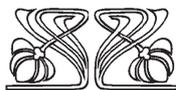
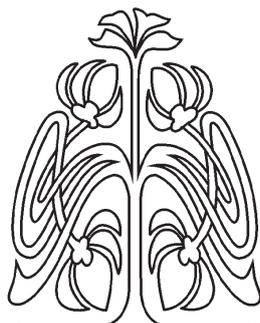
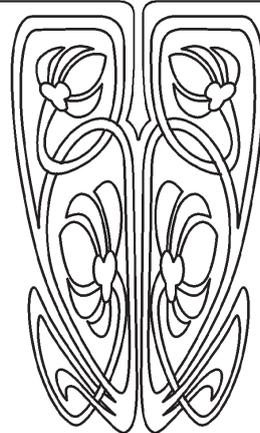




ЭКОЛОГИЯ



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 356–366

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 356–366

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-3-356-366>

EDN: KTWEGD

Научная статья

УДК [582.747.2:581.2](470.44-25)

Циркуляция грибов в системе конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) – каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella*) на территории г. Саратова

А. В. Еремакина¹, А. В. Тарасова¹, О. В. Нечаева², Е. В. Глинская¹✉

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

Еремакина Анастасия Викторовна, студент кафедры морфологии и экологии животных, nastyaaerem90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3611-4658>

Тарасова Анастасия Викторовна, студент кафедры микробиологии и физиологии растений, nastyusha.tarasova.01@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4653-1499>

Нечаева Ольга Викторовна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология и техносферная безопасность», olgav.nechaeva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3331-1051>

Глинская Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и физиологии растений, elenavg-2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1675-5438>

Аннотация. Представлены данные по обнаружению плесневых грибов в системе конский каштан обыкновенный – каштановая минирующая моль, которая является инвазивным вредителем каштанов. Энтомологические и микологические исследования проводили стандартными методами. В ходе работы определяли видовой состав, индекс встречаемости и количественные показатели микромицетов, присутствующих в тканях листьев конского каштана обыкновенного и гусениц каштановой минирующей моли. Проведен анализ 135 образцов гусениц (три поколения насекомых), мин и здоровых листьев растений, собранных на территории г. Саратова с постоянных точек наблюдения (ул. Астраханская, ул. Большая Садовая, ул. Набережная Космонавтов). Выделено 18 видов грибов родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Rhizopus*. Численные показатели грибов варьировали от 10^2 до 10^5 КОЕ/г. В течение вегетационного периода наблюдалось увеличение количественных показателей и видового разнообразия микромицетов. По численности в I поколении насекомых доминировали грибы рода *Aspergillus*, во II поколении – *Alternaria*, а в III поколении доминантным родом был *Cladosporium*. Таким образом, охридский минер может быть природным резервуаром различных грибов, в том числе фитопатогенных.

Ключевые слова: микромицеты, *Cameraria ohridella*, *Aesculus hippocastanum*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*



Для цитирования: Еремакина А. В., Тарасова А. В., Нечаева О. В., Глинская Е. В. Циркуляция грибов в системе конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) – каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella*) на территории г. Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 356–366. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-3-356-366>, EDN: KTWEGD

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Circulation of fungi in the system *Aesculus hippocastanum* – *Cameraria ohridella* on the territory of Saratov city

A. V. Eremakina¹, A. V. Tarasova¹, O. V. Nechaeva², E. V. Glinskaya¹✉

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

²Gagarin State Technical University, 77 Polytechnicheskaya St., Saratov 410054, Russia

Anastasia V. Eremakina, nastyaerem90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3611-4658>

Anastasia V. Tarasova, nastyusha.tarasova.01@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4653-1499>

Olga V. Nechaeva, olgav.nechaeva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3331-1051>

Elena V. Glinskaya, elenavg-2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1675-5438>

Abstract. The article presents data on the detection of mould fungi in the system of *Aesculus hippocastanum* – *Cameraria ohridella* which is an invasive pest of chestnuts. Entomological and mycological studies were conducted using standard methods. The study determined the species composition, occurrence index and quantitative indicators of the micromycetes present in the leaf tissues of *Aesculus hippocastanum* and *Cameraria ohridella* caterpillars. 135 samples of the caterpillars of three generations of the insects, the mines and the healthy plant leaves collected at the permanent observation points in Saratov city (Astrakhanskaya St., Bolshaya Sadovaya St., Naberezhnaya Kosmonavtov St.) were analysed. 18 species of the fungi of the genera *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Rhizopus* were identified. Numerical indicators of fungi ranged from 102 to 105 CFU/g. There was an increase in the quantitative indicators and species diversity of micromycetes during the vegetation period. *Aspergillus* was the dominant genus of fungi in the first generation of insects, *Alternaria* dominated in the second generation, and *Cladosporium* dominated in the third generation. Thus, Ochrid myner can be a natural reservoir of various fungi, including phytopathogenic ones. **Keywords:** micromycetes, *Cameraria ohridella*, *Aesculus hippocastanum*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*

For citation: Eremakina A. V., Tarasova A. V., Nechaeva O. V., Glinskaya E. V. Circulation of fungi in the system *Aesculus hippocastanum* – *Cameraria ohridella* on the territory of Saratov city. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 356–366 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-3-356-366>, EDN: KTWEGD

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Проникновение чужеродных видов насекомых на территорию городского озеленения можно отнести к экологическим катастрофам. Если в новых районах для организмов условия будут благоприятными для жизни и дальнейшего распространения, то их численность начнет быстро расти, а отсутствие естественных врагов приведет к свободному захвату этими видами новых территорий [1].

Инвазивные виды занимают второе место среди угроз биологическому разнообразию, потому любые данные о расселении вредителей невероятно важны [2].

