

*А. Б. Третьякова, М. Н. Мукминов, Н. Д. Шамаев*

**ОЦЕНКА ОСТРОЙ КОНТАКТНОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
ИМИДАКЛОПРИДА И ТИАКЛОПРИДА  
В ОТНОШЕНИИ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ:  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ  
И ПОВЕДЕНЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Поступила в редакцию 03.06.2025 г.

Принята к публикации 02.10.2025 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-9

133

**Для цитирования:** Третьякова А. Б., Мукминов М. Н., Шамаев Н. Д. Оценка острой контактной токсичности имидаклоприда и тиаклоприда в отношении медоносных пчел: сравнительный анализ влияния на выживаемость и поведенческую активность // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2025. №4. С. 133–146. doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-9.

Представлены результаты исследования острой контактной токсичности имидаклоприда и тиаклоприда в отношении медоносных пчел (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). В ходе эксперимента оценивались показатели выживаемости и поведенческой активности насекомых в динамике – через 4, 24 и 48 часов после однократного воздействия различных концентраций инсектицидов. Установлено, что оба вещества обладают высокой инсектицидной активностью, однако характер их действия существенно различается. Тиаклоприд проявляет более раннее начало токсического эффекта и гибели пчел, особенно при максимальной концентрации (10 мкг/объект). Имидаклоприд действует с временной задержкой, достигая максимальной эффективности к 48 часам после воздействия. Анализ поведенческой активности выявил угнетающее влияние обоих соединений на центральную нервную систему пчел: имидаклоприд вызывает разнонаправленные реакции, тогда как тиаклоприд демонстрирует стабильное подавление двигательной активности без фазы стимуляции.

**Ключевые слова:** *Apis mellifera*, острая контактная токсичность, неоникотиноиды, имидаклоприд, тиаклоприд

### Введение

Спрос на услуги по опылению культур растет непропорционально росту колоний медоносных пчел, и в скором времени может возникнуть нехватка этих важных насекомых-опылителей. Многочисленные факторы угрожают здоровью медоносных пчел, в том числе потеря среды



обитания, неправильное управление пасекой, использование пестицидов, изменение климата и загрязнение окружающей среды, вредители и патогены [1–9].

Неоникотиноиды представляют собой одну из наиболее широко используемых групп инсектицидов в современной сельскохозяйственной практике благодаря своей высокой эффективности против широкого круга вредных насекомых. Механизм их действия заключается в способности выступать в качестве агонистов никотиновых ацетилхолиновых рецепторов (nAChR). У насекомых они блокируют данные рецепторы и прочно связываются с ними, что может привести к параличу и летальному исходу в зависимости от концентрации вещества. Изучение имидаклоприда и тиаклоприда в контексте применения инсектицидов неоникотиноидного ряда представляет значительный научный интерес по ряду причин, связанных с их широким распространением, уникальными химическими характеристиками и потенциальными рисками для опылителей [10]. Данные соединения относятся к числу наиболее широко используемых представителей данного класса пестицидов. Оба вещества характеризуются способностью к системному действию, то есть они абсорбируются растениями и транслоцируются по их тканям, включая пыльцу и нектар. Особенно актуальной является проблема острой контактной токсичности, поскольку даже кратковременное воздействие может привести к снижению выживаемости, нарушению поведенческих реакций и общего состояния здоровья колоний медоносных пчел. В связи с этим возникает необходимость детального изучения токсического действия современных инсектицидов на пчел с учетом динамики проявления эффекта и концентрационной зависимости.

Целью настоящего исследования стало изучение острой контактной токсичности препаратов на основе имидаклоприда и тиаклоприда в отношении медоносных пчел, а также сравнительный анализ их влияния на выживаемость и поведенческую активность насекомых в разные сроки после обработки. Полученные данные позволяют оценить скорость развития токсического эффекта, степень летальности и характер поведенческих изменений, что имеет важное значение для экологической оценки безопасности применения данных пестицидов в условиях реального сельскохозяйственного производства.

### Материалы и методы

**Отбор медоносных пчел.** В эксперименте использовались рабочие медоносные пчелы, отобранные с одной пасеки для минимизации генетической и физиологической вариабельности. Пасека находилась в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан. Сбор пчел осуществлялся вечером накануне проведения тестов, что обеспечивало их естественную ориентацию на ночное состояние покоя и снижение стрессовых факторов перед началом эксперимента. После сбора пчелы содержались в контролируемых лабораторных условиях. Температура в термостате поддерживалась на уровне  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , относительная влажность воздуха — в диапазоне 50–70 %.



