* Cohn (Entomophthoraceae) in south-east Kazakhstan**

**В.П. Ходырев\*, Е.Ж. Баймагамбетов\*\*, Е.М. Макаров\*\*,  
Б.А. Дусйсембеков\*\*, Г.Р. Леднёв\*\*\*, В.В. Глупов\*,  
V.P. Khodyrev\*, E.Zh. Baymagambetov\*\*, E.M. Makarov\*\*,  
B.A. Duisembecov\*\*, G.R. Lednyov\*\*\*, V.V. Glupov\***

\* Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе 11, Новосибирск 630091 Россия. E-mail: vhodyrev@inbox.ru.  
\* Institute of Systematics and Ecology of Animals Russian Academy of Sciences Siberian Branch, Frunze Str. 11, Novosibirsk 630091 Russia.

\*\* Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева, мкр. Рахат, ул. Казыбек би 1, Алматы 050070 Казахстан. E-mail: a\_sagitov@mail.ru.

\*\* Zh. Zhiembaev Kazakh Scientific and Research Institute for Plant Protection and Quarantine, Rahat microdistrict, Kazybek bi Str. 1, Almaty 050070 Kazakhstan.

\*\*\* Всероссийский институт защиты растений РАСХН, шоссе Подбельского 3, Санкт-Петербург, Пушкин 196608 Россия. E-mail: georgijled@mail.ru

\*\*\*All-Russia Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse 3, Saint-Petersburg, Pushkin 196608 Russia.

**Ключевые слова:** Медведица *Lacydes spectabilis*, энтомофтороз, *Tarichium* sp., юго-восток Казахстана.

**Key words:** Mycopathogene of *Lacydes spectabilis*, *Tarichium* sp., south-east Kazakhstan.

**Резюме.** Приводятся результаты исследований энтомофтороза личинок медведицы *Lacydes spectabilis* Tauscher (Lepidoptera, Arctiidae) на юго-востоке Казахстана. Эпизоотия началась перед окукливанием гусениц и была отмечена на десятках тысяч га в двух степных биоценозах. В результате развития гриба полость тела полностью утилизировалась. Смертность *L. spectabilis* от энтомофтороза составляла фактически 100 %. Энтомофтороз вызван грибом рода *Tarichium* sp., образующим покоящиеся споры-азигоспоры. Покоящиеся споры образуют форму круглой плоской таблетки в диаметре  $46,43 \pm 2,15$  мкм.

**Abstract.** The results of studies of the epizootic disease of *Lacydes spectabilis* Tauscher (Lepidoptera, Arctiidae) larvae caused by the fungus *Tarichium* Cohn (Entomophthoraceae) in south-east Kazakhstan are reported. The epizootic disease, detected in the larvae before pupation, occurs in a large area of two steppe biocenoses. The fungi colonized the entire body of larvae, resulting in an almost 100 % mortality of the larvae. The fungi form tablet-shaped resting spores (azygospores)  $46.43 \pm 2.15$   $\mu$ m in the diameter.

## Введение

Медведица *Lacydes spectabilis* (Tauscher, 1806) (Arctiidae) распространена на юге и востоке Восточ-

ной Европы, в Передней и Центральной Азии, в Казахстане, в Западной Сибири. На территории Палеарктики известно 216 видов медведиц [Dubatolov, 2007]. В Казахстане *L. spectabilis* обитает в степных и полупустынных районах. Этот полифаг неоднократно отмечался, как серьёзный вредитель кормовых растений [Serkova 1958; Serkova, Kambulin 1972; Aibasov, 1974]. Гусеницы предпочитают полынью белоземельную (*Artemisia terrae-albae* Krasch), но при массовом размножении питаются многими видами растений [Nurmutatov et al., 1987; Levchenko, 1987].

