

# ГЕОЭКОЛОГИЯ GEOECOLOGY

---

УДК 595.799+595.422

К. Д. Манулик<sup>1</sup>, Е. А. Флюрик<sup>2</sup>, Л. Г. Григорьева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный детский технопарк

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>3</sup>ГУО «Гимназия № 146 г. Минска»

## РАСТИТЕЛЬНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВАРРОАТОЗОМ

Разработки, описанные в данной статье, относятся к вопросам борьбы с заболеваниями медоносных пчел (*Apis mellifera carnica*). Варроатоз – инвазивное заразное заболевание пчел, вызванное деятельностью клеща *Varroa destructor*. Данное заболевание при бесконтрольном течении может привести к гибели пчелиной семьи. Сложность борьбы обусловлена повсеместным распространением возбудителя и хорошими адаптационными приспособлениями клеща, выработанными за десятилетия борьбы с ним.

В обзоре представлены физические, химические, биологические и зоотехнические методы борьбы с клещом. Перечислены препараты с указанием действующих веществ, которые используются в настоящее время для лечения зараженных пчелиных семей.

На основании проведенного литературного обзора было выбрано растительное сырье, проявившее себя в качестве эффективного средства для борьбы с варроатозом. Для дальнейшей работы были отобраны укроп пахучий (*Anethum graveolens*) и пихта сибирская (*Abies sibirica*). На основе данного сырья были разработаны несколько препаративных форм (экстракт в ампулах, лиофилизированный порошок растительной композиции, нанесенный на древесный носитель).

Первая препаративная форма (экстракт) была получена с использованием 40%-ной водно-спиртовой смеси с соотношением экстрагент : сырье – 2 : 1, укроп пахучий : пихта сибирская – 70 : 30. Полученную настойку упарили, экстракт запаляли в ампулы. Спирт необходимо удалять, так как данное вещество действует на пчел возбуждающе и приносит вред всей пчелиной семье.

Другая форма была получена на основе водной настойки растительного сырья (соотношение компонентов аналогичное). Настойку с использованием лиофильной сушки высушили до порошкообразного состояния. Порошок нанесли на носитель, в качестве которого выступали кусочки дерева.

В ходе исследования был проведен фармакогностический анализ растительного сырья, а также установлены показатели, по которым необходимо оценивать качество композиций, полученных на основе выбранного растительного сырья (содержание тимола, экстрактивных веществ и др.).

Опытные испытания разработанных композиций показали высокую эффективность их действия на клеща.

**Ключевые слова:** медоносная пчела, *Apis mellifera carnica*, клещ, *Varroa destructor*, варроатоз, укроп пахучий, *Anethum graveolens*, пихта сибирская, *Abies sibirica*.

**Для цитирования:** Манулик К. Д., Флюрик Е. А., Григорьева Л. Г. Растительная композиция для борьбы с варроатозом // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2023. № 1 (265). С. 131–140. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-15.

К. D. Manulik<sup>1</sup>, E. A. Flyurik<sup>2</sup>, L. G. Grigoryeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Children's Technopark

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University

<sup>3</sup>State Educational Establishment "Gymnasium no. 146 of Minsk"

## PLANT COMPOSITION FOR FIGHTING VARROATOSIS

The developments described in this article relate to the control of diseases of honey bees (*Apis mellifera carnica*). Varroatosis is an invasive contagious disease of bees caused by the activity of the *Varroa destructor* mite. This disease, if uncontrolled, can lead to the death of the bee colony. The complexity of the fight is due to the ubiquitous distribution of the pathogen and the good adaptive adaptations of the tick, developed over decades of fighting it.

The review presents physical, chemical, biological and zootechnical methods of tick control. The drugs are listed, indicating the active substances that are currently used to treat infected bee colonies.

Based on the literature review, a plant material was selected that proved to be an effective remedy for combating varroosis. *Anethum graveolens* and *Abies sibirica* were selected for further work. Using a 40% water-alcohol mixture, a tincture was obtained with a ratio of extractant : raw material – 2 : 1 and a ratio of herbal components fragrant *Anethum graveolens* : *Abies sibirica* – 70 : 30. The resulting tincture was evaporated, the extract was sealed into ampoules. Alcohol must be removed, because this substance has an exciting effect on bees and harms the entire bee family.

Another form of the preparation was obtained on the basis of an aqueous tincture of plant materials (ratios of plant components and extractant : raw material, similar). The tincture, using freeze-drying, was dried to a powder.

In the course of the study, a pharmacognostic analysis of plant materials was carried out. And also indicators were established by which it is necessary to evaluate the quality of the tincture obtained on the basis of the selected plant raw materials (the content of thymol, extractives, etc.).

Experimental tests of the preparation have shown a high efficiency of the action on the tick.

**Keywords:** honey bee, *Apis mellifera carnica*, mite, *Varroa destructor*, varroosis, *Anethum graveolens*, *Abies sibirica*.

**For citation:** Manulik K. D., Flyurik E. A., Grigoryeva L. G. Plant composition for fighting varroosis. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2023, no. 1 (265), pp. 131–140. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-15 (In Russian).

**Введение.** Известным фактом является то, что без пчел исчезнут опыляемые растения, что в свою очередь приведет к гибели всего живого. Поэтому сохранение пчел является весьма важной задачей человечества.

Пчелиная семья – это сообщество, которое функционирует как единое целое, и если одна из составляющих этой системы подвергается негативному воздействию, то страдает все сообщество.

В литературе можно встретить различные классификации болезней пчел. Наиболее научно обоснованной, на наш взгляд, является классификация болезней по происхождению (рис. 1) [1, 2].

К широко распространенным заболеваниям относятся европейский гнилец, варроатоз, вирусный паралич, браулез и др. [2].