Собранные пчелы случайным образом распределялись в садках для испытаний по 30 особей в каждой группе, включая контрольную группу [11]. Такое распределение обеспечивало равномерность условий тестирования и минимизацию влияния внешних факторов на результаты эксперимента. Для стандартизации физиологического состояния всех особей за 2 часа до нанесения испытуемого вещества пчелы отлучались от пищи. Данная мера была необходима для обеспечения идентичного содержимого кишечника у всех особей на момент начала эксперимента и исключала влияние различий в питании на результаты исследования.

**Рабочие растворы инсектицидов.** В качестве тестовых соединений использовались два коммерческих препарата с действующими веществами из класса неоникотиноидов – «Конфидор Экстра» и «Калипсо» (Bayer). Препараты содержали 700 г/л имидаклоприда и 480 г/л тиаклоприда соответственно (табл. 1). Все растворы неоникотиноидов для тестирования были приготовлены непосредственно перед экспериментом.

Таблица 1

**Концентрации экспериментальных растворов  
инсектицидов неоникотиноидного ряда**

Наименование	Активное вещество	Содержание (мкг/объем)
И1	Имидаклоприд	0,2
И2		0,1
И3		0,05
Т1	Тиаклоприд	10
Т2		5
Т3		2,5

Имидаклоприд классифицируется как инсектицид 1-го класса опасности для медоносных пчел, в то время как тиаклоприд относится к 3-му классу опасности, LD50 от 1,1 до 10,0 мкг/объект [12]. Для имидаклоприда значение LD50 составляет менее 0,1 мкг/объект, что указывает на высокую токсичность данного соединения. Растворы тестовых соединений готовились в дистиллированной воде. Это позволяет моделировать острую токсичность, характерную для случаев непосредственного контакта с обработанными растениями или потребления загрязненного нектара и пыльцы. Такие уровни воздействия могут быть актуальны в ситуациях неконтролируемого применения пестицидов или при высоких остаточных концентрациях в цветущих культурах.

**Острая контактная токсичность.** Раствор инсектицида в объеме 1 мкл наносился микроапликатором на верхнюю часть грудной области каждой пчелы согласно ГОСТ 33039-2014 [13]. Для контрольных групп использовался аналогичный объем дистиллированной воды. После обработки пчел помещали в садки, где они получали доступ к 70 % раствору сахарозы для поддержания жизнедеятельности. Для каждой концентрации неоникотиноидов было проведено 3 повторности.



Смертность учитывалась через 4 часа после начала теста и далее через 24 часа и 48 часов. Регистрировался уровень двигательной активности. На основе данных острой контактной токсичности была рассчитана инсектицидная активность вещества ( $Y$ ) для каждой повторности:

$$Y = \frac{BO}{AO} \times \left(1 - \frac{BK}{AK}\right) \times 100 \%,$$

где  $AO$  – исходное число особей в опыте,  $AK$  – исходное число особей в контроле,  $BO$  – число погибших в опыте,  $BK$  – число погибших в контроле [14, с. 13].

Средняя величина гибели насекомых ( $M$ ) вычислялась по формуле

$$M = \frac{\sum V}{n},$$

где  $V$  – процент гибели в каждом опыте,  $n$  – число повторов [15, с. 8].

**Оценка активности медоносных пчел.** Для оценки поведенческих реакций и общей активности пчел использовали визуальный метод наблюдения в контролируемых лабораторных условиях. Пчелы содержались в садках при температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажности 50–70 % с обеспечением стандартного светового режима (12:12 ч день/ночь). Активность особей регистрировали однократно в течение дня, в одно и то же время, в период максимальной двигательной активности насекомых. Наблюдение проводили визуально с фиксацией следующих параметров: наличие или отсутствие движения, уровень двигательной активности (ходьба, взмахи крыльями, попытки взлета), координация движений. На основе полученных данных выделяли три категории активности: нормальная активность (пчелы демонстрировали подвижное поведение, равновесие и ориентировочную реакцию, соответствующую контрольным особям; повышенная активность (характеризовалась усиленными двигательными проявлениями, частыми взмахами крыльев, беспокойным поведением, гиперреактивностью к внешним раздражителям); пониженная активность (выражалась в снижении двигательной активности, отсутствии реакции на внешние стимулы, нарушении координации движений, замедленной или отсутствующей ориентировочной реакции).

**Статистическая обработка данных.** Статистический анализ проводили с использованием программного пакета Statistica 12.6. Для каждой концентрации неоникотиноидов выполняли по три независимые повторности. Нормальность распределения данных проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. При соблюдении условий нормальности применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для оценки достоверности различий между контрольной группой и группами, обработанными разными концентрациями инсектицидов. Данные представлены в виде среднего арифметического значения  $\pm$  стандартной ошибки среднего ( $M \pm SE$ ). Стандартная ошибка среднего рассчитывалась по формуле



$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}},$$

где  $SD$  — стандартное отклонение выборки,  $n$  — число повторностей (в данном исследовании  $n=3$ ).