Наиболее тревожным и актуальным за последние годы случаем подобного массового распространения стала каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986) [1].

С момента ее первого описания по сборам 1984 г. в районе Охридского озера в Македонии югославскими энтомологами Г. Дешкой и

Н. Димичем каштановая минирующая моль, или охридский минер, быстрыми темпами распространилась по территории почти всей Европы и европейской части России [3].

Каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L., 1753) относится к древесным породам, широко используемым в декоративных насаждениях во многих странах Европы, однако с каждым годом в городах возрастает угроза уничтожения этого дерева, ведь оно подвергается массовому поражению каштановой молью [4, 5].

Процесс образования нескольких очагов массового повреждения с высокой численностью и отсутствием регуляции на уровне популяции с помощью естественных врагов и любых профилактических мер от городских властей может привести к дефолиации: частичной или полной потере листьев каштана. Поэтому уже в конце лета, а не следующей весной, происходит развитие спящих почек цветов и листьев, что свидетельствует о невероятно больших затратах энергии. Дефолиация в течение последних 10 лет



из-за распространения каштановой минирующей моли наблюдается в Чехии и Венгрии [6–8].

Для каштанового минера характерна зимовка на стадии куколки в опавшей листве внутри мин. Окукливание гусениц может происходить в конце сентября до того, как опала листва, либо гусеницы, которые еще не закончили развитие, могут находиться в уже опавших листьях, тогда процесс их окукливания осуществляется в начале октября. Это является показателем сильных повреждений дерева, поскольку в этом случае листопад происходит раньше срока [5, 9, 10].

Важно отметить, что куколки способны выжить под снежным покровом. Согласно данным литературы, куколки каштановой моли могут выживать даже при температуре от -19 до -23°C , при этом низкие температуры не влияют на нормальное протекание диапаузы и весенний вылет бабочек [5, 11].

Повреждения, которые наносят гусеницы моли, препятствуют нормальному накоплению минеральных веществ, из-за чего конский каштан зимой подвергается риску замерзания, слабеет и становится уязвимым к различным инфекциям. Конский каштан теряет свой первоначальный облик, что приводит к серьезному эстетическому ущербу городам, что является основанием для их замены на другие растения, способные противостоять вредоносным факторам. Эти мероприятия требуют значительных физических усилий и крупных финансовых вложений из государственного бюджета [12].

Помимо вреда, наносимого самими гусеницами, это насекомое является переносчиком грибов, которые вызывают различные заболевания каштана. Распространение каштановой моли происходит быстро: поразив множество регионов Европы, за последние годы она была обнаружена в таких городах России, как Москва, Саратов, Самара, Пенза, Хвалынский, Вольск, Волгоград и другие [13–15].

В Латвии в 2010–2012 гг. было проведено исследование с целью получения данных о смертности каштановой минирующей моли и выявления энтомопатогенных микроорганизмов. Выделяли несколько причин гибели охридского минера: паразиты, грибы, бактерии или какой-то другой фактор. По симптомам инфекции, к которым относились, например, снижение подвижности, изменение цвета, покрытие грибковым мицелием или конидиями, выделили 11 видов энтомопатогенных грибов, которые относились к 6 родам: *Aspergillus* sp., *Beauveria* sp., *Isaria* sp., *Hirsutella* sp., *Metarhizium* sp. и

Lecanicillium sp. Последние три рода были впервые выделены из чешуекрылых вредителей в Латвии [16].

В 2013–2014 гг. на юго-западе Словакии были собраны и исследованы на грибковую инфекцию 7070 куколок каштановой моли. В целом распространенность грибковых заболеваний была низкой и не превышала 7%, поскольку возбудители были выделены из 319 образцов. Учеными было идентифицировано 2 рода энтомопатогенных грибов – *Beauveria* и *Isaria*, среди которых доминирующим оказался *Beauveria* spp., на долю которого приходилось 84,6% [17].

В насаждениях конского каштана обыкновенного на территории Москвы и Подмосковья выявлено 26 видов грибов, из которых к отряду Ascomycota относится всего 1, к Basidiomycota – 13 и к анаморфным грибам – 12. Большинство из обнаруженных представителей являются эврихорными, некоторые из них – космополиты, например, *Chondrostereum purpureum*, *Irpex lacteus*, *Pleurotus ostreatus*, *Phellinus igniarius*, *Schizophyllum commune*, *Stereum hirsutum*, *Trametes pubescens*, *Tubercularia vulgaris* [18–21].

Пять видов несовершенных грибов (*Coniothyrium australe*, *Dothiorella aesculi*, *Fusicoccum aesculi*, *Phoma hippocastani* и *Phomopsis coneglanensis*) известны только в некоторых странах Европы, включая Украину и прибалтийские государства. Многие из них являются политрофными и способны развиваться на нескольких породах деревьев и кустарников.

Весьма широким кругом питающих растений характеризуются все базидиальные дереворазрушающие грибы, из несовершенных в этой связи следует отметить *Cytospora leucosperma*, *Tubercularia vulgaris* и *Truncatella angustata*.

Согласно данным литературы, 8 выявленных видов связаны в своем развитии только с конским каштаном (*Erysiphe flexuosa*, *Coniothyrium australe*, *Diplodia aesculi*, *Diplodina aesculi*, *Dothiorella aesculi*, *Fusicoccum aesculi*, *Phoma hippocastani*, *Phomopsis coneglanensis*) [20–23].

Среди обнаруженных микромицетов 12 видов грибов ранее не были отмечены на конском каштане обыкновенном и на других представителях рода *Aesculus*. Все они являются политрофными и имеют обширные ареалы, включающие территорию Московской области. Выявленные виды в большинстве своем являются патогенными (21), они инфицируют листья, ветви и стволы, вызывая различные заболевания. Наиболее



значимыми из них, приводящими к заболеванию листьев, являются *Erysiphe flexuosa* и *Phyllosticta sphaerospoidea* [24].