Варроатоз (варрооз) – наиболее опасное и распространенное инвазионное заболевание взрослых особей пчелиной семьи, их личинок и куколок, которое характеризуется появлением неспособных к полету трутней и пчел, гибелью расплода и может привести к гибели пчелиных семей в первую половину зимовки.

В настоящее время существует ряд способов лечения и профилактики данного заболевания, однако все они имеют как ряд достоинств, так и огромный спектр недостатков.

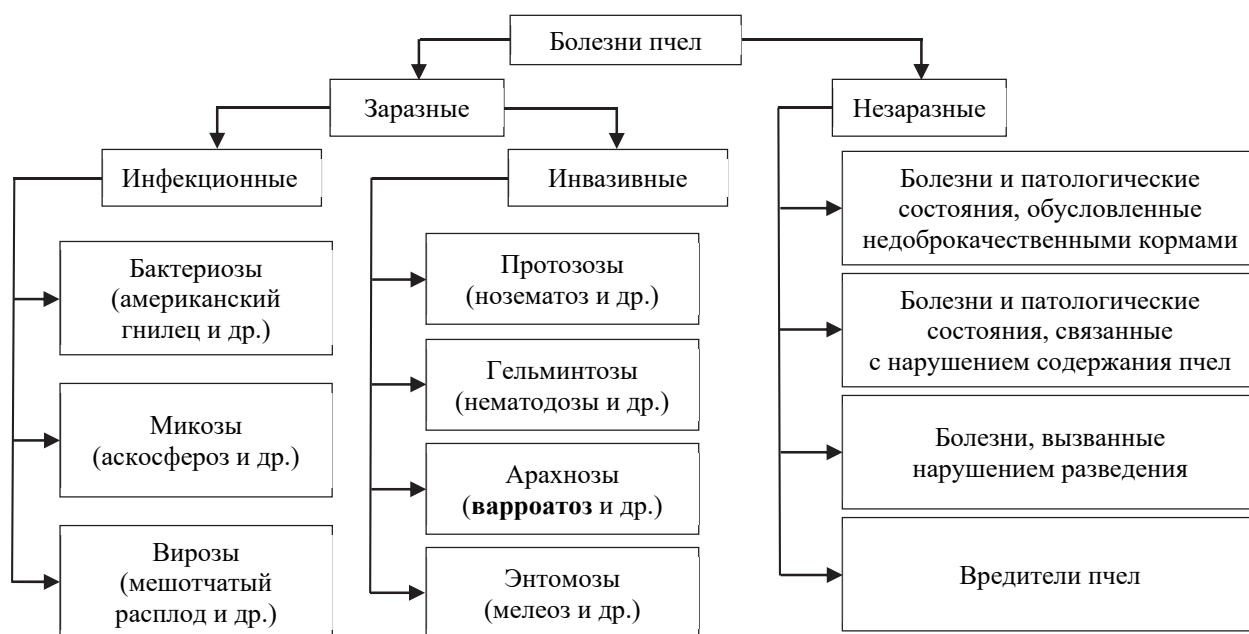


Рис. 1. Классификация заболеваний пчел

Наиболее широкое применение нашли акарициды, но это привело к нарастающему развитию резистентности к данным лекарственным препаратам. Кроме того, еще одним важным аспектом, который нельзя недооценивать, является токсичность и стойкость данных химических веществ в окружающей среде.

Поэтому весьма актуальной, на наш взгляд, задачей является создание нового безопасного как для пчел, так для человека и окружающей среды, эффективного средства для борьбы с варроатозом.

**Основная часть. Этиология заболевания.** Пчелиные клещи (эктопаразиты) из рода *Varroa* (Oudemans, 1904) – представители семейства клещей *Varroidae* (рис. 2) паразитируют на медоносных пчелах рода *Apis* (Linnaeus, 1758) [3].

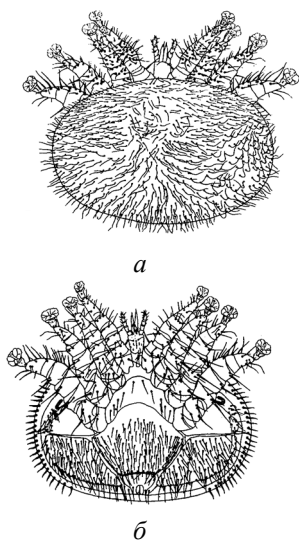


Рис. 2. Самка *Varroa destructor* [3, 4]:  
а – вид сверху; б – вид снизу

Клещ распространился из Азии [5] и в настоящее время присутствует практически во всех странах, где разводят медоносных пчел. На сегодняшний день известно 6 видов из двух родов этих клещей. Интересным фактом является то, что некоторые из них паразитируют только на определенных видах пчел, а другие, например *V. destructor*, встречаются на всех медоносных пчелах, по всему ареалу их обитания.

В работе [3] показано, что на китайской восковой пчеле *Apis cerana cerana* в Приморском крае были обнаружены два вида паразитических клещей: *V. destructor* и *V. underwoodi*, в то время как на медоносной пчеле *A. mellifera* выявили наличие лишь *V. destructor*.

Самка клеща коричневого цвета (рис. 2), длиной 1,0–1,6 мм, шириной 1,5–1,9 мм. Тело покрыто щетинками, имеет колюще-сосущий ротовой аппарат, 4 пары конечностей. Самец молочно-белого цвета или желтоватый, длиной 0,8–1,1 мм, шириной 0,6–0,9 мм. После спаривания погибает [2].

Основными источниками заражения являются: пораженные клещом пчелиные семьи, бродячие рои [2]. Клещи поражают личинки и взрослых пчел, питаются их гемолимфой [5, 6], прокалывая хитиновый покров пчелы.

Эктопаразит является переносчиком многих возбудителей бактериальных, вирусных и грибковых инфекций, вызывая смешанные заболевания пчелиных семей.

Как известно [3, 6], клещи появляются на 3–4 год содержания *Apis cerana cerana*. Клинические изменения в пчелиной семье становятся заметными при поражении клещом от 20 до 30% семьи.

