

УДК 57.574.2

КРИТИЧЕСКИЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ В ТЕЛЕ ПЧЕЛ (*Apis mellifera* L.), МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ИХ ПОВЕДЕНИЕ

© 2019 г. Е. К. Еськов¹, *, М. Д. Еськова¹

¹Российский государственный аграрный заочный университет, Балашиха, Московская обл., Россия

*E-mail: ekeskov@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.06.2018 г.

После доработки 16.06.2018 г.

Принята к публикации 03.07.2018 г.

Порог чувствительности пчел к свинцу в 50–60%-ном растворе сахарозы находится на уровне 5 ± 1 мг/л, к кадмию – 0.2 ± 0.05 мг/л. Немотивированные слеты пчел в осенне-зимний период и отказ от потребления ими корма при содержании в садках обуславливаются критическими уровнями накопления свинца или кадмия в головных и брюшных отделах. Аномалии запрограммированного и модифицируемого поведения пчел происходят при накоплении в головных отделах 1.6–1.8 мг/кг свинца или 0.5–0.8 мг/кг кадмия. В брюшных отделах накопление этих поллютантов всегда поддерживается на более высоких уровнях, достигающих 8.8–10.4 мг/кг свинца и 1.8–2.4 мг/кг кадмия.

Ключевые слова: медоносная пчела, толерантность, мед, цветочная пыльца, пороги чувствительности, критические уровни накопления свинца и кадмия, аномалии поведения

DOI: 10.1134/S0042132419010046

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы повсеместно отмечается специфическая форма гибели пчелиных семей, происходящая преимущественно в осенне-зимний период. При этом все взрослые пчелы семьи поодиночке покидают улей, оставляя запасы корма (Еськов, Еськова, 2018а). Этим осенне-зимние слеты отличаются от летних слетов, которые совершают одновременно все взрослые пчелы, переселяясь вместе с маткой в новое жилище (Еськов, 1992).

Причины осенне-зимних слетов пчелиных семей не имеют убедительного биологического объяснения (Лебедев, 2003; Ильясов и др., 2017; Dainat et al., 2012). Можно предположить, что внешне немотивированные слеты, представляющие собой неизвестные аномалии поведения пчел, порождаются воздействием внешних факторов. К их числу можно отнести возрастающее загрязнение природной среды тяжелыми металлами. Они, поступая в окружающую среду, аккумулируются вегетативными и генеративными органами медоносных растений и далее, распространяясь по трофическим цепям, накапливаются в теле пчел (Еськов, Еськова, 2013; Еськов, Выродов, 2015).

На урбанизированных территориях для временного или постоянного содержания пчелиных семей широко используются участки вблизи автомагистралей. С выхлопами автотранспорта и

трением покрышек движущихся автомобилей об асфальт связано загрязнение почвы и воздуха токсическими веществами (Елшин, 1986), среди которых наибольшую угрозу для пчел представляет свинец и кадмий (Еськов, Еськова, 2018б).

Цель работы – изучение критических уровней накопления свинца и кадмия в головном, грудном, брюшном отделах тела пчел, модифицирующих их поведение неадекватно экологической ситуации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на рабочих пчелах *Apis mellifera* L., содержащихся по 200–350 особей в энтомологических садках и пчелиных семьях, живших в ульях. Пчелиные семьи находились на территориях, существенно различавшихся по загруженности автотранспортом. Кормовой участок одной группы пчелиных семей находился на расстоянии 20–300 м от автомагистрали, загруженностью которой составляла 3.8–4.7 тыс. автомобилей в течение часа, другой – в парковой зоне, удаленной на 220–1500 м от автомобильной дороги. Ее загруженность не превышала 110 автомобилей в течение часа.