В 2010 и 2011 гг. мы зарегистрировали массовую гибель личинок медведицы *L. spectabilis*, в Казахстане, вызванную энтомофторовым грибом рода *Tarichium* Cohn (Entomophthoramycota: Entomophthoraceae). Главные признаки, характеризующие грибы рода *Tarichium* Cohn — отсутствие конидий, образование гиф и азигоспор или зигоспор с пигментированным внешним (экзоспорий) и внутренним (эндоспорий) слоем оболочки споры. Споры имеют скульптурную поверхность и округлое отверстие (foramen), а также снабжены трубчатым выростом или сосочком [Koval, 2007]. Многие виды энтомофторовых грибов являются облигатными па-

разитами членистоногих, которые в состоянии вызывать эпизоотии на обширных площадях [Voronina et al., 2001; Koval, 2007] и выступают в качестве важнейшего регулятора численности своих хозяев. По данным Келлера [Keller, 1994] в условиях северной Швейцарии заражённость имаго посевного шелкоуна (*Agriotes sputator* L., 1758) грибом *Zoophthora elateridiphaga* Turian ежегодно составляла 72–100 %. В результате пятилетних наблюдений за динамикой численности слепня *Atylotus flavus* Macquart, 1834 в Карелии было показано, что смертность его личинок и куколок от энтомофтороза, вызываемого *Tabanomyces milkoi* (Dudka et Koval) Couch et al. носила циклический характер, при этом в течение трёх сезонов были выявлены значительные эпизоотии, когда заражённость популяции хозяина достигала 30–57 % [Bespyatova, 1995]. Массовый энтомофтороз, вызываемый *Entomoththora muscae* Cohn и *Strongwellsea castrans* Batko, Weiser наблюдался также и в популяциях имаго капустных и других видов мух [Dolzhenko 1984; Eilenberg, 1985]. Неоднократно многими исследователями было показано, что эпизоотии, вызванные *Entomophaga grylli* Fres. являются одним из важнейших факторов динамики численности стадных и не стадных саранчовых [Batko 1957; Carruthers et al., 1988]. Наиболее полно регулирующая роль энтомофторовых грибов показана для различных видов тлей [Lednev, Novikova 2005]. Следует отметить, что энтомофторовые грибы имеют различную степень специализации [Hajek 1989; Voronina et al., 1998; Evlakhova, 1974; Koval, 2007]. Грибы рода *Tarichium* являются космополитами и зарегистрированы во многих регионах мира [Wei Li, Cheng-Fa, 2007]. Цель настоящей работы состоит в изучении эпизоотийных очагов энтомофтороза в популяции медведицы *L. spectabilis*.

## Материал и методы

В 2010 году 10 мая в результате маршрутного обследования территории, включающей южные склоны хребта Малай-Сары, переходящие в долину на территории Илийского района Алма-Атинской области (44,2777 с.ш., 77,6844 в.д. и 44,0057 с.ш., 77,3575 в.д.), и в 2011 году 15 мая в окрестностях Капчагайской гидроэлектростанции (43,9092 с.ш., 77,0701 в.д. и 43,9571 с.ш., 77,0043 в.д.) были обнаружены только погибшие гусеницы медведицы. На отдельных кустарниковых растениях и на стеблях злаковых подсчитывали мёртвых гусениц, которых собирали для последующего изучения возбудителя болезни.

Погибших от энтомофтороза гусениц собирали в пластиковые контейнеры объёмом 335 см<sup>2</sup> по 10 экз. вместе с субстратом, на котором они находились. При идентификации энтомофторовых грибов использовали определители А.А. Евлаховой [Evlakhova, 1974], Э.З. Коваль [Koval, 1974, 2007], S. Balazy [1993] и R.A. Nummer [2012]. Изучение покоящихся спор гриба *Tarichium* осуществляли с помощью микроскопов Axioskop 40 с видеокамерой AmScope.com

FMAO50 в программе Topview и сканирующего электронного Hitachi TM-1000.