Основное местонахождение клещей – печатный расплод и молодые внутриульевые пчелы. Трутневый расплод поражается в среднем в 10 раз больше и чаще, чем пчелиный. На рис. 3 представлена фотография воскоперговой крошки со дна ульев с погибшими клещами.

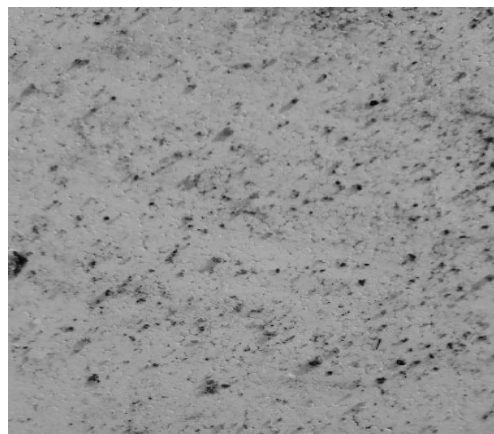


Рис. 3. Воскоперговая крошка со дна ульев с погибшими клещами

Пораженность клещом определяют из расчета на 100 пчел, %: слабая – менее 2, средняя – до 4, сильная – более 4. В случае обнаружения поражения пчелиных семей обработку нужно проводить ежегодно, чтобы не допустить заклещенность более 4% [7].

Важным вопросом является своевременное обнаружение и правильный подсчет клещей в пчелиных семьях.

Существуют гуманные и негуманные (умерщвление исследуемых особей пчел) методы подсчета [8]. Например, хорошо себя зарекомендовали такие гуманные методы, как тест с сахарным рулетом и инъекция углекислого газа [7].

**Меры борьбы с варроатозом.** На рис. 4 представлена классификация способов борьбы с варроатозом. Самым простым способом является применение карантинных мероприятий: дезакаризация ульев, инвентаря, запрет на перемещение пчел. Если выдержать инвентарь и пустые ульи в течение 35 сут, клещи погибнут [6].

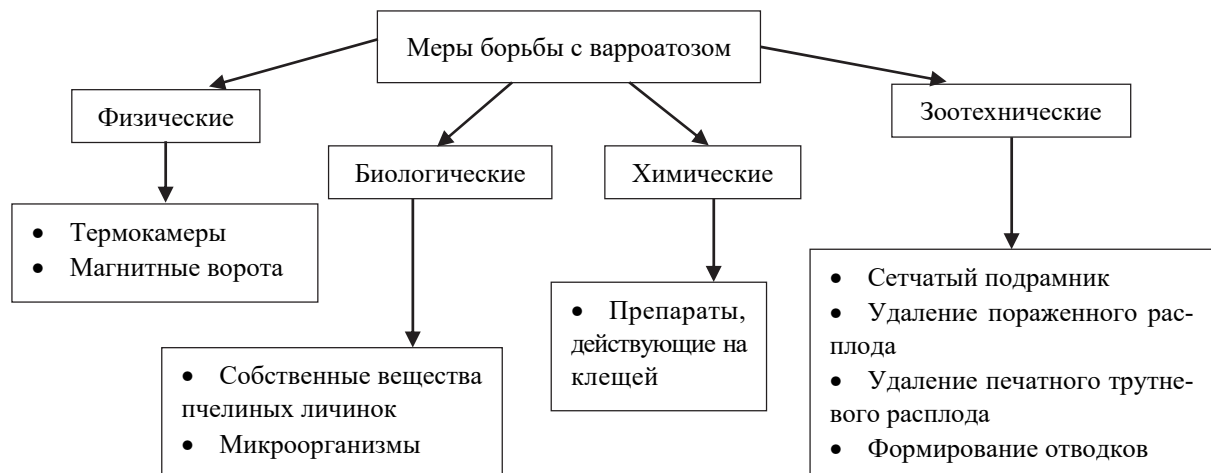


Рис. 4. Меры борьбы с варроатозом

Физические и зоотехнические способы борьбы заключаются в использовании особенности поведения самок клеща, которые предпочитают откладывать яйца в трутневые ячейки. Поэтому удаление трутневого расплода позволяет удалять клещей (биологическая ловушка) [2].

*Препараты для борьбы с Varroa.* Существует большое количество различных способов и препаратов для борьбы в варроатозом. Однако, как указано в работе [5], в некоторых регионах Южной Европы клещ выработал устойчивость к наиболее часто применяемым для борьбы с ним продуктам. Поэтому важным условием является постоянная замена препаратов. Один препарат может быть эффективен только в течение 2–3 лет.

Способ, который следует применять в каждом конкретном случае лечения пчелиной семьи, зависит от многих факторов: степень поражения улья, состояние пчелиной семьи и др. Например, при слабом заражении пчелиной семьи проводят простое окуривание фенотиразином [2].

Одним из самых эффективных средств борьбы с клещом считается муравьиная кислота. Пары кислоты в определенной концентрации вызывают гибель клещей, но, что важно, не наносят вреда пчелам [9, 10]. Кроме того, данная кислота обладает бактерицидными и фунгицидными свойствами, что позволяет еще излечить пчел от различных заболеваний, например аскосфероза и др. В настоящее время выпускается препарат «Муравьишка», содержащий в качестве действующего вещества муравьиную кислоту (85%) и гелеобразователь. По внешнему виду препарат представляет собой бесцветный полупрозрачный гель. Однако данным препаратом не рекомендуется обрабатывать семьи пчел силой менее 5 улочек, а также дополнительные сложности заключаются в том, что работать с препаратом можно только в резиновых перчатках и в марлевой повязке.

Установлено [10], что муравьиная кислота в сочетании со щавелевой кислотой может

использоваться для повышения эффективности акарицида против *V. destructor* у *A. mellifera*.