Садки с пчелами содержали в суховоздушных термостатах ТС-80, в которых температура поддерживалась на уровне, оптимальном для взрослых особей – $26 \pm 1^\circ\text{C}$ (Еськов, 1992). В контрольных ва-

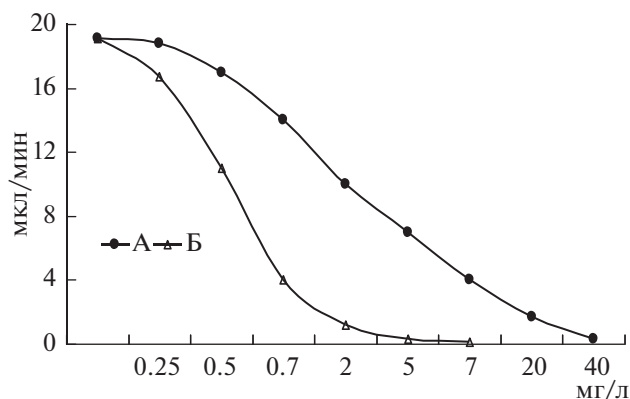


Рис. 1. Зависимость потребления кислорода в пересчете на одну пчелу (мкл/мин) от количества свинца (А) или кадмия (Б) в растворе 60%-ной сахарозы.

риантах пчелы потребляли 60%-ные незагрязненные растворы сахарозы, а в опытных — с водорастворимыми солями свинца ($Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$) или кадмия ($Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$). В качестве кормушек использовали опрокинутые пробирки, укрепляемые в центре потолочин садков (по одной пробирке в каждом садке). Вытекание углеводных растворов из пробирок ограничивалось марлевыми фильтрами.

Влияние разной загрязненности корма свинцом или кадмием на активность метаболизма пчел оценивали по величине дыхательного коэффициента (ДК), для чего садки с пчелами по одному помещали на определенное время в герметически закрытый 4-литровый эксикатор. В нем потребление пчелами кислорода и выделение диоксида углерода контролировали газоанализатором АНК-7664 (Россия). Показатели активности метаболизма пересчитывали на одну особь. Для определения численности пчел, находившихся в садке, их анестезировали диоксидом углерода.

Критические уровни накопления свинца и кадмия определяли на пчелах, которые потребляли растворы сахарозы с относительно высокой загрязненностью этими элементами. За аномалию трофического поведения пчел, содержащихся в садках, принимали прекращение потребления ими корма, что выражалось в миграции от кормушки. После этого пчел препарировали, расчленив на голову, грудь и брюшко, из которого вычленили пищеварительный тракт.

Отделы тела и пищеварительный тракт высушивали до постоянной массы при $102^\circ C$ в терморегулируемом шкафу СНОЛ (Россия). Взвешивания с точностью 0.1 мг осуществляли на электронных весах AF 224RCE (Shinko Denshi, Япония). Высушенные препараты заливали 70%-ной азотной кислотой и минерализовали в герметических фторо-

пластовых сосудах лабораторной СВЧ-печи ПЛП-01М (“Меркурий”, Россия). Содержание свинца и кадмия в минерализатах определяли атомно-адсорбционным методом, для чего использовали анализатор КВАНТ-Z.ЭТА (“КОРТАК”, Россия). Таким же способом определяли содержание этих элементов у пчел, семьи которых содержались в разных экологических условиях, а также в потребляемом ими углеводном и белковом корме.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Чувствительность пчел к загрязнению корма свинцом или кадмием. От количества свинца или кадмия в корме зависело его потребление пчелами, содержащимися в садках, и активность их метаболизма. Потребление чистого 60%-го раствора сахарозы в пересчете на одну пчелу, составляло в среднем 51 ± 4 мкл/ч. При наличии в углеводном растворе 20 мг/л свинца потребление корма уменьшалось вдвое, при 50 мг/л — примерно втрое. Сходные изменения потребления корма происходили при наличии в нем 2 или 5 мг/л кадмия.

Судя по потреблению кислорода, активность метаболизма пчел соответственно увеличению загрязнения корма понижалась. При потреблении чистого корма расход кислорода одной пчелой составлял 18.1 ± 0.92 мкл/мин. Соответственно увеличению содержания свинца в растворе сахарозы до 0.5, 2, 20 и 40 мг/л потребление кислорода уменьшалось в среднем до 17.1 ± 0.87 , 9.86 ± 0.67 , 1.66 ± 0.13 и 0.32 ± 0.05 мкл/мин (рис. 1). Сходный тренд уменьшения потребления кислорода, но на более низком уровне, прослеживался при повышении содержания кадмия в растворе до 0.25, 0.5, 2, и 5 мг/л (рис. 1, Б).

