

## ПЕРОРАЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ $\delta$ -ЭНДОТОКСИНА *BACILLUS THURINGIENSIS* ДЛЯ МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ

### ORAL TOXICITY OF *BACILLUS THURINGIENSIS* $\delta$ -ENDOTOXIN ON HONEY BEES

**Ключевые слова:** *Bacillus thuringiensis*,  $\delta$ -эндотоксин, восковая моль, личинки, медоносная пчела, острая пероральная токсичность.

Большая восковая моль (*Galleria mellonella*) – опасный вредитель пчел. Сожительство с ним приводит к замедлению процесса производства продукции пчеловодства, гибели пчелосемей, что является причиной значительного ущерба. В лабораторных условиях исследовали действия 3 образцов аспорового опытного препарата против восковой моли на основе штамма *Bacillus thuringiensis* RCAM 00045 в виде очищенного и активированного  $\delta$ -эндотоксина. Острую пероральную токсичность изучали методом группового скармливания пчелам сахарного сиропа, содержащего  $\delta$ -эндотоксин в концентрациях 500, 1000 и 2000 мкг/мл, согласно Методическим рекомендациям «Экологическая оценка пестицидов», а также ГОСТ 33038-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Пчелы медоносные: тест на острую пероральную токсичность». В работе использовали пчел карпатской породы. Учитывали влияние  $\delta$ -эндотоксина на поведенческие реакции, наличие или отсутствие погибших пчел. Полученные данные свидетельствуют, что дозы  $\delta$ -эндотоксина: 500, 1000 и 2000 мкг/мл не являются токсичными для пчел при пероральном воздействии. Летальная доза вещества LD<sub>50</sub> при определении пероральной токсичности лежит выше значения 20 мкг/пчелу, летальная концентрация LK<sub>50</sub> выше 2000 мкг/мл. Естественная незначительная гибель пчел, отсутствие изменений в их поведенческих реакциях позволяет сделать заключение, что препарат не представляет опасности для пчел в указанных концентрациях. Данные, полученные в ходе исследования опытного аспорового препарата против восковой моли на токсичность, необ-

ходимы для обоснования мероприятий по борьбе с восковой молью и защите пчел от отравлений.

**Keywords:** *Bacillus thuringiensis*,  $\delta$ -endotoxin, greater wax moth larvae, honey bees, acute oral toxicity.

The greater wax moth (*Galleria mellonella*) is a dangerous pest for honey bees. Its presence may inhibit honey bee production, lead to the death of bee colonies and significant damage to beekeeping operations. In this study, we investigated the effects of three different samples of an experimental product based on the bacterium *Bacillus thuringiensis* strain RCAM 00045 in the form of purified and activated delta-endotoxins on honey bees in laboratory conditions. We studied the acute oral toxicity of these products by feeding bees with sugar syrup containing delta-endotoxin at different concentrations (500 mcg ml, 1000 mcg ml, and 2000 mcg ml) according to the guidelines for environmental evaluation of pesticides and the GOST standard for testing chemical product environmental hazards for honey bees. Carpathian honey bees were used for the experiments. We observed the behavioral reactions of the bees and recorded the presence or absence of any dead bees after exposure to the different concentrations of delta-endotoxin. The data obtained indicated that the doses of  $\delta$ -endotoxin of 500 mcg ml, 1000 mcg ml and 2000 mcg ml were not toxic to bees when administered orally. The lethal dose (LD<sub>50</sub>) of the substance when determining the oral toxicity was above the value of 20 mcg per bee, and the lethal concentration (LC<sub>50</sub>) was above 2,000 mcg ml. Natural insignificant mortality of bees and the absence of changes in their behavioral reactions allowed concluding that the drug did not pose a threat to bees at these concentrations. The data from the study of the experimental product against wax moth regarding its toxicity were necessary to justify the measures to control wax moth infestation and protect bees against poisoning.

Лаврушина Любовь Анатольевна, науч. сотр., ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: dalznivilabmicro@mail.ru.

Lavrushina Lyubov Anatolevna, Researcher, Far East Zone Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: dalznivilabmicro@mail.ru.

**Шульга Ирина Станиславовна**, к.б.н., вед. науч. сотр., ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: shulga-1975@mail.ru.