Проанализировав современный рынок препаратов для борьбы с варроатозом, обнаружили, что основными действующими веществами препаратов являются: амитраз (бипин), перитроиды (флуметрине (байварол), флувалинатине (апистан) и акринатрине (габон)), кумафос (перицин), бромпропилат (фольбекс ВА), фенотиазин, органические кислоты (щавелевая, муравьиная, молочная), тимол, малактион, цимиазолгидрохлорид, хлорфенвинфос, фенпироксимат и другие родственные соединения [9–14]. Однако частое применение синтетических препаратов приводит к загрязнению продукта пчеловодства, а передозировка может вызвать гибель пчел. Кроме того, в органическом пчеловодстве использование синтетических препаратов запрещено.

Для снижения негативного воздействия химических веществ препаратов предлагается применять, например, хитозан [14].

Другим эффективным способом борьбы с варроатозом является использование самих пчел для лечения. Так, было установлено, что личинки пчел, зараженные клещом, способны вырабатывать химические вещества, которые препятствуют распространению заболевания по улью.

Интересной разработкой является применение грибов *Hirsutella thompsonii* и *Metarhizium anisopliae* для лечения варроатоза, так как они поражают присоски клеща, что позволяет достичь 90%-ной его гибели, при этом необходимо отметить, что данные грибы безопасны для всех стадий развития пчел [15, 16].

В другой работе [17] приведены данные о том, что ученым удалось выделить бактериальные штаммы, которые вызывают гибель клещей в улье.

Если возникла острая необходимость быстрой обработки с последующим использованием ульев и инвентаря, их можно обработать сернистым газом или бромистым метилом, раствором уксусной кислоты и формалином [2].

Однако, как было отмечено выше, необходимо учитывать, что химические препараты в итоге могут накапливаться в меде, поэтому большое внимание уделяется разработке методов применения препаратов на основе растительного сырья для борьбы с варроатозом. В настоящее время используют следующие растения: чабрец (тимьян), чабор, пижму, ромашку, ель, багульник, календулу, табак, папоротник, кору дуба, красный перец и др. [18–20].

Установлено [5, 18, 21], что с различными заболеваниями в пчелиных ульях эффективно удаётся бороться с помощью эфирного масла. Примерами компонентов эфирных масел, которые могут использоваться для борьбы с клещом, являются монотерпены (ментол, гарианиол, тимол, мирцен, цитраль, лимонен, карен, камфора, эвгенол), природные масла (лимонное масло, эвкалиптовое масло). Наиболее предпочтительными являются монотерпены (в частности, тимол).

Например, в патенте [5] представлена разработка гелеобразного состава с замедленным выделением действующих веществ. Состав содержит эфирное масло и загуститель, не оказывающий на пчел негативного влияния. В качестве компонентов-загустителей применяют полимеры акриловой кислоты (карбоксополиметилены, карбоксивинилполимеры, или карбомеры), карбоксиметилцеллюлозы, ацетаты поливиниловых спиртов, длинноцепные соли аммония, гидрофильные полисахариды, производные целлюлозы.

Способ, основанный на постепенном высвобождении вещества, позволяет поддерживать постоянной концентрацию эфирного масла в среде обитания пчел. При этом время действия препарата может быть 4–6 недель, что позволяет в течение всего репродуктивного цикла клеща оказывать на него воздействие.

Как было отмечено выше, тимол используют для борьбы с варроатозом, но при добавлении вещества в кристаллической, порошкообразной, жидкой форме эффективность воздействия на клещей очень сильно зависит от характеристик окружающей среды (температура, влажность и др.) [5]. Поэтому прибегают либо к многократной обработке, либо к использованию высоких концентраций, но эти способы не однозначны, так как могут привести к вылету пчелиной семьи из улья или гибели личинок пчел.

Необходимо отметить, что независимо от способа, который был выбран для лечения варроатоза, предпочтительное время обработки популяции пчел – до или после основного сбора меда [5].

*Препаратная форма.* Существует серьезная проблема со способом обработки мест обитания пчел, поэтому предлагаются различные варианты (например, полоски, пропитанные акарицидным веществом для размещения в межрамочном

пространстве; термические полоски поджигают и в тлеющем виде размещают в нижнем лотке; деревянные полоски; аэрозольная упаковка; эмульсии; порошки; таблетки, которые можно сжигать; в виде пластикового лотка, наполненного гелем или полосками геля, гранулами геля, таблетками) [2, 5].

Хорошо себя зарекомендовали препараты с замедленным выделением действующего вещества. Данный эффект достигается благодаря использованию различных загустителей в концентрации 0,1–1,5% от общей массы состава. Концентрацию предпочтительно подбирать из следующих условий: желаемая концентрация действующего вещества в среде обитания пчел, размер среды обитания.

Как было указано выше, одним из перспективных направлений борьбы с варроатозом является создание препаратов растительного происхождения, действующими веществами в которых являются эфирные масла, в частности тимол. Данные препараты имеют очевидное преимущество перед другими – безопасность. Поэтому целью нашей работы было разработать растительный препарат с основным действующим веществом тимолом.

*Тимол и методы его определения.* Тимол – вещество, которое применяется в медицинской практике в качестве противоглистного, антимикробного, противовоспалительного, отхаркивающего, дезинфицирующего и антисептического средства [3, 7].

Тимол обнаружен в таких лекарственных растениях, как тимьян обыкновенный, тимьян ползучий, душица, плоды ажгона и др. [21, 22].

Интересным фактом является то, что растительное сырье, например, одуванчика лекарственного, собранное на хорошо освещенном участке, содержит больше тимола по сравнению с сырьем с затемненного участка [23]. Таким образом, важным фактором считается определение содержания действующего вещества в растительном сырье, которое в дальнейшем будет использоваться для получения препарата.

