

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-876

УДК 338.432



Научная статья

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ
ПРИНЯТИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПЧЕЛОВОДСТВЕ**

*В.В. Кузьменко, А.М. Трошков,
И.П. Кузьменко, И.И. Глотова*

Обоснование. Пчеловодство в настоящее время относится к группе отраслей сельского хозяйства, которые в наименьшей степени оснащены информационными технологиями. Это является одной из главных причин высокой доли применения ручного труда в организации получения меда и сопутствующих ему видов продукции, недостаточной продуктивности пчелосемей, низкой эффективности производства в целом.

Цель работы. Разработка методик расчета показателей, учитывающих влияние внешних факторов на результаты функционирования пчел для обоснования структуры и содержания программной платформы автоматизированного рабочего места специалиста сельского хозяйства, позволяющей прогнозировать объемы получаемой продукции пчеловодства в зависимости от характера рельефа и погодных условий территории.

Материалы и методы. В качестве исходного массива материалов исследования принята совокупность природных характеристик рельефа местности и погодных условий, которые влияют на показатели перемещения пчел в процессах мониторинга окружающей среды и осуществления медосбора. Для обоснования структуры и создания программной платформы автоматизированного рабочего места специалиста пчеловодческого хозяйства применялись методы математического моделирования и алгоритмизации.

Результаты. Разработанная программная платформа апробирована в нескольких сельскохозяйственных организациях Ставропольского края.

Заключение. Полученные количественные характеристики повышения производства меда и воска подтвердили целесообразность ее применения, адаптации к условиям конкретной территории и совершенствования, а также последующего обучения специалистов практическим навыкам работы с программным обеспечением пчеловодческих хозяйств.

Ключевые слова: информационная поддержка; пчеловодческие хозяйства; эффективность управления; оптимальное расположение пасеки

Для цитирования. Кузьменко В.В., Трошков А.М., Кузьменко И.П., Глотова И.И. Разработка программной платформы принятия рациональных управленческих решений в промышленном пчеловодстве // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №5. С. 465-482. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-876

Original article

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PLATFORM FOR MAKING RATIONAL MANAGEMENT DECISIONS IN INDUSTRIAL BEEKEEPING

*V.V. Kuzmenko, A.M. Troshkov,
I.P. Kuzmenko, I.I. Glotova*

Background. Beekeeping is one of the agricultural sectors where digital technology is not widely utilized. This results in high proportion of manual labor used in production of honey and related products, low productivity of bee colonies and decline in production efficiency in general.

Purpose. To create a methodology leveraging software platforms to help automate and optimize agricultural workplaces. This will bring substantial information and visibility to agricultural specialists/workers which will allow them to predict inventory and other outputs from beekeeping farms and infrastructure. The methodology includes the calculation of indicators, which considers the influence of external factors on the apiaries' performance depending on the terrain and weather conditions.

Materials and methods. The developed methods were derived by making calculations based off environmental variables such as terrain and weather conditions. It

is these variables that affect the movement and migration of bees. During the process of environmental monitoring, honey collection and production were observed and noted as the initial array of research materials. The software platform was designed and optimized leveraging methods of mathematical and data modeling, along with various algorithms were used.

Results. *The new software solution was successfully tested and validated in several agricultural organizations of Stavropolsky region.*

Conclusion. *The obtained quantitative characteristics such as increase of the higher-quality honey and decrease in production costs confirmed the usefulness of applying the newly created technological solution, which will further provide support and propel the beekeeping industry to a higher level of development and advancement.*

Keywords: *information support; beekeeping farms; management efficiency; optimal location of the apiary*

For citation. *Kuzmenko V.V., Troshkov A.M., Kuzmenko I.P., Glotova I.I. Development of a Software Platform for Making Rational Management Decisions in Industrial Beekeeping. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 5, pp. 465-482. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-876*

Введение

Эффективное воспроизводство на отраслевом уровне предполагает безусловную целесообразность активного внедрения инноваций во все сферы экономики. Это относится и к агропромышленному комплексу (АПК) [10; 18], который, к сожалению, в настоящее время несколько уступает другим отраслям в части использования технических нововведений, в том числе инструментов информатизации. В расширении применения цифровых технологий и соответствующих им технических средств заложены резервы значительного повышения продуктивности сельскохозяйственных животных [10], урожайности сельскохозяйственных культур [15; 17], совершенствования работы оборудования обслуживающих и перерабатывающих предприятий, улучшения условий и производительности труда работников, повышения эффективности взаимодействия предприятий АПК с внешними контрагентами [16].