Для оценки точности средних значений инсектицидной активности и величины гибели насекомых рассчитывали 95 % доверительный интервал (95 % CI) по формуле

$$95\% CI = M \pm t(df, 0,5) \times SE,$$

где  $t(df, 0,05) = 4,303$  — критическое значение  $t$ -критерия Стьюдента при числе степеней свободы  $df = n - 1 = 2$  и уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Уровень статистической значимости принимали при  $p < 0,05$ .

137

### Результаты и обсуждение

**Острая контактная токсичность.** На первом этапе наблюдения (первые 4 часа после обработки) в контрольной группе количество выживших пчел составило 30 особей, что соответствует исходному числу. В группах, обработанных имидаклопридом, уровень выживаемости также оставался близким к исходному, независимо от концентрации, что свидетельствует об отсутствии выраженного токсического эффекта в ранние сроки после воздействия. Аналогичная картина наблюдалась и в группах с применением тиаклоприда: число живых особей находилось в диапазоне от 18 до 25 (рис. 1), что указывает на относительно слабое влияние данных доз инсектицида на начальном этапе.

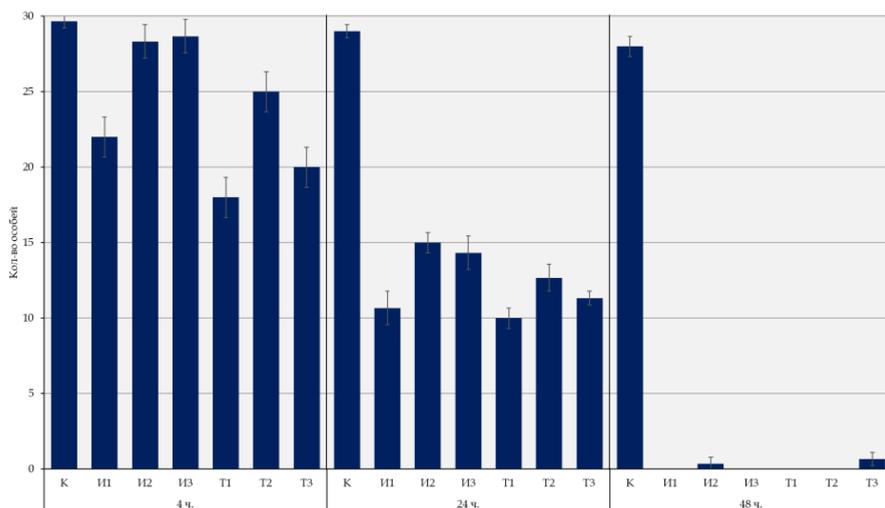


Рис. 1. Динамика выживаемости рабочих пчел *A. mellifera* в течение 48 часов после однократного контактного воздействия различных доз имидаклоприда

(И1 – И3) и тиаклоприда (Т1 – Т3): К – контроль;

И1 – имидаклоприд, 0,2 мкг/объект; И2 – имидаклоприд, 0,1 мкг/объект;

И3 – имидаклоприд, 0,05 мкг/объект; Т1 – тиаклоприд, 10,0 мкг/объект;

Т2 – тиаклоприд, 5,0 мкг/объект; Т3 – тиаклоприд, 2,5 мкг/объект.



На второй день экспозиции (24 часа после обработки) в контрольной группе сохранялась стабильная выживаемость пчел. В то же время в группах, обработанных имидаклопридом, было зафиксировано постепенное снижение количества живых особей, причем наиболее значительное снижение выявлено при использовании концентрации 0,5 мкг/объект. Это позволяет предположить начало проявления токсического действия препарата через 24–48 часов после нанесения. Более выраженное снижение выживаемости наблюдалось в группах с применением тиаклоприда. Максимальная смертность зарегистрирована при концентрации 10 мкг/объект, что демонстрирует более быстрое и интенсивное действие этого соединения по сравнению с имидаклопридом. К третьему дню экспозиции (48 часов после обработки) прослеживалась общая тенденция увеличения смертности среди пчел, подвергшихся воздействию обоих инсектицидов. Установлено, что максимальная гибель особей при воздействии как имидаклоприда, так и тиаклоприда происходила именно на этом этапе. При этом изменений в уровне выживаемости в контрольной группе не отмечено.

Исследование инсектицидной активности и летальности препаратов на основе имидаклоприда и тиаклоприда проводилось в динамике — через 4, 24 и 48 часов после обработки насекомых. Было испытано три концентрации каждого действующего вещества (табл. 2). Полученные данные позволяют оценить скорость проявления эффекта и общую эффективность тестовых соединений.