Важной задачей является правильный выбор метода количественного определения тимола в разрабатываемом препарате. По литературным данным известно, что содержание тимола можно определить методом прямого титрования раствором калия бромата [6], в эфирных маслах – методом перегонки с водяным паром [22, 23], однако данный метод требует длительной подготовки и сопровождается потерей эфирного масла. Еще один из способов заключается в определении тимола в лекарственном растительном сырье путем экстракции 96%-ным этиловым спиртом, осаждении сопутствующих веществ 10%-ным раствором ацетата свинца, фильтровании и спектрофотометрическом измерении оптической плотности раствора при длине волны 272 нм [24].

Установлено, что для растворов тимола в 96%-ном этиловом спирте выполняется закон Бугера – Ламберта – Бера в пределах 0,4–25,0 мкг/мл. В качестве стандарта для количественного определения используют спиртовые растворы тимола. При проведении истощающей экстракции 96%-ным этиловым спиртом в раствор переходят, помимо тимола, следующие вещества: карвакрол, дубильные вещества, нефенольная фракция, содержащая в основном *n*-цимол, терпинен, терпинол, борнеол, сесквитерпен, цингиберен, урсоловую и олеоноловую кислоты, флавоноиды. Однако эти вещества, мешающие спектрофотометрическому определению, осаждают с помощью раствора ацетата свинца [22], как было указано выше.

**Экспериментальная часть.** На первом этапе исследований при разработке растительной композиции для борьбы с варроатозом было выбрано два вида растений: пихта сибирская (*Abies sibirica*) и укроп пахучий (*Anethum graveolens*).

Определение тимола проводили в соответствии со способом, изложенным в [22].

Экстрактивные вещества, сумму флавоноидов и другие фармакогностические показатели растительного сырья определяли в соответствии с ГФ РБ Т. II.

**Жидкая форма растительной композиции (экстракт в ампулах).** Композицию получали с использованием 40%-ной водно-спиртовой смеси с соотношением экстрагент : сырье – 2 : 1 и укроп пахучий : пихта сибирская – 70 : 30.

Из смеси растительного сырья методом истощающей экстракции было получено 4 экстракта (рис. 5), в которых определили содержание различных биологически активных веществ (БАВ). Результаты представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что на первых этапах экстракт получается более яркого, насыщенного цвета. В ходе анализа полученных данных установлено, что тимол извлекается при каждом цикле экстракции приблизительно в равных количествах, поэтому можно предположить, что для полного истощения сырья по тимолу следует проводить максимальное количество циклов.

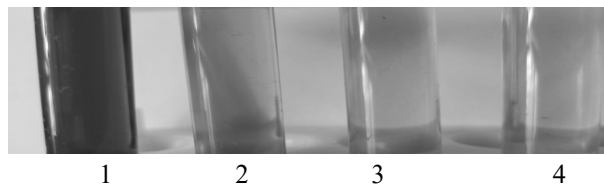


Рис. 5. Истощающая экстракция смеси растительного сырья (цифра – цикл экстракции)

Однако экономически это будет неоправданно, так как впоследствии необходимо удалить из экстракта этиловый спирт, а объем, получаемого экстракта, при увеличении количества циклов растет пропорционально.

Для оценки антимикробной активности разрабатываемой композиции образцы после каждого цикла экстракции подвергали анализу. В результате установили, что только экстракт после первой экстракции обладал данной активностью по отношению к штаммам *Escherichia coli*, *Tetracoccus* sp. (штаммы из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ).

Таким образом, на основании проведенных исследований для получения жидкой формы препарата использовали однократную экстракцию.

Полученный экстракт растительного сырья упарили до отрицательной реакции на этиловый спирт. Содержание БАВ в конечном препарате в пересчете на растительное сырье осталось неизменным. Экстракт запаляли в ампулы. Спирт был удален, так как данное вещество действует на пчел возбуждающе и приносит вред всей пчелиной семье.

**Твердая форма растительной композиции (лиофилизированный порошок, нанесенный на древесный носитель).** На рис. 6 представлена другая форма разработанной растительной композиции, а именно: древесная щепка, пропитанная экстрактом растительной композиции и высушенная с помощью лиофильной сушилки.

Пропитка осуществлялась следующим образом: щепка ольхи толщиной не более 1,0 мм погружалась в упаренный экстракт растительной композиции, образцы сушили с помощью лиофильной сушилки (Cool Safe 100-9 PRO, Дания).

Таблица 1

#### Результаты определения содержания БАВ в экстрактах

Определяемый параметр	Этап экстракции			
	4	3	2	1
Тимол, %	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02
Экстрактивные вещества, %	1,6 ± 0,8	2,9 ± 0,5	6,6 ± 0,8	26,6 ± 0,7
Сумма флавоноидов, %	н/д	н/д	н/д	0,21 ± 0,05

Примечание. н/д – в образце не детенируется.



Рис. 6. Опытные конструкции, изготовленные из древесной щепы, обработанной экстрактом растительной композиции

На рис. 7 представлены микрофотографии образцов щепы с нанесенным на них препаратом. Данные получены с использованием настольного сканирующего электронного микроскопа JSM-7000 с интегрированной системой элементного микроанализа. На микрофотографиях видно, что экстракт растительной композиции в процессе лиофильной сушки адсорбировался на волокнах древесины.

Для изучения влияния разработанной растительной композиции была создана экспериментальная пасека медоносной пчелы в Слуцком районе, Минской области, д. Белая Лужа и там было размещено три улья. На пасеке с ранней весны до поздней осени (март – ноябрь) проводились осмотры семей в ульях и все необходимые пчеловодные работы по содержанию пчел. В зимний период периодически наблюдали за состоянием зимовки пчелиных семей.