Одной из наименее оснащенных в настоящее время цифровыми инструментами является отрасль пчеловодства, функционирование которой преимущественно определяется природными факторами. Интуиция и опыт обслуживающих пасеки работников также играют немаловажную роль в формировании количественных и качественных показателей продуктивности. За счет применения автоматизированных информационных

технологий можно повысить результативность принятия рациональных управленческих решений, значительно улучшить воспроизводственные возможности пчелосемей, существенно увеличить объемы производства меда и сопутствующей ему продукции [3; 9; 14].

Цель работы

Целью исследования является обоснование структуры и разработка алгоритма расчета показателей, характеризующих результаты функционирования пчеловодческой пасеки как базового элемента отрасли промышленного пчеловодства. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- формализация параметров ландшафта местности, влияющих на условия медосбора и определяющих перспективы его успешной реализации;
- выделение совокупности характеристик неоднородного рельефа местности, которые необходимо учитывать в расчетах показателей функционирования пасеки;
- обоснование методики расчета показателей, учитывающих влияние внешних факторов на результаты функционирования пасеки;
- обоснование структуры и содержания программной платформы автоматизированного рабочего места специалиста сельского хозяйства, позволяющей прогнозировать объемы получаемой продукции пчеловодства в зависимости от характера рельефа и погодных условий территории размещения пасеки.

Материалы и методы исследования.

В качестве исходного массива материалов исследования принимается совокупность природных характеристик рельефа местности и погодных условий, которые влияют на показатели перемещения пчел в процессах мониторинга окружающей среды и осуществления медосбора [2; 11]. Для анализа и описания рельефных особенностей занимаемых территорий, определения размеров ландшафтных препятствий в направлениях движения пчел применялись методы наблюдения, сравнения, картографический, статистический, геоинформационный и другие [5]. Изучение закономерностей пространственного расположения объектов и графические изображения их взаимосвязей были проведены с помощью способов построения изолиний и псевдоизолиний, линейных знаков, локализованных диаграмм, сравнения, точечного. В процессах определения характера влияния погодных условий и ландшафтных особенностей местности на летные ха-

рактические пчел-разведчиков и движение рабочих пчел к медоносам применялись векторный анализ и математическое моделирование [8; 13].

Результаты исследования и их обсуждение

Картографические и географические особенности сельских территорий свидетельствуют о наличии значительного количества ландшафтных препятствий для осуществления медоносного мониторинга растительности. Как правило, рельеф местности не является однородным: низменности чередуются с возвышенностями, причем имеют совершенно разные формы и размеры занимаемой площади. В общем случае рельеф местности следует рассматривать как чередование возвышенных участков с более низко расположенными, и наоборот. Графически это можно выразить сложной циклической линией (рисунок 1).