## Результаты и обсуждение

Характерная особенность поведения заболевших энтомофторозом насекомых: гусеницы забирались на верхушки стеблей травянистых растений или кустарников, затем разворачивались вниз головой и закреплялись всеми конечностями на субстрате (рис. 1). Отмечалось небольшое вздутие брюшка, без образования ризоидов. В результате энтомофтороза погибшие гусеницы становились серыми, затем чернели. Вся полость насекомых состояла из чёрной массы покоящихся спор (рис. 2). На рисунке видно, что покоящиеся споры не шаровидные, они сплюснуты с обеих сторон и имеют форму круглой плоской таблетки, отдельные споры слегка вытянуты. Размеры покоящихся спор гриба в диаметре  $46,43 \pm 2,15$  мкм, редко достигают 50,0 мкм. Боковая сторона составляла примерно 1/2 диаметра споры (17–23 мкм). Эндоспорий крепится к эписпорию и не лопается при надавливании покровным стеклом. Круглый оперкулум до 8–10 мкм, хорошо видно место соединения с гифой, воротничок гифальной мембраны до 2-х мкм цилиндрический (рис. 3). На гладкой поверхности спор пучками размещены ворсинки размером 0,1 мкм. Эти ворсинки на боковой поверхности создают специфический пейзаж — неровную волнистую поверхность (рис. 4).

Споры не прорастали на средах Сабуро [Litvinov, 1969] и на среде состава:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,5 г;  $\text{MgSO}_4$  — 0,5 г;  $\text{NaCl}$  — 3 г; глюкоза — 20 г; глицерин — 20 мл; соевая мука — 7 г; дрожжевой экстракт — 3 г, агар-агар — 15 г. Находясь в стерильной воде в течение 7–10 дней, единичные споры лопались и образовывались короткие гифы до 80–150 мкм с ответвлениями. Конидии и конидиеносцы отсутствовали, что со значительной степенью вероятности позволяет отнести гриб к роду *Tarichium*, у которого споры формируются бесполом путем, то есть образуют азигоспоры [Cohn, 1875],

Азигоспоры схожи с таковыми у *Tarichium pustulatum* Weiser по хорошо прикрепленной эндоспоре к эписпоре, также похожи на *Tarichium gammae* Weiser по приплюснутости некоторой части этих спор с одной стороны [Коваль, 2007]. В тоже время азигоспоры из *L. spectabilis* имеют свои особенности и по совокупности признаков существенно отличаются от известных видов размерами, морфологией, архитектурой поверхности, цветом, расположением оперкулума (находится на одной из поверхности азигоспоры в углублении). Возможно предположить, что это новый вид гриба рода *Tarichium*, хотя определённо мы не можем говорить, пока не будут проведены молекулярно-генетические исследования. Как и у подавляющего большинства описанных в литературе видов рода *Tarichium*, данный таксон также приводит к полной утилизации внутренних органов своего хозяина. У погибших гусениц *L. spectabilis* не обнаружено