**Результаты исследований и их обсуждение.**

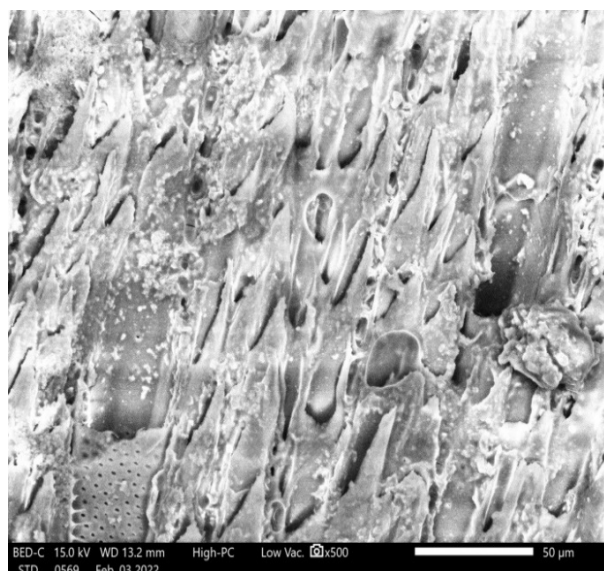
Для учета осыпи клеща в улье после использования растительной композиции служил поддон гигиенического дна.

Результаты эффективности действия растительной композиции (лиофилизированный порошок, нанесенный на древесный носитель) на клеща представлены в табл. 2.

Следует отметить, что эффективность действия данного препарата на паразитического клеща ниже, чем у химических аналогов, но в сравнении с другими натуральными препаратами этот показатель достаточно высокий.



*a*



*б*

Рис. 7. Образцы древесной щепы, обработанной экстрактом растительной композиции: *a* – увеличение в 1600 раз; *б* – увеличение в 500 раз

Неоспоримым преимуществом разработанного препарата является то, что он не оказывает отрицательного воздействия на жизнедеятельность пчел. Следовательно, данный метод обработки, как и прочие натуральные препараты, можно использовать в любое время пчеловодного сезона, и это не приведет к снижению качества меда и не окажет вредного воздействия на пчелиную семью.

Таблица 2

**Эффективность действия растительной композиции на пчелиные семьи**

Показатель	Композиция		Контроль		Биологическая эффективность, %
	1	2	1	2	
Длительность обработки, недель					
Количество обнаруженных мертвых клещей, шт.	111 ± 10	88 ± 10	3 ± 2	8 ± 3	97 ± 5

**Заключение.** Разработки, описанные в данной работе, относятся к вопросам борьбы с заболеваниями медоносных пчел (*Apis mellifera carnica*). Варроатоз – инвазивное заразное заболевание пчел, вызванное деятельностью клеща *Varroa destructor*. Данное заболевание при бесконтрольном течении может привести к гибели пчелиной семьи.

Сложность борьбы обусловлена повсеместным распространением возбудителя и хорошими адаптационными приспособлениями клеща, выработанными за десятилетия борьбы с ним. На основании проведенного литературного обзора было выбрано растительное сырье, проявившее себя в качестве эффективного средства для борьбы с варроатозом.

Для дальнейшей работы были отобраны укроп пахучий (*Anethum graveolens*) и пихта сибирская (*Abies sibirica*). На основе данного сырья были разработаны несколько форм растительной композиции (экстракт в ампулах, лиофилизированный порошок, нанесенный на древесный носитель).

В результате проведенных исследований данный метод обработки можно рекомендовать для лечения и профилактики варроатоза пчел, так как данная композиция не оказывает раздражающего эффекта на пчелиную семью. Учитывая

то, что положительный результат от использования разработанной композиции невозможно получить мгновенно, требуется помещать подготовленную конструкцию из щепы, обработанную растительной композицией, в гнездо на определенное время (для получения минимального результата следует помещать не менее чем на одну неделю). Однако необходимо отметить, что данный метод обработки можно применить в любое время года, не боясь потерять мед. Щепу из ольхи можно заменить любыми другими, не пахнущими и не смолистыми породами древесины.

Дальнейшая работа будет направлена на сравнение эффективности действия разработанной растительной композиции в разных формах (экстракт в ампулах и лиофилизированный порошок, нанесенный на древесную щепу) на клеща, а также на сравнение биологической эффективности разработанной композиции с существующими синтетическими аналогами.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам компании JEOL RUS за полученные с помощью оборудования компании фотографии изучаемых образцов.

Авторы признательны рецензентам за их вклад в экспертную оценку работы.

### Список литературы

1. Современная Классификация болезней пчел. URL: <https://studfile.net/preview/8886052/page:63/> (дата обращения: 25.01.2022).
2. Киреевский И. Р. Болезни пчел. Донецк: Сталкер, 2006. 303 с.
3. Кузнецов В. Н., Лелей А. С. О паразитировании клещей рода *Varroa oudemans*, 1904 (*Acari: Varroidae*) на китайской восковой пчеле *Apis cerana cerana fabricius*, 1793 (*Hymenoptera: Apidae*) в Приморском крае // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2005. Вып. XVI. С. 39–45.
4. Гельминтозы пчел. URL: <https://studfile.net/preview/8886052/page:72/#102> (дата обращения: 25.01.2022).
5. Гелеобразный состав с замедленным выделением и способ для борьбы с заражением семей медоносных пчел клещами: пат. RU 2225727 / М. Уоткинс. Оpubл. 20.11.2000. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ea/e9/43/1dcb541ec4a3df/RU2225727C2.pdf> (дата обращения: 16.01.2022).
6. Ивановская А. М., Воронин А. В., Серякова А. Н. Количественный анализ лекарственных средств органической природы. Самара: Изд-во «ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава РФ», 2018. 88 с.
7. Comparison of Two Diagnostic Techniques for the *Apis mellifera* Varroosis: Strengths, Weaknesses and Impact on the Honeybee Health / R. Bava [et al.] // *Veterinary Sciences*. 2022. Vol. 9 (7). DOI: 10.3390/vetsci9070354.
8. More than sixty years living with *Varroa destructor*: a review of acaricide resistance / G. A. Mitton [et al.] // *International Journal of Pest Management*. 2022. DOI: 10.1080/09670874.2022.2094489.
9. Белякова О. В. Умные самоделки для пчеловодов: это просто! Ростов н/Д: Феникс, 2007. 155 с.
10. Pietropaoli M., Formato G. Formic acid combined with oxalic acid to boost the acaricide efficacy against *Varroa destructor* in *Apis mellifera* // *Journal of Apicultural Research*. 2022. Vol. 61 (3). P. 320–328. DOI: 10.1080/00218839.2021.1972634.
11. Domatsky A. N., Domatskaya T. F. Effectiveness of oxalic acid in varroosis in the apiaries of Tyumen Region, Russia // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8 (4). P. 143–147.
12. Domatskaya T. F., Domatsky A. N. Study of fluvalinate residues in honey and wax after treatment of bee colonies in varroosis // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (2). P. 28–32.
13. Domatskaya T. F., Domatsky A. N. Study of effectiveness of lactic acid at varroosis in the apiaries of Tyumen region, Russia // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (5). P. 155–159. DOI: 10.15421/2020\_223.
14. The Use of Chitosan to Reduce the Negative Impact of Chemicals on Bees Based on the Example of Amitraz / A. I. Albulov [et al.] // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2022. Vol. 58 (3). P. 343–345. DOI: 10.1134/S0003683822030036.