**Остякова Марина Евгеньевна**, д.б.н., доцент, директор, ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: dalznividv@mail.ru.

**Shulga Irina Stanislavovna**, Cand. Bio. Sci., Leading Researcher, Far East Zone Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: shulga-1975@mail.ru.

**Ostyakova Marina Evgenyevna**, Dr. Bio. Sci., Assoc. Prof., Director, Far East Zone Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: dalznividv@mail.ru.

## Введение

В Амурской области имеются благоприятные природные условия для занятия пчеловодством: климатические условия и медоносная растительность. Однако эти же условия способствуют размножению вредителей медоносных пчел, таких как большая восковая моль (*Galleria mellonella*). Её личинки повреждают пчелиные семьи, снижая продуктивность, уничтожая расплод, в конечном итоге, приводя к брошенным ульям [1, 2].

Борьба с личинками большой восковой моли с помощью химических инсектицидов чревата рисками: развитие резистентности у насекомых, загрязнение продуктов питания, ущерб для экологии и здоровья людей [3, 4].

В органическом пчеловодстве для борьбы с большой восковой молью (*Galleria mellonella*) вместо химикатов применяют биоинсектициды. Эти экологически безопасные препараты содержат спорообразующие бактерии, такие как *Bacillus thuringiensis*, или продукты их жизнедеятельности. Они избирательно уничтожают личинок моли, не причиняя вреда людям и животным, и отличаются высокой эффективностью [5-7].

Особенностью *B. thuringiensis* является способность синтезировать кристаллические включения при споруляции [8]. Эти включения состоят из гликопротеинов, известны как  $\delta$ -эндотоксины, их рассматривают как главные токсины биоинсектицидов [9]. Поскольку большая восковая моль относится к отряду чешуекрылых, токсины *B. thuringiensis* демонстрируют энтомоцидную и лярвицидную активность против неё [10, 11].

Научные сотрудники ДальЗНИВИ разработали улучшенный биоинсектицид против большой восковой моли на основе запатентованного штамма *Bacillus thuringiensis* RCAM 00045. Препарат содержит очищенный и активированный  $\delta$ -эндотоксин, который оказывает свое действие, попадая в кишечник вредителя. Применяют его непосредственно на сотах [12].

Препараты на основе *B. thuringiensis* относят к малоопасным, они не обладают прямым токсическим действием в отличие от химических инсектицидов [13]. Однако для практического применения необходимы данные по изучению токсичности в целях защиты медоносных пчел от отравлений [14].

**Задача** исследования – изучить острую пероральную токсичность различных концентраций  $\delta$ -эндотоксина в отношении медоносной пчелы.

## Объекты и методы

В лабораторном эксперименте исследовалась инсектицидная активность очищенного и активированного  $\delta$ -эндотоксина против восковой моли (аспоровая форма). Для этого были созданы образцы опытного препарата. Группы из 10 пчел содержали в хорошо вентилируемых садках при 23-25°C и влажности до 70%. Корм (50%-ный сахарный сироп) и вода были предоставлены без ограничений, обновлялись ежедневно. Условия содержания соответствовали общепринятым стандартам [15].

Для оценки острой пероральной токсичности пчелам скармливали сахарный сироп с различными концентрациями  $\delta$ -эндотоксина (500, 1000 и 2000 мкг/мл). Контрольная группа получала чистый сахарный сироп, без добавок (табл. 1). В работе использовали пчел карпатской породы из одной семьи без признаков заболеваний.

В течение двух часов создавали условия голодания пчел. Затем в садки с пчелами помещали кормушки с тестируемой дозой  $\delta$ -эндотоксина в сахарном сиропе, который через 4 ч заменяли на чистый 50%-ный сахарный сироп без добавок  $\delta$ -эндотоксина. Фиксировали количество потребленного испытуемого корма на группу. Смертность пчел учитывали спустя 4 ч после начала теста и далее 24, 48, 72 и 96 ч после того момента, когда сироп с  $\delta$ -эндотоксином был заменен на чистый раствор сахарозы.

Учитывали влияние препарата на поведенческие реакции, наличие или отсутствие погибших

пчел. Эксперимент проведен в трех повторностях. Количество пчел в каждой группе по 10 шт.