Таблица 2

**Зависимость летальности рабочих пчел *A. mellifera* и инсектицидной активности от концентрации имидаклоприда (И1–И3) и тиаклоприда (Т1–Т3) в растворе**

№	Концентрация (мкг/объект)	4 часа	95 % CI	24 часа	95 % CI	48 часов	95 % CI
<i>Средняя инсектицидная активность (%)</i>							
И1	0,2	25,16	24,49–25,83	63,40	62,31–64,50	96,59	96,54–96,64
И2	0,1	0,00	0,00–18,21	49,85	41,72–58,28	96,59	88,39–100,00
И3	0,05	0,00	0,00–17,10	51,88	39,57–64,87	97,75	93,00–100,00
Т1	10	39,25	23,44–56,56	65,08	60,94–69,28	97,67	88,22–100,00
Т2	5	16,67	0,10–33,23	56,31	48,11–64,78	96,59	88,39–100,00
Т3	2,5	33,33	16,77–49,90	62,18	57,44–67,00	96,63	88,56–100,00
<i>Средняя величина гибели насекомых (%)</i>							
И1	0,2	26,67	10,10–43,23	64,44	51,79–77,10	100,00	100,00–100,00
И2	0,1	5,56	0,00–18,21	50,00	41,72–58,28	98,89	94,11–100,00
И3	0,05	4,44	0,00–17,10	52,22	39,57–64,87	100,00	100,00–100,00
Т1	10	40,00	23,44–56,56	66,67	58,41–74,93	100,00	100,00–100,00
Т2	5	16,67	0,11–33,23	57,78	48,23–67,33	100,00	100,00–100,00
Т3	2,5	33,33	16,77–49,89	62,22	57,44–67,00	97,78	93,00–100,00

Наиболее высокую инсектицидную активность уже через 4 часа после обработки показал препарат на основе тиаклоприда при концентрации 10 мкг/объект с показателем 39,25 %. Схожий уровень активности



(33,33 %) наблюдался при концентрации 2,5 мкг/объект. Максимальная концентрация имидаклоприда 0,2 мкг/объект также проявила выраженную активность к этому сроку — 25,16 %. В остальных вариантах инсектицидный эффект к 4 часам был либо минимальным, либо отсутствовал полностью. К 24 часам наблюдения инсектицидная активность всех исследуемых препаратов значительно возросла. Наибольшие значения были зарегистрированы для имидаклоприда 0,2 мкг/объект — 63,40 %, тиаклоприда 10 и 2,5 мкг/объект — 65,08 и 62,18 % соответственно. Отмечается значительное увеличение активности у препаратов с имидаклопридом 0,1 и 0,05 мкг/объект, тиаклопридом 5 мкг/объект, что свидетельствует о накопительном эффекте действующих веществ. Через 48 часов после обработки инсектицидная активность практически во всех вариантах достигала порога максимальной эффективности, находясь в диапазоне от 96,59 до 97,75 %. Анализ средней величины гибели насекомых выявил схожие закономерности. Максимальная гибель отмечалась у группы, обработанной имидаклопридом в концентрации 0,2 мкг/объект, — 26,67 %, а также у групп, обработанных тиаклопридом 10,0 и 2,5 мкг/объект, — 40,00 и 33,33 %. К 24 часам этот показатель существенно увеличился, особенно в группах, обработанных имидаклопридом 0,2 мкг/объект и тиаклопридом 10 и 2,5 мкг/объект, — 64,44, 66,67 и 62,22 %. Через 48 часов гибель насекомых достигла почти полного уровня: 100 % в большинстве экспериментальных вариантов. Лишь вариант тиаклоприда 2,5 мкг/объект отличался несколько меньшей величиной гибели — 97,78 %. Полученные результаты демонстрируют, что оба действующих вещества — имидаклоприд и тиаклоприд — обладают высокой инсектицидной активностью и вызывают значительную гибель насекомых уже через 24–48 часов после обработки. При этом препараты сохраняют высокую эффективность даже при снижении концентрации, что указывает на возможность их применения в условиях ограниченных дозировок в рамках программ интегрированной защиты растений.

Полученные экспериментальные данные позволяют провести сравнительный анализ летальной эффективности и динамики инсектицидной активности двух неоникотиноидных инсектицидов — имидаклоприда и тиаклоприда — в условиях контактного воздействия на рабочих особей медоносной пчелы. Значение  $LD_{50}$  имидаклоприда для медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) в несколько раз ниже, чем у тиаклоприда, что подтверждает его классификацию как инсектицида I класса опасности по сравнению с III классом для тиаклоприда [12]. В настоящем исследовании концентрации обоих соединений были подобраны с учетом их относительной токсичности таким образом, чтобы обеспечить сопоставимые уровни биологического воздействия. Такой подход позволил провести оценку токсического эффекта в равных экспериментальных условиях, исключив искажение результатов, обусловленное исключительно различиями в абсолютной остроте действия. Максимальная летальность для обоих инсектицидов была достигнута на третьи сутки. Незначительные изменения в контрольной группе подтверждают специфичность наблюдаемого эффекта. Несмотря на общность механизма действия,