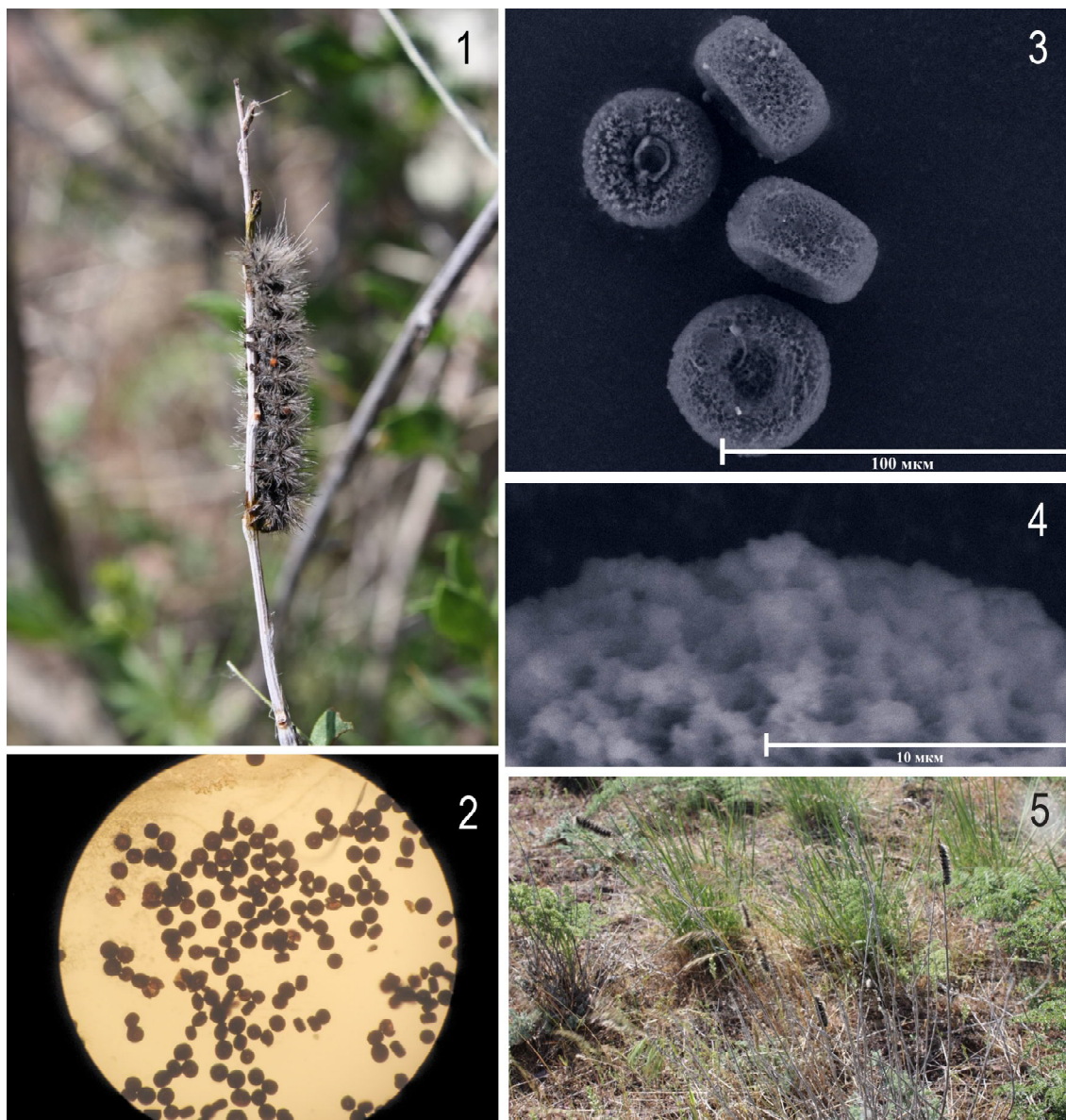


Рис. 1–5. Эпизоотическое заболевание медведицы *Lacydes spectabilis*, вызванное грибом рода *Tarichium* Cohn, юго-восточный Казахстан. 1 — характерное положение медведицы *Lacydes spectabilis*, инфицированной грибом *Tarichium* sp. (Entomophthoraceae); гусеница находится на вершине ветки вниз головой; 2–4 — *Tarichium* sp.: 2 — покоящиеся споры (азигоспоры) *Tarichium* sp. Увеличение 100x10; 3 — аzigоспоры покрыты ворсинками, с одной стороны по центру находится округлый оперкулум (нижняя спора), у верхней споры сохранился воротничок гифальной мембраны. Толщина спор равна примерно половине диаметра аzigоспоры; 4 — на поверхности аzigоспор ворсинки расположены пучками, образуя сплошной «ковёр» с волнистой поверхностью; 5 — погибшие гусеницы *L. spectabilis* на стеблях прошлогодних злаков.