Исследований по грибковым поражениям каштана конского обыкновенного, ассоциированных с охридским минером, в Поволжском регионе не было.

Целью работы являлось определение возможности циркуляции грибов в системе конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L., 1753) – каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986).

Материалы и методы

Работа проводилась с июня по октябрь 2022 г. на базе кафедры микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

В ходе энтомологического исследования А. В. Еремакиной были собраны пробы гусениц (3 поколения насекомых), мин и «здоровых» (без мин) листьев с постоянных точек наблюдения на территории г. Саратова, представленных на рис. 1 [25].

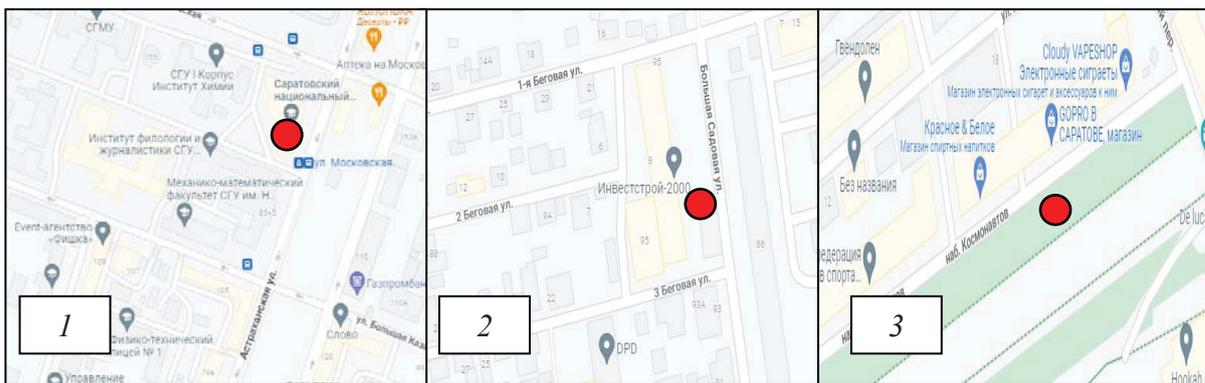


Рис. 1. Места сбора листьев конского каштана в г. Саратове на ул. Астраханской (1), Большой Садовой (2) и Набережной Космонавтов (3)

Fig. 1. Places for collecting horse chestnut leaves in Saratov on Astrakhanskaya street (1), Bolshaya Sadovaya street (2) and Embankment of Cosmonauts (3)

Идентификацию личинок каштановой моли осуществлял доктор биологических наук, заведующий кафедрой морфологии и экологии животных Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского В. В. Аникин.

Энтомологические и микологические исследования полученных проб осуществляли стандартными методами. Идентификацию выделенных грибов проводили на основании изучения их фенотипических свойств по определителю микромицетов [26].

В ходе исследования определяли видовой состав, индекс встречаемости (ИВ) и количественные показатели (КОЕ/г) грибов «здоровых» листьев конского каштана обыкновенного, гусениц каштановой минирующей моли и мин [27–29].

В программе Cluster Analysis рассчитывали коэффициент Жаккара как определение числа видов, общих для двух площадок, выраженное в процентах от общего числа видов.

Результаты исследований

По результатам энтомологического исследования, представленным в табл. 1, степень поражения охридским минером листьев конского каштана обыкновенного в г. Саратове в 2022 г. с I по III поколение выросла в 33,5 раз.

Микологический анализ исследуемых объектов показал, что разнообразие грибов и их численность менялись в зависимости от поколения каштановой моли. Анализ образцов I поколения каштановой моли позволил установить, что в пробах, собранных на улице Астраханской, грибы были выделены только из мин и по результатам идентификации отнесены к роду *Aspergillus* (табл. 2). В образцах, полученных с точки отбора № 2, расположенной на улице Большая Садовая, *Aspergillus niger* был выделен только из здоровых листьев, а из мин – грибы родов *Cladosporium* и *Rhizopus*. В точке отбора № 3, расположенной на Набережной Космонавтов, инфицированными оказались только мины каштановой моли, из которых был выделен 1 вид грибов *Cladosporium*



Таблица 1 / Table 1

**Степень поражения охридским минером листьев конского каштана обыкновенного
на территории г. Саратова**
The degree of damage by the Ohrid miner to the leaves of horse chestnut in the territory of Saratov

г. Саратов / Saratov			
Показатель / Indicator	Степень поражения листьев, % / The degree of damage to the leaves, %		
	ул. Астраханская / Astrakhanskaya St.	ул. Большая Садовая / Bolshaya Sadovaya St.	Набережная Космонав- тов / Embankment of Cosmonauts
I поколение / I generation			
Среднее значение (по 3 деревьям) / Average value (over 3 trees)	1,3	1,5	2
Среднее значение макс. / Avg. Max.	3,90		
Среднее значение мин. / Avg. Min	0,33		
Среднее значение поражения / Avg. Defeat	1,6		
II поколение / II generation			
Среднее значение (по 3 деревьям) / Avg. (over 3 trees)	9,0	16,6	22,2
Среднее значение макс. / Avg. Max.	36,33		
Среднее значение мин. / Avg. Min	3,43		
Среднее значение поражения / Avg. Defeat	15,93		
III поколение / III generation			
Среднее значение (по 3 деревьям) / Avg. (over 3 trees)	51,5	49,1	60,2
Среднее значение макс. / Avg. Max.	72,9		
Среднее значение мин. / Avg. Min	34,7		
Среднее значение поражения / Avg. Defeat	53,6		

herbarum. Количественные показатели микромицетов в точке отбора на улице Астраханская составляли от 10^2 до 3×10^2 КОЕ/г, на улице Большая Садовая варьировали в диапазоне от 10^2 до 10^3 КОЕ/г, а на Набережной Космонавтов были в пределах $2 \cdot 10^2$ КОЕ/г. Индекс встречаемости грибов на всех точках не превышал 20 %.