У пчел, потреблявших чистые растворы сахарозы, ДК поддерживался ~ 1 . После потребления в течение 4–5 сут 60%-го раствора сахарозы, в котором содержание свинца составляло 500 мг/л, пчелы мигрировали от кормушки и агрегировались на стенке садка, образуя плотное малоподвижное скопление. В то время, когда эти пчелы жили в течение 2–5 сут за счет внутренних резервов, ДК понижался до 0.79 ± 0.03 . Сходное изменение ДК происходило у пчел после прекращения потребления раствора сахарозы, в котором содержание кадмия находилось на уровне 50 мг/л.

Накопления свинца и кадмия в теле пчел, содержащихся в садках. Пчелы, находившиеся исходно в условиях, отличавшихся по техногенной загрязненности, потребляли разное количество корма с примесями солей свинца или кадмия. Мед в ульях семей, расположенных вблизи загруженной автомагистрали, содержал свинца в 1.5, а кадмия в 2.9 раза больше чем в парковой зоне, а пыльца — соответственно в 1.7 и 1.2 раза (табл. 1).

Таблица 1. Содержание свинца ($M_1 \pm m_1$) и кадмия ($M_2 \pm m_2$) в трофических субстратах, потребляемых пчелами, кормовые участки которых отличались по техногенной загрязненности

| Трофический субстрат | Парковая зона | | На расстоянии 20–300 м от автомагистрали | |
|----------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ |
| Мед | 0.696 ± 0.104 | 0.011 ± 0.002 | 1.066 ± 0.163 | 0.032 ± 0.001 |
| Цветочная пыльца | 5.286 ± 0.567 | 0.091 ± 0.010 | 8.846 ± 1.005 | 0.108 ± 0.006 |

Таблица 2. Аккумуляция свинца в теле пчел (мг/кг), кормовые участки которых отличались по техногенной загрязненности, до начала ($M_1 \pm m_1$) и после прекращения потребления ($M_2 \pm m_2$) 60%-го раствора сахарозы, содержащего 0.5 г/л этого элемента

| Отделы тела и органы пчел | Парковая зона | | На расстоянии 20–300 м от автомагистрали | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------|
| | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ |
| Головной | 0.047 ± 0.015 | 1.713 ± 0.197 | 0.087 ± 0.009 | 1.845 ± 0.267 |
| Грудной | 0.068 ± 0.009 | 1.984 ± 0.261 | 0.302 ± 0.071 | 1.884 ± 0.068 |
| Брюшной* | 0.086 ± 0.016 | 3.464 ± 0.698 | 0.134 ± 0.019 | 3.603 ± 0.718 |
| Зобик | 0.057 ± 0.005 | 1.557 ± 0.198 | 0.073 ± 0.023 | 1.646 ± 0.267 |
| Желудок | 0.113 ± 0.014 | 4.082 ± 0.628 | 0.247 ± 0.042 | 3.962 ± 0.752 |
| Ректум | 0.099 ± 0.0076 | 8.823 ± 1.505 | 0.205 ± 0.019 | 10.441 ± 0.605 |

Примечание. * Без зобика, желудка и ректума, здесь и в табл. 3.

Таблица 3. Аккумуляция кадмия в теле пчел (мг/кг), кормовые участки которых отличались по техногенной загрязненности, до начала ($M_1 \pm m_1$) и после прекращения потребления ($M_2 \pm m_2$) 60%-го раствора сахарозы, содержащего 50 мг/л этого элемента