Figs 1–5. Epizootic disease of *Lacydes spectabilis* larvae caused by fungus *Tarichium* Cohn in the South-East of Kazakhstan. 1 — the specific position bears *Lacydes spectabilis* infected with fungus *Tarichium* sp. (Entomophthoraceae), caterpillar upside down is at the top of the branches; 2–4 — *Tarichium* sp.: 2 — resting spores (azigospory) *Tarichium* sp. Increased 100x10; 3 — azigospory fungus are covered with fibers. On the one side in the middle of resting spores is a round operculum (the bottom of the dispute), the upper arguments remained collar hyphal membrane. The thickness of the dispute is about the half of the azigospory diameter; 4 — on the azigospory surface the villi are arranged in groups, form a continuous carpet with a wavy surface; 5 — dead caterpillars of *L. spectabilis* on the stem of grains.

внутренних органов, за исключением остатков трахей. Сохранился лишь тонкий кутикулярный слой гусениц обычно тёмного или чёрного цвета с чёрными аzigоспорами.

Эпизоотия энтомофтороза медведицы, видимо, явление нечастое, поэтому представляет интерес

описание среды обитания вредителя в период массовой гибели.

Растительность в изучаемых биоценозах в целом скудная, состоящая из злаков — овсяницы бороздчатой (типчак), *Festuca valesiaca*, ковыля волосистого, *Sipa capitata*, полыней — белоземельной

(*Artemisia terrae-albae*), серой (*Artemisia glauca* Pall. ex Wild), зарослей ферулы джунгарской (*Ferula soongarica*) и илийской (*F. iliensis*). К концу мая этот эфемер обычно развитие прекращает. В расщелинах скал и по руслам дождевых ручьёв произрастали мелкие кустарники терескен (*Ceratoides papposa*) и кейреук (*Salsola orientalis*). Все эти растения являются кормом для гусениц медведицы. Растительность степных биоценозов нередко прерывалась на выходах каменистой породы.

Погодные условия весеннего периода в 2010 и 2011 гг. характеризовались повышенной влажностью за счёт выпадения дождей и ливней. Осадки выпадали в период развития гусениц в апреле и мае. Во время сбора погибших гусениц на растениях сохранялась капельная влага. Температура была обычной для этих мест: ночью +10 °С, днём +20–25 °С. Известно, что влажная и прохладная погода, способствует развитию энтомофторозов [Voronina et al., 2001]. Для большинства видов энтомофторовых грибов температурный оптимум варьирует в пределах от 20 до 28 °С [Hall, Bell, 1961]. Эти данные говорят о том, что термический режим вегетационного периода является важным, но не лимитирующим.

В случае массовой гибели плотность популяции хозяина может иметь большое значение, а иногда и определяющее в развитии болезни. По данному вопросу существуют две точки зрения: первая, что нет прямой зависимости между плотностью и развитием эпизоотии [Robert et al., 1973], вторая — плотность популяции является решающим фактором для развития энтомофторозов [Keller, Suter, 1980; Hajek, 1989; Lednev, 1997].

В условиях степей о плотности насекомых судить сложно, так как участки с растениями располагались неравномерно, чередовались с голыми породами. Однако можно отметить, что на стеблях прошлогодних злаков встречались часто по одному, реже по 2 экземпляра мёртвых гусениц (рис. 5), на таволге (*Filipendula vulgaris*) и дикой вишне — до 4–5 экз. В сравнении с 2007–2009 гг. на обследуемых территориях гусеницы встречались крайне редко. Все это свидетельствует о росте численности медведицы в эпизоотийные годы.

Заболевание насекомых началось перед окукливанием с последующей гибелью. Пространственное разделение между отдельными особями часто достигало десятков метров. Несмотря на это, энтомофторозом было охвачено всё пространство с медведицей, смертность которой составляла фактически 100 %.

В 2011 г. гусеницы *L. spectabilis* в районе хребта Малай-Сары практически не наблюдались. Аналогичные эпизоотии, вызванные грибом из рода *Tarichium* были отмечены в Швейцарии (1960-е годы) на гусеницах другого вида медведицы — медведицы мохнатой *Ocnogyna parasita* Hubner, 1790 [Wuest, Turian, 1967]. В этом случае уровень смертности гусениц достигал 80 %.