Таким образом, из проб I поколения каштановой моли было выделено 3 рода грибов (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Rhizopus*), среди которых доминантным являлся род *Aspergillus*. Индекс встречаемости микромицетов находился в диапазоне от 20 до 100%.

Анализ образцов II поколения каштановой моли показал, что в минах, собранных на улице Астраханской, грибы отсутствовали, в здоровых листьях были обнаружены грибы рода *Aspergillus*, а в гусеницах – только грибы рода *Penicillium* (табл. 3). Наибольшее видовое разнообразие выявлено в пробах, полученных с точки отбора

на улице Большая Садовая. Так, из здоровых листьев были выделены два вида микромицетов – *Aspergillus niger* и *Fusarium proliferatum*, из гусениц – *Alternaria alternata*. Однако наибольшее количество видов грибов ($n = 4$) было обнаружено в минах каштановой моли – *Aspergillus niger*, *Rhizopus microsporus*, *Penicillium chrysogenum* и *Rhizopus stolonifer*. Видовое разнообразие образцов, полученных с Набережной Космонавтов было небольшим ($n = 2$), однако грибы рода *Aspergillus* были изолированы из всех исследуемых проб, а из мин также выделялся *Rhizopus stolonifer*. Количественные показатели микромицетов на улице Астраханская варьировали от 10^2 до $2 \cdot 10^2$ КОЕ/г, на улице Большая Садовая и Набережная Космонавтов находились в диапазоне от 10^2 до 10^5 КОЕ/г. Индекс встречаемости в точке отбора № 1 составил 40% для *Aspergillus niger*, в точке отбора № 2 – для всех грибов 20%, тогда как для точки отбора № 3 варьировал от 20 до 60%.



Таблица 2 / Table 2

Видовой состав и количественные показатели грибов I поколения на территории г. Саратова
Species composition and quantitative indicators of fungi I generation in the territory of Saratov

г. Саратов (I поколение) / Saratov (I generation)						
Грибы / Fungi	ул. Астраханская / Astrakhanskaya St.					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Aspergillus flavus</i>	–	–	–	–	3·10 ²	20
<i>Aspergillus niger</i>	–	–	–	–	10 ²	20
Грибы / Fungi	ул. Большая Садовая / Bolshaya Sadovaya St.					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Aspergillus niger</i>	10 ³	20	–	–	–	–
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	–	–	–	–	3·10 ²	20
<i>Rhizopus microsporus</i>	–	–	–	–	10 ²	20
Грибы / Fungi	ул. Набережная Космонавтов / Embankment of Cosmonauts					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Cladosporium herbarum</i>	–	–	–	–	2·10 ²	20

Таблица 3 / Table 3

Видовой состав и количественные показатели грибов II поколения на территории г. Саратова
Species composition and quantitative indicators of fungi II generation in the territory of Saratov

г. Саратов (II поколение) / Saratov (II generation)						
Грибы / Fungi	ул. Астраханская / Astrakhanskaya St.					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Aspergillus flavus</i>	10 ²	20	–	–	–	–
<i>Aspergillus niger</i>	2·10 ²	40	–	–	–	–
<i>Penicillium notatum</i>	–	–	10 ²	20	–	–
Грибы / Fungi	ул. Большая Садовая / Bolshaya Sadovaya St.					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Aspergillus niger</i>	10 ²	20	–	–	5·10 ²	40
<i>Fusarium proliferatum</i>	3·10 ²	20	–	–	–	–
<i>Alternaria alternata</i>	–	–	10 ⁵	20	–	–
<i>Rhizopus microsporus</i>	–	–	–	–	2·10 ²	20
<i>Penicillium chrysogenum</i>	–	–	–	–	2·10 ²	20
<i>Rhizopus stolonifer</i>	–	–	–	–	2·10 ²	20
Грибы / Fungi	Набережная Космонавтов / Embankment of Cosmonauts					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Aspergillus niger</i>	10 ³	40	10 ²	20	5·10 ²	60
<i>Rhizopus stolonifer</i>	–	–	–	–	10 ⁵	20



Таким образом, из исследуемого материала II поколения каштановой моли выделены грибы, которые по результатам идентификации были отнесены к 5 родам (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus*). Среди них, как и при исследовании I поколения каштановой моли, доминантными оказались грибы рода *Aspergillus*.

В образцах III поколения каштановой моли, собранных на улице Астраханской, грибы рода *Aspergillus* были обнаружены во всех исследуемых объектах третьего поколения каштановой минирующей моли, а наибольшее видовое разнообразие плесневых грибов было характерно для гусениц ($n = 8$) (табл. 4).