исследуемые соединения продемонстрировали различия как в скорости наступления летального эффекта, так и в степени его выраженности при сопоставимых временных интервалах, что согласуется с исследованиями [16; 17]. Предполагается, что значительная разница в токсичности этих соединений обусловлена более высокой скоростью метаболизма цианогруппы по сравнению с нитрогуанидиновой группой, что приводит к детоксикации у пчел [18]. Сравнительный анализ действия исследуемых инсектицидов показал, что тиаклоприд характеризуется более ранним началом токсического эффекта, тогда как имидаклоприд проявляет замедленное, но прогрессирующее действие. Такая разница в кинетике токсического ответа может быть связана с различиями в механизмах всасывания, метаболизма или нейронного взаимодействия данных соединений у медоносных пчел [19].

**Оценка активности медоносных пчел.** Анализ поведенческой активности *A. mellifera* в первый день эксперимента выявил выраженные различия в реакции пчел на различные препараты и их концентрации. В группах, обработанных имидаклопридом, наблюдалась неоднородная картина изменений в поведении насекомых, зависящая от дозы вещества. Так, в группе с высокой концентрацией имидаклоприда (0,2 мкг/объект) преобладала пониженная активность, зарегистрированная у 80,45 % особей, что указывает на угнетающий эффект препарата даже в ранние сроки после воздействия. При этом повышенная активность была зафиксирована лишь у 10,68 % пчел, что свидетельствует об отсутствии значимого стимулирующего действия на нервную систему насекомых при данной дозировке (рис. 2).

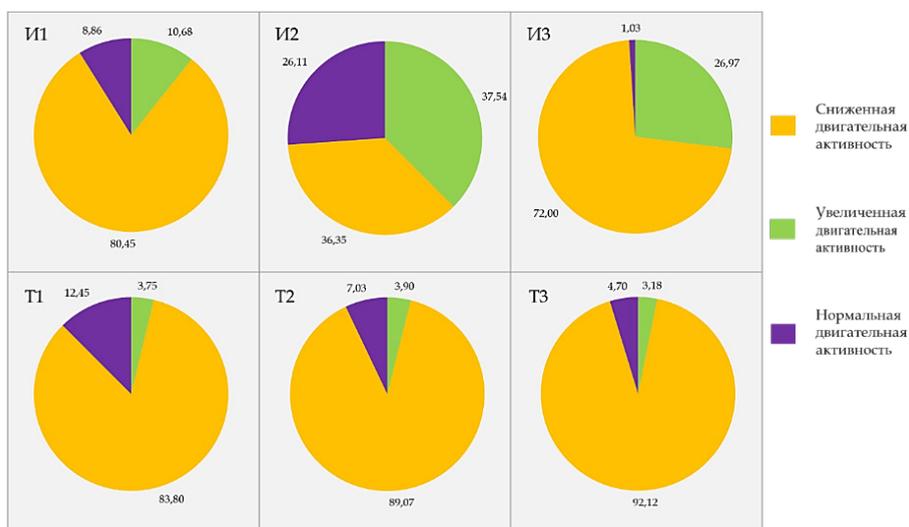


Рис. 2. Двигательная активность пчел *Apis mellifera* через 4 часа после контактного воздействия имидаклоприда и тиаклоприда (%):  
I1 – имидаклоприд, 0,2 мкг/объект; I2 – имидаклоприд, 0,1 мкг/объект;  
I3 – имидаклоприд, 0,05 мкг/объект; T1 – тиаклоприд, 10,0 мкг/объект;  
T2 – тиаклоприд, 5,0 мкг/объект; T3 – тиаклоприд, 2,5 мкг/объект



В группе, обработанной имидаклопридом 0,1 мкг/объект, наблюдалось более сбалансированное распределение между состояниями активности: повышенная активность отмечена у 37,54 % особей, пониженная — 36,35 %, нормальная — у 26,11 %. Такая динамика может свидетельствовать о наличии определенной вариабельности индивидуальных реакций пчел на среднюю дозу имидаклоприда, включая проявление как возбуждающих, так и тормозных эффектов. Состояние группы, обработанной имидаклопридом в концентрации 0,05 мкг/объект, также характеризовалось доминированием пониженной активности (72,00 %), при этом процент особей с нормальным уровнем активности был минимальным (1,03 %). Это позволяет предположить, что даже при снижении дозы имидаклоприда первичный эффект на центральную нервную систему пчел остается преимущественно угнетающим. В противоположность этому в группах, обработанных тиаклопридом, наблюдалась относительно однородная картина изменений поведения. У подавляющего большинства особей регистрировалась пониженная активность — от 83,80 до 92,12 %, тогда как показатель повышенной активности оставался крайне низким (от 3,18 до 3,90 % особей). Отсутствие выраженных признаков стимуляции двигательной активности указывает на то, что введение тиаклоприда в данных концентрациях не вызывает начального возбуждающего эффекта, характерного для некоторых нейротропных соединений. Экспериментальные данные демонстрируют, что уже в первый день эксперимента оба исследуемых неоникотиноида оказывают влияние на поведение *Apis mellifera*, однако характер этого влияния зависит как от типа действующего вещества, так и от его концентрации. Имидаклоприд в различных дозах вызывает разнонаправленные реакции, включая как снижение, так и умеренное усиление активности, тогда как тиаклоприд проявляет более стабильное и выраженное угнетающее действие без признаков стимуляции.