## Заключение

Наши исследования показали, что на южных склонах хребта Малай-Сары и его долинах возможен резкий рост численности медведицы *L. spectabilis*. Если в 2007–2009 гг. эти гусеницы встречались очень редко, то в эпизоотийный год на стеблях прошлогодних злаковых находилось до 2 экз., на таволге и дикой вишне — до 5 экземпляров на одном растении. Нами впервые показано, что в условиях степных районов юго-востока Казахстана существенным регулятором численности вредителя может быть возбудитель энтомофтороза, который на обширных площадях вызвал эпизоотию с массовой гибелью хозяина. Оценка морфологических признаков возбудителя показала, что с определённой долей вероятности можно говорить о новом виде энтомофторового гриба *Tarichium* sp. Наши исследования показали, что массовое развитие энтомофтороза медведицы возможно при различной численности гусениц на растениях. Высокая численности медведицы *L. spectabilis* отмечалась ранее и другими исследователями, например в урочище Карабулак (Южное Прибалхашье) на серой полыни В.И. Левченко [Levchenko, 1987] отмечал до 8–14 гусениц, однако не были обнаружены грибные заболевания. В этой связи можно констатировать, что в данном конкретном случае развитие энтомофтороза напрямую не зависело от плотности или численности хозяина. Энтомофтороз мог возникнуть под влиянием комплекса биотических и абиотических факторов, неблагоприятных для хозяина, с одной стороны, и способствующих развитию инфекции, с другой. Мы полагаем, что в данном случае в качестве одного из наиболее благоприятных условий, способствующих развитию энтомофтороза, является оптимальный гидротермический режим с наличием капельной влаги. Эти данные в значительной степени согласуются с результатами исследований энтомофторозов в популяциях других видов насекомых [Voronina et al., 2001].

## Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-29-02479 офи\_м и программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. (№ VI. 51.1.5)

## Литература

- Aibasov X.A. 1974. [Fauna of butterflies (Lepidoptera) of Western Kazakhstan] // In the collection: Insects of Western Kazakhstan. DEP. in Kazakh scientific research Institute (KazSRI). Alma-Ata. No.765–75. P.112–139. [In Russian].  
 Balazy S. 1993. Entomophthorales // Flora of Poland, Fungi (Mycota). Vol.24. Krakow. 356 p.  
 Bespyatova L.A. 1995. [The causative agents of mycosis of flies of the taiga zone of Karelia] // Aytoref. diss... kand. biol. nauk. St.-Petersburg, Pushkin. 21 p. [In Russian].  
 Batko A.V. 1957. [Cases of mass mortality of the Italian locust from fungal diseases in the steppes of the Stavropol territory