Таблица 4 / Table 4

Видовой состав и количественные показатели грибов III поколения на территории г. Саратова
Species composition and quantitative indicators of fungi III generation in the territory of Saratov

г. Саратов (III поколение) / Saratov (III generation)						
Грибы / Fungi	ул. Астраханская / Astrakhanskaya St.					
	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
<i>Fusarium oxysporum</i>	10 ⁵	80	2·10 ⁵	80	–	–
<i>Aspergillus fumigatus</i>	5·10 ⁴	100	10 ³	20	10 ⁵	60
<i>Aspergillus parasiticus</i>	10 ³	40	10 ³	20	5·10 ³	20
<i>Aspergillus ochraceus</i>	–	–	5·10 ³	40	–	–
<i>Rhizopus microsporus</i>	–	–	5·10 ²	40	5·10 ²	20
<i>Penicillium janthinellum</i>	–	–	10 ²	20	–	–
<i>Aspergillus terreus</i>	–	–	3·10 ²	20	5·10 ²	20
<i>Aspergillus niger</i>	–	–	10 ²	20	–	–
ул. Большая Садовая / Bolshaya Sadovaya St.						
Грибы / Fungi	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
	<i>Fusarium oxysporum</i>	10 ⁴	40	10 ⁵	60	10 ⁴
<i>Aspergillus fumigatus</i>	10 ⁴	80	2·10 ⁴	20	5·10 ⁴	60
<i>Aspergillus parasiticus</i>	10 ⁵	80	5·10 ³	40	5·10 ⁴	80
<i>Aspergillus ochraceus</i>	10 ³	20	–	–	–	–
<i>Penicillium janthinellum</i>	–	–	10 ²	20	–	–
<i>Penicillium digitatum</i>	10 ³	20	5·10 ²	40	5·10 ³	20
<i>Aspergillus niger</i>	–	–	–	–	5·10 ⁴	20
Набережная Космонавтов / Embankment of Cosmonauts						
Грибы / Fungi	Здоровые листья / Healthy leaves		Гусеницы / Caterpillars		Мины / Mines	
	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %	КОЕ/г / UI/g	ИВ, % / OI, %
	<i>Fusarium oxysporum</i>	5·10 ⁴	60	5·10 ⁴	60	10 ⁵
<i>Aspergillus fumigatus</i>	10 ²	20	–	–	–	–
<i>Aspergillus parasiticus</i>	10 ⁵	100	10 ⁵	40	5·10 ³	40
<i>Penicillium janthinellum</i>	5·10 ²	20	–	–	3·10 ²	20
<i>Penicillium digitatum</i>	10 ³	40	5·10 ³	60	10 ³	40
<i>Fusarium proliferatum</i>	5·10 ³	60	5·10 ³	20	2·10 ³	40
<i>Aspergillus flavus</i>	5·10 ³	20	5·10 ²	20	5·10 ²	20
<i>Aspergillus nidulans</i>	10 ²	20	–	–	–	–
<i>Cladosporium herbarum</i>	–	–	–	–	10 ⁵	20
<i>Aspergillus niger</i>	2·10 ²	40	10 ²	20	10 ³	20



Из всех образцов, полученных с точки отбора на улице Большая Садовая, были выделены грибы родов *Aspergillus* и *Fusarium*. Наиболее разнообразной оказалась микофлора, выделенная со здоровых листьев на Набережной Космонавтов ($n = 9$) и мин ($n = 8$). В точке отбора № 1 максимальная численность была установлена для грибов рода *Aspergillus*, в точке отбора № 2 – родов *Aspergillus* и *Fusarium*, а в точке отбора № 3 – родов *Fusarium*, *Aspergillus* и *Penicillium*. Количественные показатели грибов на всех точках варьировали от 10^2 до 10^5 КОЕ/г. Индекс встречаемости микромицетов в точке № 1 варьировал от 20 до 80%, тогда как в точках № 2 и 3 достигал 100%.

Таким образом, из образцов исследуемого материала III поколения каштановой моли было выделено 5 родов грибов (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*), среди которых доминантными были рода *Aspergillus* и *Fusarium*.

Полученные результаты позволили установить доминирующие виды микромицетов для каждого поколения каштановой моли: для I поколения было характерно доминирование грибов рода *Aspergillus*, для II поколения – родов *Aspergillus* и *Fusarium*, а для III поколения – рода *Fusarium*.

Таким образом, по результатам микологического исследования образцов здоровых листьев, гусениц и мин каштановой моли, полученных с контрольных точек в г. Саратове, всего было выделено 18 видов грибов родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Rhizopus*. Количественные показатели грибов варьировали от 10^2 до 10^5 КОЕ/г. Для грибов были характерны рост общей обсемененности объектов, увеличение видового разнообразия и/или замещение видов.

Статистическую оценку видового и количественного разнообразия грибов конского каштана обыкновенного и гусениц каштановой минирующей моли проводили с использованием кластерного анализа (рис. 2, 3).

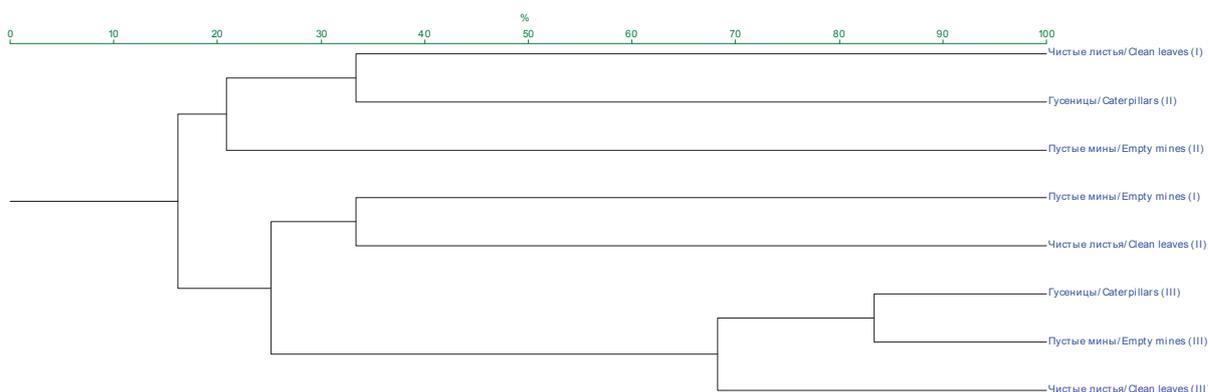


Рис. 2. Сходство видового состава грибов по коэффициенту Жаккара (качественный анализ)
 Fig. 2. Similarity of the species composition of fungi by the Jacquard coefficient (qualitative analysis)