Таблица 1

**Концентрация  $\delta$ -эндотоксина *B. thuringiensis* при пероральном способе воздействия**

Группа	Доза $\delta$ -эндотоксина в 50%-ном растворе сахарозы, мкг/мл
Контроль	-
Опыт 1	500
Опыт 2	1000
Опыт 3	2000

**Результаты и их обсуждение**

Расход корма на группу пчел находился на уровне 0,1 мл или 0,01 мл на одну пчелу. Таким образом, средняя доза  $\delta$ -эндотоксина в группе опыт 1 составила 5 мкг на одну пчелу, в группе опыт 2 – 10 мкг/пчелу и опыт 3 – 20 мкг/пчелу (табл. 2).

Общая летальность пчел в испытываемых группах через 96 ч эксперимента составила: контроль – 10%, опыт 1 – 13,3%, опыт 2 – 6,7% и опыт 3 – 13,3%. Смертность пчел при изучении испытываемых доз  $\delta$ -эндотоксина не достигла уровня 50%.

Исследование показало, что добавление  $\delta$ -эндотоксина в сахарный сироп для пчел в кон-

центрациях 500, 1000 и 2000 мкг/мл не вызвало статистически значимого увеличения смертности по сравнению с контрольной группой. Кроме того, при использовании концентрации 1000 мкг/мл смертность даже была ниже, чем в контроле, а при концентрациях 500 и 2000 мкг/мл наблюдалось лишь незначительное повышение смертности.

Нарушений координации движений, естественного расположения тела, наличие рвоты или поноса, паралича крыльев, ног и иных проявлений токсического действия в опытных и контрольной группах на протяжении всего эксперимента не зафиксировано.

Таблица 2

**Оценка действия острой пероральной токсичности  $\delta$ -эндотоксина в отношении *Apis mellifera***

Группа	Концентрация $\delta$ -эндотоксина, мкг/мл	Расход корма на группу	Часы после воздействия	Гибель пчел в каждой повторности, шт.			Гибель по группе, с нарастающим итогом n=30	
				№ 1 n=10	№ 2 n=10	№ 3 n=10	шт.	%
Контроль	-	0,10±0,003	4	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-
			48	-	-	-	-	-
			72	-	-	2	2	6,7
			96	-	1	-	3	10
Опыт 1	500	0,10±0,005	4	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-
			48	-	1	-	1	3,3
			72	1	-	1	3	10,0
			96	-	-	1	4	13,3
Опыт 2	1000	0,10±0,003	4	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-
			48	-	-	-	-	-
			72	1	-	1	2	6,7
			96	-	-	-	2	6,7
Опыт 3	2000	0,10±0,006	4	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-
			48	-	-	1	1	3,3
			72	-	1	-	2	6,7
			96	2	-	-	4	13,3

Таким образом, однократное скормливание  $\delta$ -эндотоксина в дозах 5, 10 и 20 мкг/пчелу не вызывало негативных поведенческих реакций и отрицательного влияния на выживаемость пчел. LD50 (доза, летальная для 50% пчел) при оральном воздействии превышает 20 мкг/пчелу.

В целом, сведений о токсическом влиянии *B. thuringiensis* и его токсинов на пчел в доступных нам литературных источниках нашлось незначительно.

Исследование Г.С. Мишуковской и соавторов не показало острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж (содержащего бактерии *B. thuringiensis subsp. aizawai*, штамм 12К, и *B. thuringiensis subsp. thuringiensis*, штамм ВНИИВЭА-177) для медоносных пчел при пероральном воздействии [16].

В исследовании G. Libardoni с соавторами изучалось воздействие коммерческих биоинсектицидов на основе *B. thuringiensis* на африканизированных медоносных пчел. Биоинсектициды добавляли в корм пчел, после чего оценивали выживаемость, поведение и гистологию средней кишки. Результаты показали безопасность препаратов: выживаемость, поведение пчел и структура ворсинок средней кишки не изменились [17].