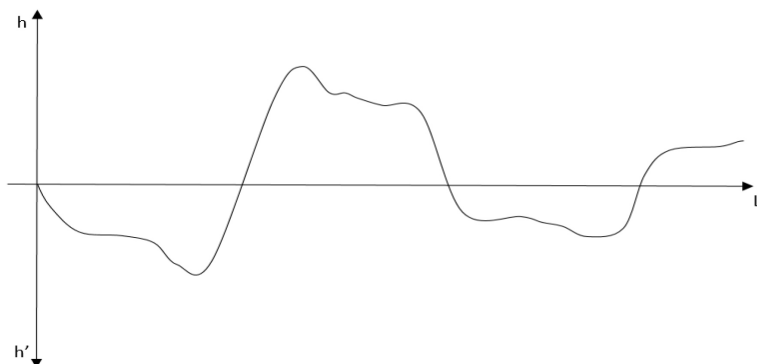


Рис. 1. Графическое представление неоднородного рельефа местности

Таким образом, наличие возвышенных и низко расположенных участков вносит коррективы в расчеты времени и расстояния при осуществлении пчелами-разведчиками мониторинга местности и последующей передачи информации о «координатах» (направлении) движения рабочих пчел к медоносам [7; 12]. В этой связи необходима математическая интерпретация указанных выше территориальных особенностей ландшафта (рисунок 2).

Согласно данным рисунка 2 можно ввести следующие обозначения характеристик рельефа местности:

h_1, h_2 – размеры возвышенности, характеризуемые вектором

L_{1-n} – длина равнины, характеризуемая вектором

$h_{1-n'}$ – размеры низменности, характеризуемые вектором

Табличные значения K_u и K_d будут приниматься в расчет при определении расстояния L перемещения пчел-разведчиков в процессе поиска медоносной растительности. Это можно сделать, воспользовавшись картой местности, и тогда измеренное расстояние следует умножить на взятый по модулю коэффициент подъема или спуска $|K_u|$:

$$L = \begin{cases} L_1 * |Ku| \\ L_1 * |Kd| \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, введение коэффициентов K_u и K_d повышает точность определения суммарного расстояния перемещения пчел-разведчиков в процессе мониторинга местности и поиска растений-медоносов. При использовании зависимости (3) необходимо результат умножить на сумму коэффициентов Ku и Kd :

$$L_{(k)} = [l_1 + l_2 + \dots + l_n + (\sum_i n_i)] * (K_u + K_d). \quad (5)$$

При отсутствии возвышенностей K_u приравнивается к нулю, а при отсутствии низменностей K_d становится равным нулю. В реальных условиях, как правило, рельеф местности является неоднородным, поэтому в полетах пчел-разведчиков наблюдаются чередующиеся спуски и подъемы [9].

Учитывая все вышеизложенное, при выполнении расчетов по формуле (5) удобно составить специальную таблицу (табл. 2), пользование которой существенно повысит точность полученных итоговых данных.

Таблица 2.

Последовательность расчета расстояний перемещения пчел-разведчиков в условиях неоднородного рельефа местности

№	Количество подъемов	Угол подъема	Расчет $L_{1(k)}$	Количество спусков	Угол спуска	$K_u + K_d$
1	N_u (...)	$\uparrow \angle 10^0$	$L_{\angle 10^0} =$	N_d (...)	$\downarrow \angle 10^0 =$	$\sum_1 =$
		$\uparrow \angle 30^0$	$L_{\angle 30^0} =$		$\downarrow \angle 15^0 =$	$\sum_2 =$
		$\uparrow \angle 70^0$	$L_{\angle 70^0} =$		$\downarrow \angle 25^0 =$	$\sum_3 =$
		$\uparrow \angle \pi^0$	$L_{\angle \pi^0} =$		$\downarrow \angle c^0 =$	$\sum_4 =$
2	$L_{1(k)} =$					

Определение параметров времени также удобно производить в табличной форме. Здесь следует учитывать время на перемещение пчел-разведчиков по участкам подъемов, спусков и равнинных отрезков местности.

Используя количественные данные таблиц, можно разработать программные инструменты цифровой поддержки принятия управленческих решений специалистами пчеловодческих хозяйств. Соответствующие автоматизированные рабочие места (АРМ) помогут существенно снизить трудозатраты на перемещение пасек с целью поиска подходящей медоносной растительности и повысить уровень эффективности производства в целом. Руководители и специалисты сельхозпредприятий получают возможность прогнозирования и планирования хозяйственной деятельности, оценки перспектив достижения высокой продуктивности пчелосемей.