| Отделы тела и органы пчел | Парковая зона | | На расстоянии 20–300 м от автомагистрали | |
|---------------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------|
| | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ | $M_1 \pm m_1$ | $M_2 \pm m_2$ |
| Головной | 0.0184 ± 0.0045 | 0.5463 ± 0.0492 | 0.0682 ± 0.0118 | 0.7781 ± 0.1075 |
| Грудной | 0.0463 ± 0.0091 | 0.3032 ± 0.0526 | 0.0905 ± 0.0126 | 0.2593 ± 0.0303 |
| Брюшной* | 0.0431 ± 0.0096 | 1.7229 ± 0.2744 | 0.1103 ± 0.0176 | 1.6874 ± 0.2679 |
| Зобик | 0.0173 ± 0.0028 | 1.3422 ± 0.2924 | 0.1082 ± 0.0187 | 1.318 ± 0.0198 |
| Желудок | 0.0556 ± 0.0135 | 0.4449 ± 0.5959 | 0.1279 ± 0.0222 | 0.5032 ± 0.0064 |
| Ректум | 0.0583 ± 0.0134 | 2.0206 ± 0.3807 | 0.1712 ± 0.0321 | 2.266 ± 0.1971 |

От загрязненности корма, потребляемого разными группами пчелиных семей, зависела загрязненность свинцом и кадмием тела пчел. Пчелы из группы семей, находившихся вблизи автомагистрали, по накоплению свинца в разных отделах тела превосходили пчел из парковой зоны примерно в три раза и в органах пищеварительного тракта – в два раза (табл. 2). По накоплению кадмия отделы тела и органы пищеварительного тракта этих пчел различались примерно в три раза (табл. 3).

Независимо от загрязненности корма, потребляемого пчелиными семьями, находившимися в разных экологических условиях – у автомагистрали или в парковой зоне, наименьшим накоп-

лением свинца и кадмия отличались головные отделы, наибольшим – желудка и ректумы. У пчел из семей придорожной зоны ректумы превосходили по накоплению свинца головные отделы в 5.1 раза, а из парковой зоны – в 5.6 раза. По содержанию кадмия у этих групп пчел ректумы превосходили головные отделы соответственно в 2.9 и 3.7 раза.

Потребление корма пчелами, содержащимися в садках, зависело от условий жизни пчелиных семей. Пчелы из семей, кормовые участки которых прилегали к автомагистрали или находились в парковой зоне, прекращали потребление раствора сахарозы с примесью 500 мг/л свинца через 5 или 4 сут соответственно. Активность потребле-

ния корма каждой пчелой из семей первой группы составила 4.2 ± 0.4 , второй — 6.2 ± 0.5 мкл/ч.

Различия по потреблению загрязненного корма отражалось на интенсивности накопления свинца в теле пчел. У тех из них, семьи которых находились у автомагистрали, содержание свинца за 5 сут в головных отделах возрастало в 21.2, в грудных — в 6.2, в брюшных — в 26.8, в зобиках — в 22.5, в желудках — в 16.0 и в ректумах — в 50.9 раза ($p \geq 0.999$). У пчел из парковой зоны эти различия были значительно выше, составляя 36.4, 29.2, 40.3, 27.3, 36.1 и 89.1 раза ($p \geq 0.999$) соответственно (табл. 2).

Пчелы прекращали потребление корма, в котором содержалось 50 мг/л кадмия, в течение суток. За это время каждая пчела из семей, кормовые участки которых находились у автомагистрали, потребила 4.8 ± 0.7 мкл/ч корма, а из парковой зоны — 7.3 ± 1.1 мкл/ч. В результате содержание кадмия в головных отделах пчел первой группы возросло в 11.4, в грудных — в 2.8, в брюшных — в 15.3, в зобиках — в 12.2, в желудках — в 3.9 и в ректумах — в 13.2 раза, а у второй — в 29.7, 6.5, 40.0, 77.6, 8.0 и 34.6 раза ($p \geq 0.999$) соответственно (табл. 3).

После прекращения потребления корма у пчел резко понижалась активность локомоций и метаболизма. В таком состоянии они выживали в течение 3–7 сут, расходуя внутренние резервы.

Поведение пчел, слетавших из ульев в осенне-зимний период. Немотивированные слеты пчелиных семей, содержащихся на техногенно загрязненных территориях, происходят после завершения весенне-летнего периода, в течение которого пчелы находятся в активном состоянии. В пассивный период жизни, начинающийся после того как температура в дневное время суток устанавливается на уровне, не превышающем $5-7^\circ\text{C}$, пчелы агрегируются в гнездовом пространстве, а у матки наступает репродуктивная диапауза (Еськов, 2003).