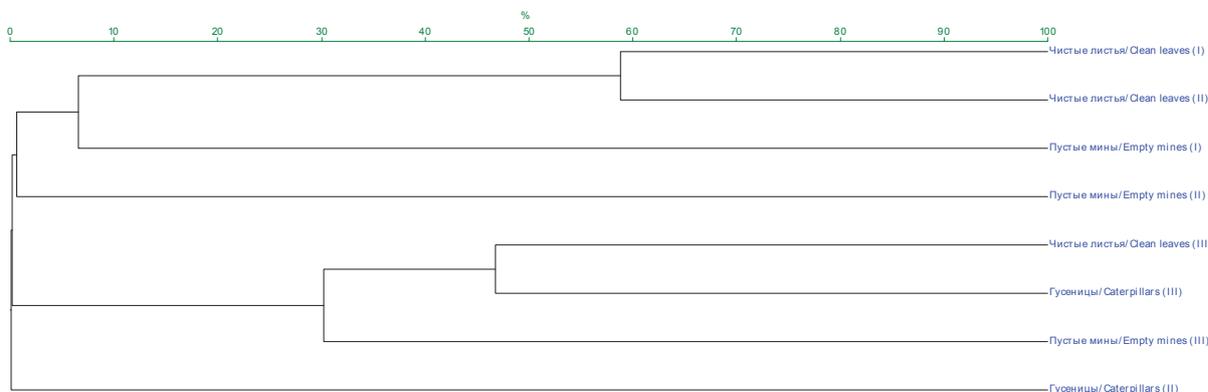


Рис. 3. Сходство количественного состава грибов по коэффициенту Жаккара (количественный анализ)
 Fig. 3. Similarity of the quantitative composition of fungi by the Jacquard coefficient (quantitative analysis)



Наибольшее сходство видового состава микромицетов наблюдали в III поколении у гусениц и мин ($K_f = 83\%$). Здоровые листья третьего поколения моли также имели с ними высокое сродство – 68%.

Кластерный анализ определил наибольший показатель сходства количественного состава грибов между здоровыми листьями конского каштана I и II поколения каштановой моли ($K_f = 59\%$). Пробы здоровых листьев и гусениц третьего поколения были сходны на 48%.

Таким образом, наибольшее сходство видового состава грибов наблюдали в III поколении гусениц охридского минера и листьев, пораженных минером. На основании количественного анализа грибов максимальным сродством обладали здоровые листья конского каштана I и II поколения каштановой моли.

Заключение

Циркуляция грибов в системе конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) – каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella*) является актуальной проблемой во многих городах Европы. Каштаны одни из наиболее предпочитаемых декоративных растений в городских ландшафтах, и их поражение данным инвазивным насекомым может нанести серьезный вред экологической и эстетической стороне городов. Каштановая моль – это фитофаг, который зарекомендовал себя как один из наиболее значимых вредителей каштанов. Она широко распространена на территории г. Саратова и, активно размножаясь, значительно увеличивает численность популяции, что, в свою очередь, приводит к быстрому пожелтению и опаданию листьев конского каштана обыкновенного и в конечном итоге к гибели растения.

Многочисленная эндофитная микофлора в гусеницах охридского минера свидетельствует о том, что насекомые выступают в качестве резервуара и переносчика различных грибов. Кроме того, большое количество микромицетов обнаружено в здоровых листьях растения, на основе чего можно сделать вывод, что каштановая минирующая моль способствует быстрому и направленному распространению грибов, дополнительно заражая листья каштана конского обыкновенного и приводя к развитию грибковых поражений.

Повышение информированности населения и выделение средств на борьбу с каштановой

минирующей молью являются эффективными методами в предотвращении распространения инвазивного вредителя и гибели каштанов. Кроме того, необходимо вести систематическую борьбу против каштановой минирующей моли в местах насаждений каштанов, а также регулярно проводить санитарную обрезку пораженных растений.

Список литературы

1. Лесной вестник. Научно-информационный журнал. Мытищи : Московский государственный университет леса, 2009. Вып. 5. 234 с.
2. Kirichenko N. I. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria // Scientific Reports. 2022. Vol. 12, iss. 1. P. 50–65. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08894-7>
3. Гниненко Ю. И., Мухамадиев Н. С., Ашикбаев Н. Ж. Охридский минер *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) – обнаружение в Центральной Азии // Российский журнал биологических инвазий. 2016. Т. 9, вып. 4. С. 14–18.
4. Аникин В. В., Мосолова Е. Ю. К распространению и экологии каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* на территории г. Саратова в 2019 г. // Энтомологические и паразитические исследования в Поволжье. 2019. Вып. 16. С. 79–84.
5. Голосова М. А., Гниненко Ю. И., Голосова Е. И. Каштановый минер *Cameraria ohridella* – опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения. М. : ВПРС МОББ, МГУЛ, ВНИИЛМ. 2008. 27 с.
6. Зерова М. Д. Каштановая минирующая моль в Украине / науч. ред. И. Г. Плющ. Киев : Велес, 2007. 90 с.
7. Алексакина О. В. Аспекты распространения каштановой минирующей моли в урбанизированных экосистемах в условиях Центрально-черноземного района Российской Федерации // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 3 (15). С. 38–39.
8. Szaboky C. Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Ungarn // Forstschutz Aktuell. 1997. Iss. 21. P. 4.
9. Skuhavy V. Zur Kenntnis der Blattminenmotte *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Lithocolletidae) an *Aesculus hippocastanum* L. in der Tschechischen Republik // Anzeiger für Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz. 1998. Bd. 71. S. 82–84. <https://doi.org/10.1007/BF02770638>
10. Buszko J. Invasive Alien Species Fact Sheet – *Cameraria ohridella*. Web-page, 2006. URL: <https://www.nobanis.org>. (дата обращения: 05.05.2023).
11. Kovacs Z. Megfigyelesek a vadgesztenyelevel – aknazomoly *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986 (Lep., Lithocolletidae) attelelesevel es egyedfe – jlodesevel Kapcsolatban // Novenyvedeiem. 1999. Vol. 35, iss. 2. P. 57–59.
12. Селиховкин А. В., Барышникова С. В., Денисова Н. В. Видовой состав и динамика плотности популяций