15. Kanga L. H., James R. R., Boucias D. G. The *Hirsutella thompsonii* and *Metarhizium anisopliae* as potential microbial control agents of *Varroa destructor*, a honey bee parasite // Journal of Invertebrate Pathology. 2002. Vol. 81 (3). P. 175–184. DOI: 10.1016/S0022-2011(02)00177-5.
16. Entomopathogenic Fungi for Pests and Predators Control in Beekeeping / R. Bava [et al.] // Veterinary Sciences. 2022. Vol. 9 (2). DOI: 10.3390/vetsci9020095.
17. Usta M. Isolation and determination of bacterial microbiota of *Varroa destructor* and isolation of *Lysinibacillus* sp. from it // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2021. Vol. 31 (1). DOI: 10.1186/s41938-021-00482-7.
18. Karimi P., Malekifard F., Tavassoli M. Medicinal plant essential oils as promising Anti-Varroa agents: Oxidative/nitrosative screens // South African Journal of Botany. 2002. Vol. 148. P. 344–351. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.05.003.
19. Acaricidal activity of *Mentha suaveolens* subsp. *timija*, *Chenopodium ambrosioides*, and *Laurus nobilis* essential oils, and their synergistic combinations against the ectoparasitic bee mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) / A. Aglagane [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2022. Vol. 6 (1). P. 9–18. DOI: 10.1080/00218839.2021.1898787.
20. Efficiency of natural spruce extract against varroaosis in organic beekeeping / L. D. Romanchuk [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10 (6). P. 38–41. DOI: 10.15421/2020\_254.
21. Study of effectiveness of lactic acid at varroaosis in the apiaries of Tyumen region, Russia Green Veterinary Pharmacology for Honey Bee Welfare and Health: *Origanum heracleoticum* L. (Lamiaceae) Essential Oil for the Control of the *Apis mellifera* Varroaosis / F. Castagna [et al.] // Veterinary Sciences. 2022. Vol. 9 (3). DOI: 10.3390/vetsci9030124.
22. Способ количественного определения тимола в лекарственном растительном сырье: пат. RU 2025717 / А. В. Мазулин, В. В. Петренко, Н. А. Калошина. Оpubл. 30.12.1994. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1f/a2/47/608b35b4187521/RU2025717C1.pdf> (дата обращения: 17.01.2022).
23. Шендерова Е. С. Количественное определение тимола в листьях одуванчика лекарственного. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36936092> (дата обращения: 02.02.2022).
24. Коренман И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. М.: Химия, 1975. 358 с.

## References

1. Modern Classification of diseases of bees. Available at: <https://studfile.net/preview/8886052/page:63/> (accessed 25.01.2022) (In Russian).
2. Kireevskiy I. R. *Bolezni pchel* [Diseases of bees]. Donetsk, Stalker Publ., 2006. 303 p. (In Russian).
3. Kuznetsov V. N., Lelei A. S. On the parasitism of mites of the genus *Varroa oudemans*, 1904 (Acari: Varroidae) on the Chinese wax bee *Apis cerana cerana fabricius*, 1793 (Hymenoptera: Apidae) in the Primorye Territory. *Chteniya pamyati Alekseya Ivanovicha Kurentsova* [Readings in memory of Alexei Ivanovich Kurentsov], 2005, issue XVI, pp. 39–45 (In Russian).
4. Helminthiasis of bees. Available at: <https://studfile.net/preview/8886052/page:72/#102> (accessed 25.01.2022) (In Russian).
5. Watkins M. Delayed release gel formulation and method for controlling mite infestation of honey bee colonies. Patent RU 2225727, 2000. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ea/e9/43/1dcb541ec4a3df/RU2225727C2.pdf> (accessed 16.01.2022) (In Russian).
6. Ivanovskaya A. M., Voronin A. V., Seryakova A. N. *Kolichestvennyy analiz lekarstvennykh sredstv organicheskoy prirody*. [Quantitative analysis of drugs of organic nature]. Samara, Izdatel'stvo "FGBOU VO SamGMU Minzdrava RF" Publ., 2018. 88 p. (In Russian).
7. Bava R., Castagna F., Carresi C., Cardamone A., Federico G., Roncada P., Palma E., Musella V., Britti D. Comparison of Two Diagnostic Techniques for the *Apis mellifera* Varroaosis: Strengths, Weaknesses and Impact on the Honeybee Health. *Veterinary Sciences*, 2022, vol. 9 (7). DOI: 10.3390/vetsci9070354.
8. Mitton G. A., Meroi A. F., Cooley H., Fernandez de L. G., Eguaras M. J., Ruffinengo S. R., Maggi M. D. More than sixty years living with *Varroa destructor*: a review of acaricide resistance. *International Journal of Pest Management*, 2022. DOI: 10.1080/09670874.2022.2094489.
9. Belyakova O. V. *Umnyye samodelki dlya pchelovodov: eto prosto!* [Smart DIY for beekeepers: it's easy!] Rostov n/D, Feniks Publ., 2007. 155 p. (In Russian).
10. Pietropaoli M., Formato G. Formic acid combined with oxalic acid to boost the acaricide efficacy against *Varroa destructor* in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 2022, vol. 61 (3), pp. 320–328. DOI: 10.1080/00218839.2021.1972634.
11. Domatsky A. N., Domatskaya T. F. Effectiveness of oxalic acid in varroaosis in the apiaries of Tyumen Region, Russia. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018, vol. 8 (4), pp. 143–147.