Слеты пчелиных семей, происходящие в пассивный период их жизни, отличаются от переселений больших групп пчел при социотомии или всех взрослых особей при переселении. Переселению и социотомии пчелиных семей предшествует поиск подходящих мест поселения. Все переселяющиеся пчелы в течение нескольких минут вылетают из улья и собираются невдалеке от него, а затем вместе с маткой улетают в направлении нового жилища, найденного пчелами-квартирмейстерами (Еськов, 1992).

Пчелы, покидавшие гнезда в пассивный период их жизни, вылетали из ульев поодиночке с интервалами от нескольких секунд до минут. Вылетавшие пчелы не задерживались у летка и не совершали ориентировочных облетов. Их полеты напоминали вылеты из улья пчел-фуражиров к

известным им источникам корма. Но в отличие от фуражиров слетавшие пчелы всегда начинали полет по прямолинейной траектории. Затенение летка доской, приставляемой наклонно к передней стенке улья, не приостанавливало начавшийся слет пчел. Однако они не облетали препятствие, а задерживались перед ним и вскоре погибали. В декабре–январе в течение дня между доской и ульем собиралось до 1700–2500 пчел. Все они вскоре впадали в холодное оцепенение и погибали.

На техногенно загрязненных территориях в течение осенне-зимнего периода чаще всего происходил слет отдельных семей и реже — всей пасеки. Слеты отдельных семей происходили в периоды осенне-зимних оттепелей. Слеты одной, реже двух из 10 семей, кормовой участок которых находился на расстоянии 20–300 м от загруженной автомагистрали, происходили в середине зимы при температуре от 0 до 5°C . Слет всех семей, находившихся под наблюдением, произошел в октябре–ноябре при температуре от 3 до 7°C . В течение летнего сезона кормовой участок этих пчелиных семей подвергался интенсивному техногенному загрязнению, что было связано с расширением автомагистрали и возведением эстакады, для чего были использованы тяжелые дорожные машины, выхлопы которых наряду с проходящим транспортом интенсивно загрязняли воздух и медоносную растительность.

В ульях слетевших семей оставалось по 14–21 кг корма (практически полный зимний запас) и от десятков до нескольких сотен погибших пчел. Они образовывали неупорядоченные по размещению в гнездах плотные полусферические скопления на пустых или частично заполненных медом участках сот. В каждом скоплении находилось от 70 до 110 рабочих особей. Наряду с ними на разных участках сот встречалось по одной погибшей пчеле, прикрепившихся ножными коготками к поверхности ячеек. В гнезде одной из семей обнаружено 217 ячеек запечатанного расплода, представленного разновозрастными куколками. Погибших маток в ульях слетевших семей не обнаружено.

Содержание свинца и кадмия в кормовых запасах и теле пчел, оставшихся в слетавших семьях. При массовом слете пчелиных семей в меде, оставшемся в ульях, содержалось около 2.5 мг/кг свинца и 0.3 мг/кг кадмия. В пыльце содержание свинца достигало 21 мг/кг, а кадмия — примерно соответствовало его содержанию в меде (табл. 4). В других экологических ситуациях, когда ульи покидали отдельные пчелиные семьи, содержание свинца в меде находилось на уровне ~ 1 мг/кг, кадмия — 0.03 мг/кг, а в пыльце — 9 мг/кг и 0.11 мг/кг соответственно (табл. 1).

Тело куколок, оставленных в покинутых гнездах слетавших семей, занимало по содержанию

свинца и кадмия промежуточное положение между содержанием этих элементов в меде и пыльце (табл. 4), что соответствует расходованию взрослыми пчелами углеводного и белкового корма на выкармливание расплода. В теле взрослых пчел содержалось в среднем 5.4 ± 0.46 мг/кг свинца и 0.304 ± 0.032 мг/кг кадмия. Как и в других экологических ситуациях, эти элементы неравномерно распределялись в трех отделах тела пчел. Наибольшим содержанием свинца и кадмия отличались брюшные отделы, наименьшим – головные (табл. 4). По содержанию свинца брюшные отделы превосходили головные в 4.77 ($p \geq 0.999$), по кадмию – в 1.97 раза ($p \geq 0.99$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Качество углеводного корма пчелы контролируют рецепторами, расположенными на лабиальных пальцах ротового аппарата. Эти рецепторы обладают низкой чувствительностью к изменениям концентрации углеводных растворов (Bachman, Waller, 1977), но воспринимают наличие в них незначительных примесей хлорида натрия (Еськов, Кострова, 1996).