- доминирующих чешуекрылых дендрофагов (Lepidoptera) в Санкт-Петербурге и его окрестностях // Энтомологическое обозрение. 2018. Т. 97, вып. 4. С. 617–639. <https://doi.org/10.1134/S0367144518040032>
13. Аникин В. В. Насекомые инвайдеры в Поволжье в XXI веке // Природа Симбирского Поволжья. 2019. Вып. 20. С. 92–97.
 14. Аникин В. В., Аникин Д. Б. Полное заселение охридским минером конского каштана г. Саратова в 2021 году // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2021. Вып. 18. С. 95–101.
 15. Anikin V. Present day bio-invasions in the Volga-Ural Region: from the South to the North or from the East to the West? *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Lower and Middle Volga // *Zootaxa*. 2019. Vol. 4624, № 4. P. 583–588. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.4.9>
 16. Metla Z., Voitekane S., Seškene R. Presence of entomopathogenic fungi and bacteria in Latvian population of horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* // *Acta Biol. Univ. Daugavp.* 2013. Vol. 13, iss. 1. P. 69–76.
 17. Schemmer R., Chládeková P., Medo J. Natural Prevalence of Entomopathogenic Fungi in Hibernating Pupae of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and Virulence of Selected Isolates // *Plant Protect. Sci.* 2016. Vol. 52, iss. 3. P. 199–208. <https://doi.org/10.17221/110/2015-PPS>
 18. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Семейства альбатрелловые, апорпиевые и др. СПб. : Наука, 1998. Вып. 2. 391 с.
 19. Давыдкина Т. А. Стереумовые грибы Советского Союза. Л. : Наука, 1980. 143 с.
 20. Sutton B. C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with ruznidia, acervuli and stromata. England, Commonwealth Mycological Institute, 1980. 696 p.
 21. Farr D. F. Fungi on plants products in the United States – USA, Minnesota : APS PRESS, 1989. 1252 p.
 22. Визначник грибів України. Т. 3. Незавершені гриби / С. Ф. Морочковский и др. Київ : Наукова думка, 1971. 696 с.
 23. Шевченко С. В. Лесная фитопатология. Киев : Вища школа, 1986. 381 с.
 24. Колганихина Г. Б., Соколова Э. С. Фитопатогенные грибы на *Aesculus hippocastanum* L. в Москве и Подмосковье // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. 2013. № 6 (98). С. 112–116.
 25. Голуб В. Б., Цуриков М. Н., Прокин А. А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2012. 339 с.
 26. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель. М. : URSS, 2015. 232 с.
 27. Элкафори А. Б. А. И., Глинская Е. В., Дымнич А. С. Ассоциативные микроорганизмы трофической цепи конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum* L., 1753 – каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 // Исследования молодых ученых в биологии и экологии. 2021. Вып. 17. С. 160–161.
 28. Глинская Е. В., Тарасова А. В., Еремакина А. В. Каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) как резервуар сапрофитных микроорганизмов. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2022. 107 с.
 29. Еремакина А. В., Глинская Е. В. Ассоциативные микроорганизмы трофической цепи конский каштан *Aesculus hippocastanum* – каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* на территории Хвалынского и Саратова в 2021–2022 гг. // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2022. Вып. 19. С. 111–115.

References

1. *Forest Bulletin. Scientific and Informational Journal*. Mytishchi, Moscow State University of Forest, 2009, iss. 5. 234 p. (in Russian).
2. Kirichenko N. I. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, iss. 1, pp. 50–65. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08894-7>
3. Gninenko Yu. I., Mukhamadiev N. S., Ashikbayev N. J. Ohrid miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) – detection in Central Asia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2016, vol. 9, iss. 4, pp. 14–18 (in Russian).
4. Anikin V. V., Mosolova E. Y. On the distribution and ecology of the chestnut mining moth *Cameraria ohridella* on the territory of Saratov in 2019. *Entomological and Parasitological Studies in the Volga Region*, 2019, iss. 16, pp. 79–84 (in Russian).
5. Golosova M. A., Gninenko Yu. I., Golosova E. I. *Kashtanovyi miner Cameraria ohridella – opasnyy karantinnyy vreditel' na ob'yektakh gorodskogo oze-leneniya* [Chestnut miner *Cameraria ohridella* – a dangerous quarantine pest at urban landscaping facilities]. Moscow, VPRS MOBB, MGUL, VNIILM, 2008. 27 p. (in Russian).
6. Plyushch I. G., ed. Zerova M. D. *Kashtanovaya miniruyushchaya mol' v Ukraine* [Chestnut mining moth in Ukraine]. Kiev, Veles, 2007. 90 p. (in Russian).
7. Aleksashkina O. V. Aspects of the spread of the chestnut mining moth in urbanized ecosystems in the conditions of the Central chernozem region of the Russian Federation. *Herald of Rural Development and Social Policy*, 2017, no. 3 (15), pp. 38–39 (in Russian).
8. Szaboky C. Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Ungarn. *Forstschutz Aktueli*, 1997, iss. 21, pp. 4.
9. Skuhavy V. Zur Kenntnis der Blattminenmotte *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Lithocolletidae) an *Aesculus hippocastanum* L. in der Tschechischen Republik. *Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 1998, vol. 71, pp. 82–84. <https://doi.org/10.1007/BF02770638>
10. Buszko J. *Invasive Alien Species Fact Sheet – Cameraria ohridella*. Web-page, 2006. Available at: <https://www.nobanis.org> (accessed May 5, 2023).