Специально разработанная программная платформа поможет существенно сократить затраты времени на проведение анализа структуры посевов сельскохозяйственных культур с позиций реализации их медоносного потенциала. Она значительно улучшит оперативность принятия оптимальных управленческих решений по размещению пасек, гарантирующему высокие сборы меда без изменения их местоположения в течение всего сезона.

Расширение сферы использования информационных технологий в сельском хозяйстве, совершенствование методик проведения анализа состояния биологических объектов и обработки полученных массивов данных существенно влияют на перспективы цифровизации АПК, которая улучшает управляемость технологическими процессами в отрасли, способствует повышению эффективности работы специалистов, занимающихся растениеводством, животноводством, переработкой продукции. В пчеловодстве инструменты цифровизации еще недостаточно активно используются, но также имеют значительные перспективы развития.

Эффективность управления технологическими процессами в пчеловодстве зависит от многих факторов, в том числе: рационального позиционирования пасек соответственно размещению сельскохозяйственных культур, относящихся к категории медоносов; учета ландшафтных особенностей территории; характера «розы ветров» относительно основных траекторий полета пчел. В метеорологии и климатологии роза ветров характеризует режим ветра в данной местности, определенный по результатам многолетних наблюдений. Длины лучей (векторов), расходящихся из общего центра диаграммы в разных направлениях, пропорциональны повторяемости ветров. Роза ветров определяется совокупностью случайных факторов, но позволяет по длине ориентированных в вершины многоугольника векторов выявить направление господствующего или преобладающего ветра. Эту характеристику территории целесообразно учитывать в процессе планирования размещения пасеки и выбора предпочтительной пространственной ориентации ульев.

С помощью розы ветров можно прогнозировать ряд характеристик состояния погоды в месте размещения пчеловодческой пасеки, как систему взаимосвязанных случайных сигналов. В формализованном представлении это могут быть векторные величины:

- изменение погодных условий \vec{S} ;
- направления господствующих ветров \vec{M} ;
- суммы атмосферных осадков \vec{N} .

Анализ справочной литературы в области ведения практического пчеловодства показывает, что интенсивность летно-опылительной деятельности (ЛОД) существенно зависит от ветровых потоков: направление и скорость ветра может привести к снижению ЛОД, активности пчел и даже стать причиной их потери. Сильный ветер может задержать оплодотворение матки из-за отсутствия благоприятных условий для ее спаривания, так как этот процесс осуществляется при скорости ветра $V_w \leq 18$ км/ч (5 м/с). Кроме того, сильный ветер отрицательно влияет на выход нового роя, снижая летные качества матки. Еще в 1946 году Х.Н. Абрикосов показал, что если в пчеловодстве не учитывать направления господствующих ветров, то расплод в среднем уменьшается на 33%, а количество собранного меда – на 60% [1]. Это свидетельствует о существенной зависимости производственных результатов пчеловодства от погодных факторов, в частности, от преобладающей скорости ветра в местах размещения пасек.

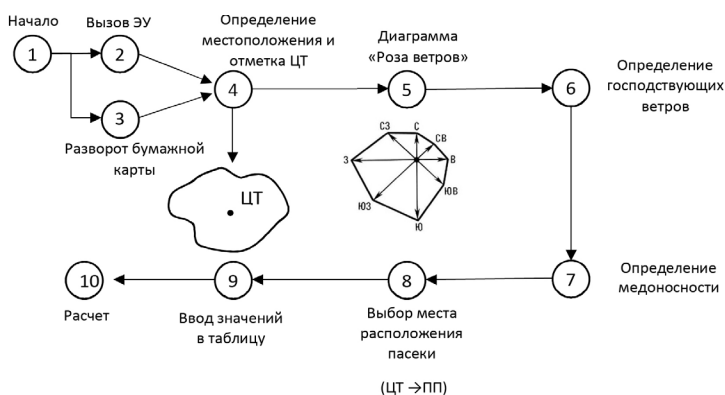


Рис. 3. Алгоритм построения модели системы поддержки принятия решений по выбору места расположения пасеки

С целью проектирования системы поддержки принятия решений в структуре АРМ пчеловода необходимо иметь математическую интерпре-

тацию диаграммы «роза ветров». Она может быть классической, числовой или комбинированной. Последняя является более предпочтительной, так как учитывает одновременно качественные и количественные характеристики, позволяет использовать показатели с разными единицами измерения. В этом случае необходимый для построения модели системы поддержки принятия решений алгоритм можно представить в виде рисунка 3.