- in 1955] // Collection of scientific student works of Moscow state University. P.5–10. [In Russian].
- Carruthers R.I., Feng Z., Ramos M.E., Soper R.S. 1988. The effect of solar radiation on the survival of *Entomophaga grylli* (Entomophthorales, Entomophthoraceae) conidia // Journal of Invertebrate Pathology. Vol.52. P.154–162.
- Cohn F. 1875. Über eine neue Krankheit der Erdräupen // Beiträge zur Biologie einiger geokarper Pflanzen. Bd.1. P.58–86.
- Dolzhenko I.I. 1984. [Entomopathogenic microorganisms cabbage flies *Delia vgate* Bouche and *D. floralis* Fall. in the North-West non-Chernozem]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Leningrad. 20 p. [In Russian].
- Dubatolov V.V. 2007. [Lepidoptera of the subfamily Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae)]. Avtoref. diss... dokt. biol. nauk. Novosibirsk. 50 p. [In Russian].
- Eilenberg J. 1985. Relationships between the carrot fly (*Psila rosae* F.) and its fungal pathogens from Entomophthorales, particularly *Entomophthora muscae* (C.) Fres. // Ph.D. Thesis, Dept. Zool., Royal Vet. Agric. Univ. Copenhagen. 109 p.
- Evlakhova A.A. 1974. [Entomogenous fungi. Classification, biology, practical significance]. Leningrad. 254 p. [In Russian].
- Hajek A.E. 1989. Food consumption of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Limantridae), larvae infected with *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) // Environmental Entomology. Vol.18 P.723–727.
- Hall I.M., Bell J.V. 1961. Further studies on the effect of temperature on the growth of some Entomophthoraceous fungi // Journal of Insect Pathology. Vol.3. P.289–296.
- Humber R.A. 2012. Identification of entomopathogenic fungi // Lacey L.A. (Ed.): Manual of Techniques. Invertebrate Pathology. London: Academic Press. P.151–187.
- Keller S. 1994. The Fungus *Zoopthora elateridiphaga* as an important mortality factor of the click Beetle *Agriotes sputator* 11 // Journal of Invertebrate Pathology. Vol.63. No.1. P.90–91.
- Keller S., Suter H. 1980. Epizootiologische Untersuchungen über das Entomophaga – Auftreten bei feldbaulich wichtigen Blattlausarten // Acta Ecologica. Vol.1. No.1. P.63–68.
- Koval E.Z. 1974. [The determinant of entomopathogenic fungi of the USSR]. Kiev: Naukova Dumka. 258 p. [In Russian].
- Koval E.Z. 2007. [Flora of fungi of Ukraine. Zygomycetes. Entomophthorales fungi]. Kiev. 369 p. [In Russian].
- Lednev G.R. 1997. [Environmental monitoring framework entomophthora pea aphid.]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. St.-Peterburg. 20 p. [In Russian].
- Lednev G.R., Novikova I.I. 2005. [Entomophthoraceae fungus— perspectives and problems of use in biological plant protection] // Biological means of protection of plants, technologies of their manufacture and application. S.-Pb. P.261–272. [In Russian].
- Levchenko V.I. 1987 [Insects, damaging *Artemisia terra-albae* in the South and South-East of Kazakhstan] // Insect control—pests of fodder crops and pasture plants of Alma-Ata. P.47–59. [In Russian].
- Nurmuratov T.N., Lensky V.G., Taranov B.T. 1987. [The species composition of insects inhabiting the grassland vegetation of the deserts of South-Eastern Kazakhstan] // Insect control—pests of fodder crops and pasture plants of Alma-Ata. P.13–37. [In Russian].
- Robert Y., Rabasse I.M., Scheltes P. 1973. Facreurs de limitation des populations d2 *Aphis tabac* Scop. dans 12 oust de la France // Entomophaga. Vol.18. No.1. P.61–75.
- Serkova L.G. 1958. [Insect pests of grasses Bet-Pak Dalinskikh pastures] // Trudy KazNIIzr. Alma-Ata. Vol.4. P.194–129. [In Russian].
- Serkova L.G., Kambulin V.E. 1972. [To the composition, biology and harmfulness of insects on pastures of the southern TRANS-Balkhash area] // Trudy KazNIIzr. Alma-Ata: Kainar. Vol.11. P.94–95. [In Russian].
- Voronina E.G., Lednev G.R., Grigorieva T.A., Sheremet'eva T.B. 1998. [Epizootics of entomophthora sucking pests] // Protection and quarantine of plants. No.11. P.12–17. [In Russian].
- Voronina E.G., Lednev G.R., Mukomolov T.Y. 2001. [Entomophthoraceae fungus] // Insect Pathogens: structural and functional aspects. M. P.271–351. [In Russian].
- Wei Li, Cheng-Fa S. 2007. Occurrence and distribution of entomophthoralean fungi infecting aphides in mainland China // Biocontrol Science and Technology. Vol.17. No.4. P.433–439.
- Wuest J., Turian G. 1967. Une épizootie à *Tarichium* (Entomophthoraceae) sur la larve de *Ocnogyna parasita* Hbn. (Lépid. Arctiidae) // Bulletin de la société entomologique suisse. T.XL. No.1. P.96–98.

Поступила в редакцию 12.8.2016