Ко второму дню экспозиции наблюдалось усиление токсического действия обоих исследуемых инсектицидов. Характер поведенческих реакций пчел свидетельствовал о прогрессирующем влиянии соединений на центральную нервную систему *Apis mellifera*, при этом отмечены различия в кинетике и выраженности эффектов у обоих веществ. В группе с имидаклопридом в максимальной концентрации у медоносных пчел полностью отсутствовали признаки повышенной активности, при этом процент особей с пониженным уровнем активности достиг 96,97 %, что указывает на выраженный угнетающий эффект препарата к 24 часам после воздействия. В группах со средней и низкой концентрацией имидаклоприда также сохранялся высокий процент особей с пониженной активностью — 69,99 % и 46,65 % соответственно, однако отмечено значительное снижение доли особей с нормальной двигательной активностью (рис. 3).

Отмечается, что во второй день у некоторых особей наблюдались кратковременные эпизоды возбуждения, что может указывать на фазность развития токсического эффекта у имидаклоприда [20]. В группах, обработанных тиаклопридом, общая тенденция изменения активности оставалась аналогичной первым суткам наблюдения — преобладали

особи с пониженной двигательной активностью (76,16–84,13 %). Однако во второй день в группе с тиаклопридом 2,5 мкг/объект зарегистрированы единичные случаи повышенной активности у особей, среднее значение до 18,18 %, что может быть связано с вариабельностью индивидуальных реакций или начальным этапом компенсаторных механизмов организма. Анализ динамики двигательной активности позволил выявить существенные различия в скорости и характере токсического действия изучаемых неоникотиноидов. Имидаклоприд проявлял постепенно нарастающее угнетение поведенческой активности особей медоносных пчел, с возможными переходными фазами, включая кратковременное возбуждение. Напротив, тиаклоприд демонстрировал более быстрое и прямое действие, характеризующееся ранним и стабильным снижением активности без выраженной стимуляции нервной системы. Наблюдаются различия в механизмах действия данных соединений на нервную систему медоносных пчел. Более выраженная фазность и временная задержка в развитии токсического эффекта у имидаклоприда могут объясняться особенностями его метаболизма или связывания с нейронными рецепторами, тогда как тиаклоприд, вероятно, действует более прямым и быстрым образом [17].

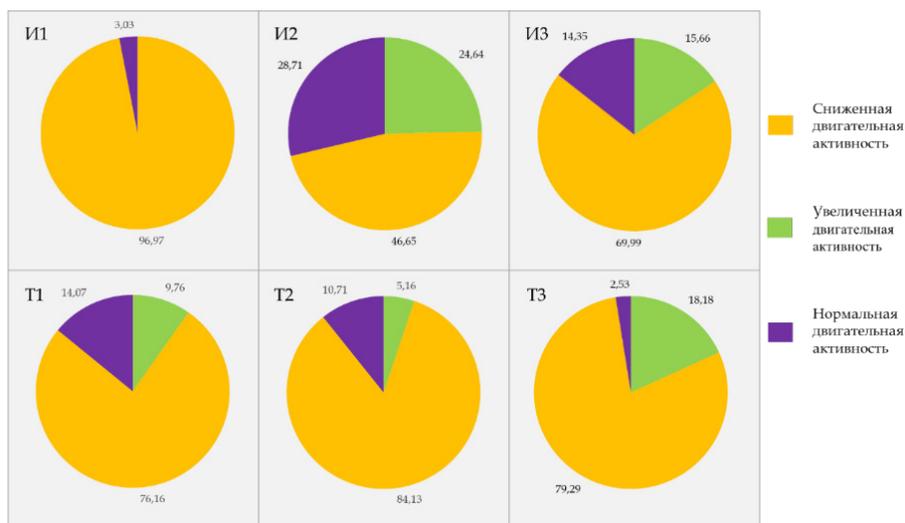


Рис. 3. Двигательная активность пчел *Apis mellifera* через 24 часа после контактного воздействия имидаклоприда и тиаклоприда:

И1 – имидаклоприд, 0,2 мкг/объект; И2 – имидаклоприд, 0,1 мкг/объект;