Реагирование пчел на примеси в углеводном растворе солей свинца и кадмия обеспечивается вкусовыми рецепторами ротовых аппаратов. Порог чувствительности вкусовых рецепторов к соли свинца в растворе сахарозы составляет ~ 0.5 мг/л. К кадмию, токсичность которого для пчел примерно на порядок выше токсичности свинца, порог чувствительности находится на уровне 0.2 ± 0.05 мг/л.

Пчелы, находясь в садках или в ульях в пассивный период жизни пчелиных семей, не имеют возможности освобождать ректумы от поллютантов, что происходит у свободно летающих пчел в процессе экскреции во время очистительных облетов. Поэтому в осенне-зимний период при потреблении загрязненного корма свинцом и/или кадмием в теле пчел происходит аккумуляция этих элементов, неравномерно распределяющихся в отделах тела и пищеварительного тракта.

У пчел, содержащихся в садках, отказ от потребления корма и их немотивированные осенне-зимние слеты из ульев происходят при сходных накоплениях свинца и/или кадмия в головных и брюшных отделах тела. Критический уровень накопления свинца головными отделами, модифицирующий поведение пчел, составляет 1.7 ± 0.09 мг/кг. Большим сходством по накоплению свинца характеризуются также брюшные отделы и/или ректумы пчел. При немотивированных слетах пчел содержание свинца в брюшных отделах, большую часть массы которых составляют ректумы, достигает 8.0–8.2 мг/кг, а в случаях отказа от потребления корма в садках – от 8.8 до 10.4 мг/кг. Уменьшение содержания свинца в брюшных отделах слетав-

Таблица 4. Содержание свинца и кадмия в кормовых запасах и теле пчел (мг/кг), оставшихся в гнездах слетевших пчелиных семей

| Проба | Свинец | Кадмий |
|-------------------|---------------------|-------------------|
| Мед | 2.41 ± 0.548 | 0.31 ± 0.031 |
| Цветочная пыльца | 12.14 ± 0.242 | 0.29 ± 0.049 |
| Куколки | 7.74 ± 0.596 | 0.26 ± 0.023 |
| Отделы тела пчел: | | |
| головной | 1.6993 ± 0.4943 | 0.202 ± 0.044 |
| грудной | 6.4169 ± 0.612 | 0.312 ± 0.031 |
| брюшной | 8.1142 ± 0.5207 | 0.398 ± 0.038 |

ших пчел по отношению к пчелам, содержащимся в садках (в среднем на 18%), объясняется влиянием кадмия, загрязнявшего и мед, и пыльцу.

Вероятно, аномалии запрограммированного и модифицируемого поведения пчел обуславливаются преимущественно накоплением поллютантов в головных отделах. Возрастающей аккумуляцией свинца и/или кадмия в ректумах при невозможности дефекации обеспечивается увеличение этих элементов до критических уровней в головных отделах.

От содержания поллютантов в трофических субстратах, потребляемых пчелами, зависит продолжительность периода от начала их пассивной жизни до совершения немотивированных слетов. Вероятность их смещения от осени на зимний период возрастает с уменьшением содержания свинца и/или кадмия в зимних кормовых запасах и, соответственно, с увеличением времени, необходимого для достижения критических уровней накопления этих элементов в головных и брюшных отделах пчел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предотвращению немотивированных слетов пчелиных семей, содержащихся на техногенно загрязненных территориях, может способствовать замена загрязненных кормовых запасов, потребляемых в течение зимовки. Для этого в гнездах пчелиных семей в конце лета целесообразно изымать кормовые запасы, а пчелам давать на переработку чистый углеводный корм. Пчелиные семьи в состоянии за 2–3 недели перенести в ячейки сот и переработать в зимние кормовые запасы до 20 л 50–60%-го раствора сахарозы.