11. Kovacs Z. Megfigyelesek a vadgesztenyelevel – aknazomoly *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986 (Lep., Lithocolletidae) attelelesevel es egyedfe – jlodesevel Kapcsolatban. *Novenyvedeiem*, 1999, vol. 35, iss. 2, pp. 57–59.
12. Selikhovkin A.V., Baryshnikova S. V., Denisova N. V. Species composition and population density dynamics of dominant Lepidopteran dendrophages (Lepidoptera) in St. Petersburg and its environs. *Entomological Review*, 2018, vol. 97, iss. 4, pp. 617–639 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0367144518040032>
13. Anikin V. V. Insect invaders in the Volga region in the XXI century. *Nature of the Simbirsk Volga Region*, 2019, iss. 20, pp. 92–97 (in Russian).
14. Anikin V. V., Anikin D. B. Full settlement of the horse chestnut of Saratov by the Ohrid miner in 2021. *Entomological and Parasitological Studies in the Volga Region*, 2021, iss. 18, pp. 95–101 (in Russian).
15. Anikin V. Present day bio-invasions in the Volga-Ural Region: from the South to the North or from the East to the West? *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Lower and Middle Volga. *Zootaxa*, 2019, vol. 4624, no. 4, pp. 583–588. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.4.9>
16. Metla Z., Voitkane S., Sešķēna R. Presence of entomopathogenic fungi and bacteria in Latvian population of horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella*. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 2013, vol. 13, iss. 1, pp. 69–76.
17. Schemmer R., Chládeková P., Medo J. Natural Prevalence of Entomopathogenic Fungi in Hibernating Pupae of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and Virulence of Selected Isolates. *Plant Protect. Sci.*, 2016, vol. 52, iss. 3, pp. 199–208. <https://doi.org/10.17221/110/2015-PPS>
18. Bondartseva M. A. *Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. Semeystva al'batrellovye, aporpiyevye i dr.* [Determinant of mushrooms of Russia. The order is aphyllophorous. Families Albatrellaceae, aporpia, etc.]. Saint Petersburg, Nauka, 1998, iss. 2. 391 p. (in Russian).
19. Davydkina T. A. *Stereumovye griby Sovetskogo Soyuz* [Stereum mushrooms of the Soviet Union]. Leningrad, Nauka, 1980. 143 p. (in Russian).
20. Sutton B. C. *The Coelomycetes. Fungi imperfecti with rycnidia, acervuli and stromata*. England, Commonwealth Mycological Institute, 1980. 696 p.
21. Farr D. F. *Fungi on plants products in the United States – USA*. Minnesota, APS PRESS, 1989. 1252 p.
22. *Visnachnik gribiv Ukrapni. Vol. 3. Nezavisimeni gribi* [Determinant of Mushrooms of Ukraine. Vol. 3. Unfinished Mushrooms]. C. F. Morochkovsky et al. Kyiv, Naukova dumka, 1971. 696 p. (in Ukrain).
23. Shevchenko S. V. *Lesnaya fitopatologiya* [Forest Phytopathology]. Kiev, Vysshaya shkola, 1986. 381 p. (in Russian).
24. Kolganikhina G. B., Sokolova E. S. Phytopathogenic fungi on *Aesculus hippocastanum* L. in Moscow and the Moscow region. *Bulletin of MGUL – Lesnoy vestnik*, 2013, no. 6 (98), pp. 112–116 (in Russian).
25. Golub V. B., Tsurikov M. N., Prokin A. A. *Kollektsii nasekomykh: sbor, obrabotka i khraneniye materiala* [Collections of insects: Collection, processing and storage of material]. Moscow, KMK Scientific Press, 2012. 339 p. (in Russian).
26. Blagoveshchenskaya E. Y. *Fitopatogennyye mikromitsety: uchebnyy opredelitel'* [Phytopathogenic micromycetes: educational determinant]. Moscow, URSS, 2015. 232 p. (in Russian).
27. Elkafori A. B. A. I., Glinskaya E. V., Dymnich A. S. Associative microorganisms of the trophic chain horse chestnut *Aesculus hippocastanum* L., 1753 – chestnut mining moth *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986. *Studies of Young Scientists in Biology and Ecology*, 2021, iss. 17, pp. 160–161 (in Russian).
28. Glinskaya E. V., Tarasova A. V., Eremakina A. V. *Kashtanovaya miniruyushchaya mol' Cameraria ohridella Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) kak rezervuar saprofitnykh mikroorganizmov* [Chestnut mining moth *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) as a reservoir of saprophytic microorganisms]. Moscow, KMK Scientific Press, 2022. 107 p. (in Russian).
29. Eremakina A. V., Glinskaya E. V. Associative microorganisms of the trophic chain horse chestnut *Aesculus hippocastanum* – chestnut mining moth *Cameraria ohridella* on the territory of Khvalynsk and Saratov in 2021–2022. *Entomological and Parasitological Studies in the Volga Region*, 2022, iss. 19, pp. 111–115 (in Russian).

Поступила в редакцию 25.06.2023; одобрена после рецензирования 30.06.2023; принята к публикации 05.07.2023
The article was submitted 25.06.2023; approved after reviewing 30.06.2023; accepted for publication 05.07.2023