И3 – имидаклоприд, 0,05 мкг/объект; Т1 – тиаклоприд, 10,0 мкг/объект;

Т2 – тиаклоприд, 5,0 мкг/объект; Т3 – тиаклоприд, 2,5 мкг/объект

### Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о высокой острой контактной токсичности как имидаклоприда, так и тиаклоприда в отношении медоносных пчел. Оба неоникотиноидных инсектицида



демонстрируют выраженный инсектицидный эффект, однако характер его проявления существенно различается. Тиаклоприд характеризуется более ранним началом действия и быстрым развитием токсического эффекта, что проявляется уже через 4–24 часа после обработки. Максимальная смертность пчел при использовании этого препарата наблюдалась при концентрации 10 мкг/объект. Имидаклоприд, напротив, действует с временной задержкой, достигая максимальной эффективности к 48 часам после воздействия, что может быть связано с особенностями его метаболизма или нейронного взаимодействия.

Анализ поведенческой активности насекомых показал, что оба вещества оказывают угнетающее влияние на центральную нервную систему пчел. При этом имидаклоприд в различных дозах вызывает разнонаправленные реакции — от снижения двигательной активности до кратковременного возбуждения, тогда как тиаклоприд демонстрирует более стабильное и выраженное подавление активности без фазы стимуляции. Это указывает на различия в механизмах действия данных соединений на нейрофизиологические процессы у пчел.

#### Список литературы

1. Хасбиева Д. Р., Камбале Е. М., Ндайишимийе Э. В. и др. Нозематоз в руандийских районах добычи полезных ископаемых // Мировые и российские тренды пчеловодства и апитерапии: реалии и вызовы будущего : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Рыбное, 2025. С. 272–278. EDN: KJHUWY.

2. Шамаев Н. Д., Мукминов М. Н., Шуралев Э. А. Диапазон комбинаций гаплотипов *Nosema* spp. и вариантов последовательностей генов *Apis mellifera* на отдельных пасеках Республики Татарстан // Современные проблемы естествознания и естественно-научного образования : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Калуга, 2025. С. 314–315. EDN: GUVGRH.

3. Газетдинов Ф. И., Шуралев Э. А., Шамаев Н. Д. Подбор моделей для агентного моделирования рисков изменения экологии инфекционных заболеваний у медоносной пчелы // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ростов н/Д, 2025. С. 328–331. EDN: WJOLZB.

4. Шамаев Н. Д., Третьякова А. Б., Камбале Э. М. и др. Индикация и идентификация патогена *Melissococcus plutonius* с использованием экзогенной ДНК, выделенной из объектов ветеринарного надзора // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2025. №1 (53). С. 81–87. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202501010. EDN: CMBACJ.

5. Мукминов М. Н., Шуралев Э. А., Казарян Г. Г., Шамаев Н. Д. Микроспоридии, ассоциированные с инфекциями медоносных пчел // Пчеловодство и апитерапия: актуальные вопросы, достижения и инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Рыбное, 2024. С. 113–118. EDN: CEIONM.

6. Шамаев Н. Д., Сальников В. В., Кошпаева Е. С., Сычев К. В. Увеличение заболеваемости нозематозом вблизи экологического стрессора // XI Междунар. конф. молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов, молекулярных биологов и специалистов фундаментальной медицины : сб. тезисов. Новосибирск, 2024. С. 569–570. doi: 10.25205/978-5-4437-1691-6-280. EDN: GMWPVA.



7. Шамаев Н.Д., Камбале Э.М., Валиахметов Д.И. и др. Биоразнообразие геноваров *Nosema ceranae* в популяции *Apis mellifera* с гибридными признаками в условиях пасеки // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2024. №4 (52). С. 597–605. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202404016. EDN: CFGQFZ.

8. Шамаев Н.Д., Шуралев Э.А., Мукминов М.Н. Распределение гаплотипов *Nosema aris* в условиях единичной пасеки Республики Татарстан // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2024. Т. 16, №3. С. 92–101. doi: 10.36508/RSATU.2024.11.32.013. EDN: RFWYWM.

9. Салихов Д.Г., Петров С.В., Шамаев Н.Д. и др. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в биогеохимических провинциях Республики Татарстан // Journal of Agriculture and Environment. 2023. №8 (36). doi: 10.23649/JAE.2023.36.8. EDN: LNCFBW.

10. Elumalai P., Yi X., Chen Z. et al. Detection of Neonicotinoids in Agriculture Soil and Degradation of Thiacloprid through Photo Degradation, Biodegradation and Photo-Biodegradation // Environ. Pollut. 2022. Vol. 306. Art. №119452. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119452.

11. Abay Z., Bezabeh A., Gela A., Tassew A. Evaluating the Impact of Commonly Used Pesticides on Honeybees (*Apis mellifera*) in North Gonder of Amhara Region, Ethiopia // J. Toxicol. 2023. Vol. 2634158. doi: 10.1155/2023/2634158.