Для проведения расчетов на заключительном этапе реализации представленного алгоритма необходимо ввести значения в специальную таблицу (шаг 9). При этом следует учитывать некоторые полученные эмпирическим путем значения скорости (V_1, V_2), а также дальности (S_D, S'_D) полета пчелы:

1. $V_1 \approx 30$ км/ч (наибольшая 40-60 км/ч при вылете из улья);
2. $V_2 \approx 13-22$ км/ч (наибольшая 25 км/ч с нектаром в улей);
3. $S_D = 4-5$ км (на открытой местности);
4. $S'_D = 11$ км (на местности со сложным рельефом).

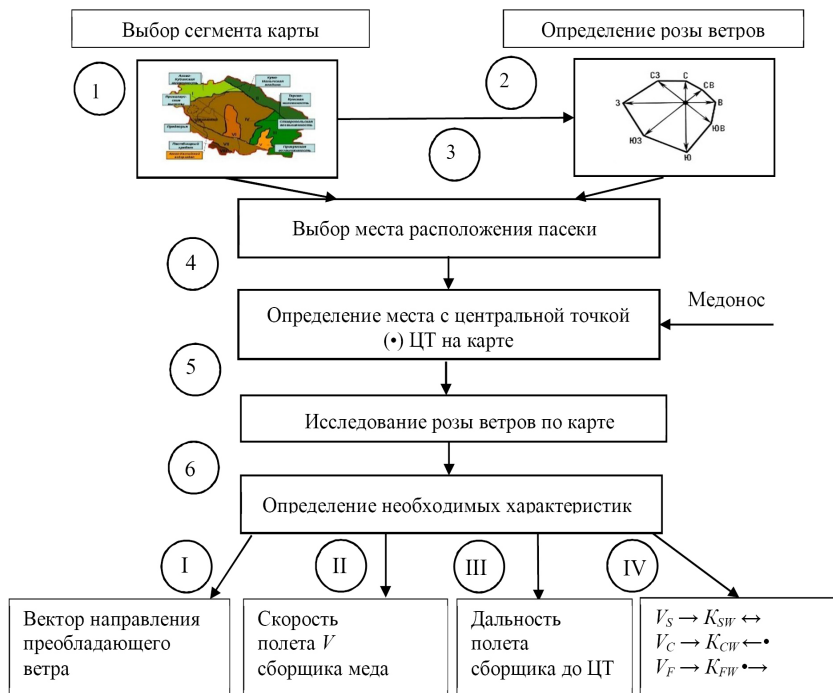


Рис. 4. Алгоритм проектирования программной платформы расчета показателей

Влияние бокового (S), встречного (C) и попутного (F) ветра на характеристики полета пчелы следует учитывать с помощью поправочных коэффициентов, фиксирующих снижающий или увеличивающий скорость эффект, а также соответствующие радиусы мониторинга местности и медосбора:


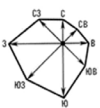
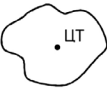


1. $V_S \rightarrow V_{SW} \rightarrow K_{SW} \leftrightarrow$ (снижает влево-вправо);
2. $V_C \rightarrow V_{CW} \rightarrow K_{CW} \leftarrow \bullet$ прямо (снижает прямо);
3. $V_F \rightarrow V_{FW} \rightarrow K_{FW} \bullet \rightarrow$ попутно (увеличивает попутно).

Для создания реализуемой с помощью АРМ специалиста программной платформы расчета показателей, учитывающих территориальные характеристики ветровых потоков, разработан алгоритм цифрового проектирования (рисунок 4).