Исследование D. Yi с соавторами показало, что воздействие пыльцы трансгенной капусты, содержащей инсектицидный белок *B. thuringiensis*, не оказало значимого негативного влияния на итальянских медоносных пчел. Пчелы, получавшие пыльцу в смеси с сахарным сиропом, не демонстрировали снижения выживаемости, изменения потребления пыльцы, веса тела или активности ферментов пищеварительной системы по сравнению с контрольной группой. Авторы считают маловероятными негативные последствия употребления этой пыльцы для пчел [18].

### Заключение

Исследования по изучению острой пероральной токсичности  $\delta$ -эндотоксина показали, что однократное скормливание пчелам доз 5, 10 и 20 мкг/пчелу не повлекло за собой негативных последствий для их поведения и выживаемости. Полученные данные свидетельствуют, что летальная доза LD50 превышает 20 мкг/пчелу, летальная концентрация – выше 2000 мкг/мл.

Полученные данные по изучению пероральной токсичности различных концентраций  $\delta$ -эндотоксина в отношении медоносной пчелы в целом согласуются с опубликованными данными отечественных и зарубежных исследователей.

### Библиографический список

1. Ширяев, А. В. Восковая моль: от паразита до сельскохозяйственного животного / А. В. Ширяев. – Текст: непосредственный // Пчеловодство. – 2023. – № 10. – С. 42-45.
2. Пересторонина, В. Р. Большая восковая моль - целитель или вредитель? / В. Р. Пересторонина. – Текст: непосредственный // Время науки. – 2023. – № 4-2. – С. 22-24.
3. Антифунгальная и антибактериальная активность бактерий штаммов *Bacillus thuringiensis* против фитопатогенных микроорганизмов / И. Х. Мардонов, Н. Ш. Азимова, С. Ш. Тураева [и др.]. – DOI 10.32743/UniChem.2021.90.12.12705. – Текст: непосредственный // Universum: химия и биология. – 2021. – № 12-1 (90). – С. 23-28.
4. Изучение ларвицидной активности производных гетариламмония / К. В. Липатников, Ф. В. Собин, Н. А. Пулина, И. П. Рудакова. – Текст: непосредственный // Фармация. – 2017. – Т. 66, № 4. – С. 45-47.
5. Глазунова, Н. Н. Биологическая эффективность биоинсектицидов в системе защиты озимой пшеницы от вредителей / Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина, А. В. Хомутова. – Текст: непосредственный // Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества: материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные вопросы энтомологии» к 15-летию Ставропольского отделения Русского энтомологического общества РАН, Ставрополь – Михайловск, 30-31 октября 2019 г. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью «Ставропольское издательство «Параграф», 2019. – Т. 15. – С. 113-120.
6. Инсектицидные свойства *Bacillus thuringiensis var. israelensis*. сообщение 1: спектр действия ларвицидного препарата на основе производственного штамма 7-1/23А / В. П. Ермолова, С. Д. Гришечкина, А. М. Рахман [и др.]. – DOI 10.15389/agrobiology.2019.6.1267rus. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйствен-

ная биология. – 2019. – Т. 54, № 6. – С. 1267-1280.

7. Долженко, Т. В. Бактериальные инсекто-акарициды для защиты растений: изучение и перспективы применения / Т. В. Долженко. – DOI 10.36305/2712-7788-2021-3-160-50-62. – Текст: непосредственный // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2021. – № 3(160). – С. 50-62.

8. Полифункциональные свойства производственного штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 800/15 / С. Д. Гришечкина, В. П. Еромова, Т. К. Коваленко [и др.]. – DOI 10.15389/agrobiology.2019.3.494rus. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 3. – С. 494-504.

9. Перспективные свойства *Bacillus thuringiensis* и направления их использования для защиты растений / Р. М. Хайруллин, А. В. Сорокань, В. Ф. Габдрахманова, И. В. Максимов. – DOI 10.31857/S0555109923040074. – Текст: непосредственный // Прикладная биохимия и микробиология. – 2023. – Т. 59. – № 4. – С. 337-354.

10. Восприимчивость разных видов чешуекрылых насекомых к штамму *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* / И. В. Андреева, Е. И. Шаталова, Г. В. Калмыкова [и др.]. – DOI 10.26898/0370-8799-2019-6-5. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49, № 6. – С. 44-52.