12. Методические рекомендации по оценке действия и потенциальной опасности пестицидов для медоносных пчел. М., 2001.

13. ГОСТ 33039-2014. Пестициды и агрохимикаты. Оценка острой токсичности для пчел (*Apis mellifera* L.). М., 2014.

14. Павлов С.Д. Методические рекомендации по изучению эффективности репеллентов и инсектицидов в ветеринарии. М., 1982.

15. Методические указания по испытанию инсектицидов, предназначенных для борьбы с эктопаразитами животных / А.А. Непоклонов, Г.А. Таланов. М., 1973.

16. Mabubu J., Nawaz M., Cai W. et al. Ecotoxicity of the Neonicotinoid Insecticides Imidacloprid and Thiacloprid to the Soil-Dwelling Arthropod *Folsomia Candida* (Collembola) // Journal of the Kansas Entomological Society. 2017. №90 (4). P. 323–333. doi: 10.2317/1736.1.

17. Rondeau G., Sánchez-Bayo F., Tennekes H. et al. Delayed and Time-Cumulative Toxicity of Imidacloprid in Bees, Ants and Termites // Scientific Reports. 2014. №4 (1). doi: 10.1016/j.envpol.2018.09.008.

18. Pathak V.M., Verma V.K., Rawat B.S. et al. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review // Frontiers in Microbiology. 2022. Vol. 13. Art. №962619. doi: 10.3389/fmicb.2022.962619.

19. Maloney E.M., Liber K., Headley J.V. et al. Neonicotinoid Insecticide Mixtures: Evaluation of Laboratory-Based Toxicity Predictions under Semi-Controlled Field Conditions // Environmental Pollution. 2018. №243. P. 1727–1739. doi: 10.1016/j.envpol.2018.09.008.

20. de Lima e Silva C., Brennan N., Brouwer J.M. et al. Comparative Toxicity of Imidacloprid and Thiacloprid to Different Species of Soil Invertebrates // Ecotoxicology. 2017. №26 (4). P. 555–564. doi: 10.1007/s10646-017-1790-7.



### Об авторах

Анна Борисовна Третьякова – асп., Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

ORCID: 0000-0002-0359-4049

E-mail: annatreyackowa@yandex.ru

SPIN-код: 3454-1042

Малик Нилович Мукминов – д-р биол. наук, проф., Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

ORCID: 0000-0002-5996-0271

E-mail: malik-bee@mail.ru

SPIN-код: 9384-9684

145

Николай Дмитриевич Шамаев – канд. биол. наук, доц., Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

ORCID: 0000-0002-0575-3760

E-mail: nikolai.shamaev94@mail.ru

SPIN-код: 2602-2764

*A. B. Tretiakova, M. N. Mukminov, N. D. Shamaev*

### EVALUATION OF ACUTE CONTACT TOXICITY OF IMIDACLOPRID AND THIACTOPRID TO HONEY BEES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFECTS ON SURVIVAL AND BEHAVIORAL ACTIVITY

Kazan (Volga Region) Federal University, Russia

Received 03 June 2025

Accepted 02 October 2025

doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-9

**To cite this article:** Tretiakova A. B., Mukminov M. N., Shamaev N. D., 2025, Evaluation of acute contact toxicity of imidacloprid and thiacloprid to honey bees: A comparative analysis of effects on survival and behavioral activity, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №4 P. 133–146. doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-9.

*The paper presents the results of a study of the acute contact toxicity of imidacloprid and thiacloprid to honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). The experiment assessed survival and behavioral activity of insects at 4, 24, and 48 hours after a single exposure to various concentrations of the insecticides. It was found that both compounds exhibit high insecticidal activity; however, the nature of their effects differs significantly. Thiacloprid shows an earlier onset of toxic effects and bee mortality, particularly at the maximum concentration (10 µg/bee). Imidacloprid acts with a temporal delay, reaching maximum effectiveness 48 hours after exposure. Analysis of behavioral activity revealed a depressive effect of both compounds on the central nervous system of bees: imidacloprid induces mixed responses, whereas thiacloprid demonstrates consistent suppression of locomotor activity without a stimulation phase.*

**Keywords:** *Apis mellifera*, acute contact toxicity, neonicotinoids, imidacloprid, thiacloprid



### The authors

Anna B. Tretiakova, PhD student, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-0359-4049 E-mail: annatreyackowa@yandex.ru

SPIN code: 3454-1042

Prof. Malik N. Mukminov, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-5996-0271

E-mail: malik-bee@mail.ru

SPIN code: 9384-9684

Dr Nikolai D. Shamaev, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-0575-3760

E-mail: nikolai.shamaev94@mail.ru

SPIN code: 2602-2764