12. Domatskaya T. F., Domatsky A. N. Study of fluvalinate residues in honey and wax after treatment of bee colonies in varroatosis. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019, vol. 9 (2), pp. 28–32.

13. Domatskaya T. F., Domatsky A. N. Study of effectiveness of lactic acid at varroatosis in the apiaries of Tyumen region, Russia. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, vol. 10 (5), pp. 155–159. DOI: 10.15421/2020\_223.

14. Albulov A. I., Frolova M. A., Zelinskaya E. I., Eliseev A. K. The Use of Chitosan to Reduce the Negative Impact of Chemicals on Bees Based on the Example of Amitraz. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2022, vol. 58 (3), pp. 343–345. DOI: 10.1134/S0003683822030036.

15. Kanga L. H., James R. R., Boucias D. G. The *Hirsutella thompsonii* and *Metarhizium anisopliae* as potential microbial control agents of *Varroa destructor*, a honey bee parasite. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2002, vol. 81 (3), pp. 175–184. DOI: 10.1016/S0022-2011(02)00177-5.

16. Bava R., Castagna F., Piras C., Musolino V., Lupia C., Palma E., Britti D., Musella V. Entomopathogenic Fungi for Pests and Predators Control in Beekeeping. *Veterinary Sciences*, 2022, vol. 9 (2). DOI: 10.3390/vetsci9020095.

17. Usta M. Isolation and determination of bacterial microbiota of *Varroa destructor* and isolation of *Lysinibacillus* sp. from it. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, vol. 31 (1). DOI: 10.1186/s41938-021-00482-7.

18. Karimi P., Malekifard F., Tavassoli M. Medicinal plant essential oils as promising Anti-Varroa agents: Oxidative/nitrosative screens. *South African Journal of Botany*, 2002, vol. 148, pp. 344–351. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.05.003.

19. Aglagane A., Laghzaoui El-M., Soulaïmani B., Er-Rguibi O., Abbad A., Mouden E. H. E., Aourir M. Acaricidal activity of *Mentha suaveolens* subsp. timija, *Chenopodium ambrosioides*, and *Laurus nobilis* essential oils, and their synergistic combinations against the ectoparasitic bee mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Journal of Apicultural Research*, 2022, vol. 6 (1), pp. 9–18. DOI: 10.1080/00218839.2021.1898787.

20. Romanchuk L. D., Lisohurska O. V., Furman S. V., Lisohurska D. V., Kryvyi M. M., Skydan O. V. Efficiency of natural spruce extract against varroatosis in organic beekeeping. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, vol. 10 (6), pp. 38–41. DOI: 10.15421/2020\_254.

21. Castagna F., Bava R., Piras C., Carresi C., Musolino V., Lupia C., Marrelli M., Conforti F., Palma E., Britti D., Musella V. Study of effectiveness of lactic acid at varroatosis in the apiaries of Tyumen region, Russia Green Veterinary Pharmacology for Honey Bee Welfare and Health: *Origanum heracleoticum* L. (Lamiaceae) Essential Oil for the Control of the *Apis mellifera* Varroatosis. *Veterinary Sciences*, 2022, vol. 9 (3). DOI: 10.3390/vetsci9030124.

22. Mazulin A. V., Petrenko V. V., Kaloshina N. A. Method for the quantitative determination of thymol in medicinal plant materials. Patent RU 2025717, 1994. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1f/a2/47/608b35b4187521/RU2025717C1.pdf> (accessed 17.01.2022) (In Russian).

23. Shenderova E. S. Quantitative determination of thymol in dandelion leaves. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36936092> (accessed 02.02.2022) (In Russian).

24. Korenman I. M. *Fotometricheskij analiz. Metody opredeleniya organicheskikh soedineniy*. [Photometric analysis. Methods for the determination of organic compounds]. Moscow, Khimiya Publ., 1975. 358 p. (In Russian).

### Информация об авторах

**Манулик Кирилл Денисович** – учащийся. Национальный детский технопарк (220086, г. Минск, ул. Славинского, 12, Республика Беларусь). E-mail: kirillmanulik@gmail.ru

**Флюрик Елена Андреевна** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: FlurikE@mail.ru

**Григорьева Людмила Григорьевна** – учитель биологии, квалификационная категория учитель-методист. ГУО «Гимназия № 146 г. Минска» (220116, г. Минск, пр-т Газеты «Правда», 48, Республика Беларусь). E-mail: grigorievalg@mail.ru

### Information about the authors

**Manulik Kiryl Denisovich** – student. National Children’s Technopark (12, Slavinskogo str., 220086, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kirillmanulik@gmail.ru

**Flyurik Elena Andreevna** – PhD (Biology), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Biotechnology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: FlurikE@mail.ru

**Grigoryeva Lyudmila Grigoryevna** – teacher (Biology), teacher-methodologist. State Educational Establishment “Gymnasium no. 146 of Minsk” (48, Gazety “Pravda” Ave., 220116, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grigorievalg@mail.ru

Поступила 28.11.2022