11. Бондарчук, Е. Ю. Изучение влияния новых штаммов бактерий *Bacillus thuringiensis* в отношении представителей отряда Lepidoptera / Е. Ю. Бондарчук, А. М. Асатулова. – Текст: непосредственный // Защита растений от вредных организмов: материалы IX Международной научно-практической конференции, Краснодар, 17-21 июня 2019 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2019. – С. 35-36.

12. Лаврушина, Л. А. Изучение патогенных свойств аспорой формы препарата на основе *Bacillus thuringiensis* против *Galleria mellonella* / Л. А. Лаврушина, М. Е. Остякова, И. С. Шульга. – DOI 10.24412/2074-5036-2024-464-53-56. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2024. – № 4 (64). – С. 53-56.

13. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации. Часть 1. Пестициды. – Москва: Минсельхоз России, 2023. – 867 с. – Текст: непосредственный.

14. Экологическая оценка пестицидов: методические рекомендации / под общей редакцией В. С. Горбатова, Р. С. Аптикаева, А. А. Астайкиной, Е. В. Каравановой. – Москва: МАКС Пресс, 2023. – 144 с. – Текст: непосредственный.

15. ГОСТ 33038-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Пчелы медоносные: тест на острую пероральную токсичность. – Москва: Стандартиформ, 2019. – 10 с. – Текст: непосредственный.

16. Оценка острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж для пчелы медоносной *Apis mellifera mellifera* L. / Г.С. Мишуковская, Д.В. Шелехов, М.Г. Гиниятуллин, А.В. Андреева. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2023. – № 4. – С. 21-26.

17. Libardoni, G., Neves, P. M. O. J., Abati, R., et al. (2021). Possible interference of *Bacillus thuringiensis* in the survival and behavior of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific reports*, 11(1), 3482. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82874-1>.

18. Yi, D., Fang, Z., Yang, L. (2018). Effects of Bt cabbage pollen on the honeybee *Apis mellifera* L. *Scientific Reports*, 8(1), 482. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18883-w>.

## References

1. Shiriaev, A. V. Voskovaia mol: ot parazita do selskokhoziaistvennogo zhivotnogo / A. V. Shiriaev // Pchelovodstvo. – 2023. – No. 10. – S. 42-45.

2. Perestoronina, V.R. Bolshaia voskovaia mol – tselitel ili vreditel? / V.R. Perestoronina // Vremia nauki. – 2023. – No. 4-2. – S. 22-24.

3. Antifungalnaia i antibakterialnaia aktivnost bakterii shtammov *Bacillus thuringiensis* protiv fitopatogennykh mikroorganizmov / I.Kh.u. Mar-donov, N.Sh.k. Azimova, S.Sh.k. Turaeva [i dr.] // Universum: khimiia i biologii. – 2021. – No. 12-1 (90). – S. 23-28. – DOI 10.32743/UniChem.2021.90.12.12705.