Поскольку наибольшее количество свинца и кадмия накапливает пыльца, то особенно важно удалять из ульев соты, ячейки которых заполнены пыльцой. Это предотвратит выращивание пчелиными семьями расплода в конце зимовки, замедлит их развитие в начале весны, но обеспечит повышение

жизнеспособности в условиях, неблагоприятных по загрязненности тяжелыми металлами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Московской области в рамках научного проекта № 17-41-500101.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Елиин И.М.* Строителю об охране окружающей природной среды. М.: Стройиздат, 1986. 134 с.
- Еськов Е.К.* Этология медоносной пчелы. М.: Колос, 1992. 336 с.
- Еськов Е.К.* Индивидуальные и социальные адаптации медоносной пчелы к зимовке // Успехи соврем. биол. 2003. Т. 123. № 4. С. 383–390.
- Еськов Е.К., Выродов И.В.* Накопление тяжелых металлов в вегетативных органах, нектаре и пыльце кле-на в условиях урбанизированной территории // Агрехимия. 2015. № 10. С. 71–74.
- Еськов Е.Е., Еськова М.Д.* Накопление свинца и кад-мия в разных органах растений в зависимости от удаленности от автомагистрали // Агрехимия. 2013. № 5. С. 91–95.
- Еськов Е.К., Еськова М.Д.* Миграционное поведение и слеты пчел // Пчеловодство. 2018а. № 7. С. 20–23.
- Еськов Е.К., Еськова М.Д.* Этолого-физиологическое реагирование пчел *Apis mellifera* L. на загрязнение свинцом углеводного корма // Изв. РАН. Сер. биол. 2018б. Т. 45. № 3. С. 322–325.
- Еськов Е.К., Кострова Г.А.* Поведение пчел у источника углеводного корма // Энтомол. обозр. 1996. Т. 75. № 3. С. 553–557.
- Ильясов Р.А., Поскряков А.В., Николенко А.Г.* Семь при-чин смертности семей пчелы *Apis mellifera* в России // Пчеловодство. 2017. № 9. С. 10–14.
- Лебедев В.И.* Причины гибели семей пчел в период осени 2002 г. и зимы 2002–2003 гг. // Пчеловод-ство. 2003. № 5. С. 34–35.
- Bachman W.W., Waller G.D.* Honeybee responses to sugar solution of different compositions // J. Apicult. Res. 1977. V. 16. № 4. P. 165–169.
- Dainat B., Vanengelsdorp D., Neumann P.* Colony collapse disorder in Europe // Env. Microbiol. Rep. 2012. V. 4. P. 123–125.

Critical Levels of Lead and Cadmium Accumulation in Bee (*Apis mellifera* L.) Bodies Modifying Their Behavior

E. K. Eskov¹, *, M. D. Eskova¹

¹Russian State Agrarian Correspondence University, Balashicha, Moscow oblast, Russia

*e-mail: ekeskov@yandex.ru

Received June 16, 2018

Revised June 16, 2018

Accepted July 03, 2018

The threshold of bee sensitivity to lead and cadmium in a 50–60% sucrose solution is at the level of 5 ± 1 and 0.2 ± 0.05 mg/l, respectively. Unmotivated gatherings of bees in the autumn-winter period and their refusal to consume feed when kept in cages are caused by critical levels of lead or cadmium accumulation in the head and abdominal departments. Anomalies of the programmed and modifiable behavior of bees occur with the accumulation of 1.6–1.8 mg/kg of lead or 0.5–0.8 mg/kg of cadmium in the head sections. In the abdominal departments, the accumulation of these pollutants is always maintained at the higher levels reach- ing 8.8–10.4 mg/kg for lead and 1.8–2.4 mg/kg for cadmium.

Keywords: honey bee, tolerance, honey, pollen, thresholds of sensitivity, critical levels of lead and cadmium accumulation, behavioral anomalies