4. Izuchenie larvitsidnoi aktivnosti proizvodnykh getarilammonii / K. V. Lipatnikov, F. V. Sobin, N. A. Pulina, I. P. Rudakova // *Farmatsiia*. – 2017. – T. 66. – No. 4. – S. 45-47.
5. Glazunova, N. N. Biologicheskaya effektivnost bioinsektitsidov v sisteme zashchity ozimoi pshenitsy ot vreditel'ei / N. N. Glazunova, Iu. A. Bezgina, A. V. Khomutova // *Trudy Stavropol'skogo o tomologicheskogo obshchestva: Materialy XII Mezhdunarodnoi tseleniia Russkogo nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii "Aktualnye voprosy entomologii" K 15-letiiu Stavropol'skogo otdeleniia Russkogo entomologicheskogo obshchestva RAN, Stavropol - Mikhailovsk, 30–31 oktiabria 2019 goda. Vyp. 15. – Stavropol - Mikhailovsk: OOO "Stavropol'skoe izdatel'stvo "Paragraf", 2019. – S. 113-120.*
6. Insektitsidnye svoystva *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. Soobshchenie 1: spektr deystviia larvitsidnogo preparata na osnove proizvodstvennogo shtamma 7-1/23A / V. P. Ermolova, S. D. Grishechkina, A. M. Rakhman [i dr.] // *Selskokhoziaistvennaya biologiya*. – 2019. – T. 54, No. 6. – S. 1267-1280. – DOI 10.15389/agrobiologiya.2019.6.1267rus.
7. Dolzhenko, T. V. Bakterialnye insektoakartsidy dlia zashchity rastenii: izuchenie i perspektivy primeneniia / T. V. Dolzhenko // *Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriia, innovatsii*. – 2021. – No. 3 (160). – S. 50-62. – DOI 10.36305/2712-7788-2021-3-160-50-62.
8. Polifunktsionalnye svoystva proizvodstvennogo shtamma *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 800/15 / S. D. Grishechkina, V. P. Ermolova, T. K. Kovalenko [i dr.] // *Selskokhoziaistvennaya biologiya*. – 2019. – T. 54, No. 3. – S. 494-504. – DOI 10.15389/agrobiologiya.2019.3.494rus.
9. Perspektivnye svoystva *Bacillus thuringiensis* i napravleniia ikh ispolzovaniia dlia zashchity rastenii / R. M. Khairullin, A. V. Sorokan, V. F. Gabdrakhmanova, I. V. Maksimov // *Prikladnaya biokhimiia i mikrobiologiya*. – 2023. – T. 59. – No. 4. – S. 337-354. – DOI 10.31857/S0555109923040074.
10. Vospriimchivost raznykh vidov cheshuekrylykh nasekomykh k shtammu *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* / I. V. Andreeva, E. I. Shatalova, G. V. Kalmykova [i dr.] // *Sibirskii vestnik selskokhoziaistvennoi nauki*. – 2019. – T. 49, No. 6. – S. 44-52. – DOI 10.26898/0370-8799-2019-6-5.
11. Bondarchuk, E. Iu. Izuchenie vliianiia novykh shtammov bakterii *Bacillus thuringiensis* v otnoshenii predstavitelei otriada *Lepidoptera* / E. Iu. Bondarchuk, A. M. Asaturova // *Zashchita rastenii ot vrednykh organizmov: Materialy IX mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Krasnodar, 17–21 iuniia 2019 g. – Krasnodar: Kubanskii GAU imeni I.T. Trubilina, 2019. – S. 35-36.*
12. Lavrushina, L.A. Izuchenie patogennykh svoystv asporoi formy preparata na osnove *Bacillus thuringiensis* protiv *Galleria mellonella* / L.A. Lavrushina, M.E. Ostiakova, I.S. Shulga. – Tekst: neposredstvennyi // *Aktualnye voprosy veterinarnoi biologii*. – 2024. – No 4(64). – S. 53-56. – DOI 10.24412/2074-5036-2024-464-53-56.
13. Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh dlia primeneniia na territorii Rossiiskoi Federatsii. Chast 1. Pestitsidy. Moskva: Minselkhoz Rossii, 2023. – 867 s.
14. Ekologicheskaya otsenka pestitsidov: metodicheskie rekomendatsii / pod obshchei redaktsiei V.S. Gorbatoeva, R.S. Aptikaeva, A.A. Astaikinoi, E.V. Karavanovoi. – Moskva: MAKSPress, 2023. – 144 s.
15. GOST 33038-2014. Metody ispytaniia khimicheskoi produktsii, predstavliaiushchei opasnost dlia okruzhaiushchei sredy. Pchely medonosnye: test na ostruiu peroralnuiu toksichnost. – Moskva: Standartinform, 2019. – 10 s.
16. Otsenka ostroi toksichnosti bioinsektitsida Turinbash-Zh dlia pchely medonosnoi *Apis mellifera mellifera* L. / G.S. Mishukovskaya, D.V. Shelekhov, M.G. Giniyatullin, A.V. Andreeva // *Agrarnaya nauka*. – 2023. – No. 4. – S. 21-26. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26.
17. Libardoni, G., Neves, P. M. O. J., Abati, R., et al. (2021). Possible interference of *Bacillus thuringiensis* in the survival and behavior of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific reports*, 11(1), 3482. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82874-1>.
18. Yi, D., Fang, Z., Yang, L. (2018). Effects of Bt cabbage pollen on the honeybee *Apis mellifera* L. *Scientific Reports*, 8(1), 482. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18883-w>.