С использованием шести основных блоков этого алгоритма возможно рассчитать прогнозные показатели работы пасеки, что необходимо для выбора наилучшего места ее расположения и ориентации ульев. Исходные, промежуточные и итоговые данные целесообразно представить в виде специальной таблицы (табл. 3).

Таблица 3.

Данные оптимального выбора места расположения пасеки

№	Сегмент карты	Роза ветров	Положение центральной точки (ЦТ)	Расстояние до ЦТ	Коэффициенты	Скорость
1					$K_{SW} \leftrightarrow$ $K_{CW} \leftarrow \bullet$ $K_{FW} \bullet \rightarrow$	V_w (ветра) V_1, V_2, \dots, V_n (сборщика меда)
	Количественные характеристики розы ветров		Размещение пасеки и ориентация ульев		Время доставки	Вес и объем
2	С, Ю, В, З, СВ, СЗ, ЮВ, ЮЗ		СВ, СЗ, ЮВ, ЮЗ  Оптимальные значения		$t_{delivery}$ (время доставки) t_{delay} (время задержки)	P G

В рамках реализации известных, а также вышеуказанных методологических и методических положений цифровизации промышленного пчеловодства была разработана специальная программная платформа Worker.bee, апробация которой проведена на базе сельскохозяйственных организаций, в том числе крестьянских (фермерских) хозяйств Новоалексан-

дровского района Ставропольского края. При выборе рациональных мест размещения пасек ООО «САИДА», КФК Митрофанова И.А., КФХ Калугиной В.А. пользовались информационной платформой Worker.bee, а СПК Колхоз «Родина», КФХ Колесникова Д.А., КФХ Зайцева С.И. применяли традиционные инструменты ведения производства. Медосбор осуществлялся пчелами различного численного и видового составов [4], среди которых доминировали особи двух пород: «Карпатская» и «Серая горная кавказская». Сравнительный анализ результативных показателей в натуральном выражении в расчете на одну пчелосемью проводился в период с 2021 по 2023 годы в совокупности двух основных видов пчеловодческой продукции: меда и воска. Сбор прополиса осуществлялся только двумя пасаками, поэтому при проведении эксперимента нами не учитывался (табл. 4).

Таблица 4.

Эффективность использования платформы Worker.bee в производстве продукции пчеловодства

Показатели	Размещение пасек с применением Worker.bee	Традиционный выбор мест размещений пасек
Сила пчелиных семей карпатской породы при весенней ревизии 2023 г., улочек	6,91	6,98
Сила пчелиных семей породы «Серая горная кавказская» при весенней ревизии 2023 г., улочек	7, 14	7, 02
Среднегодовая медопродуктивность пчелосемьи карпатской породы, кг	70,45	58,26
Среднегодовая медопродуктивность пчелосемьи породы «Серая горная кавказская», кг	78,84	61,51
Получено воска в расчете на 1 пчелосемью карпатской породы, кг/год	2,27	1, 82
Получено воска в расчете на 1 пчелосемью породы «Серая горная кавказская», кг/год	2, 13	1,59

Сила пчелиных семей при весенней ревизии имела примерно равные значения в обеих группах хозяйств, что позволяет сделать вывод о наличии одинаковых стартовых условий организации производства. Существенные различия проявились в результативных показателях получения продукции. Так, использование платформы Worker.bee привело к повышению удельной медопродуктивности пчелиной семьи карпатской породы в 1,21 раза, по сравнению с данными контрольной группы. Также в 1,25 раза увели-

чился удельный показатель получения воска. Пасеки с пчелами породы «Серая горная кавказская» получили меда в 1,28 раза больше, используя разработанную информационную платформу. По воску превышение над контрольной группой оказалось еще более значимым – в 1,34 раза.

Заключение

Предложенные цифровые инструменты поддержки принятия рациональных управленческих решений специалистами сельского хозяйства, занимающимися пчеловодством, позволяют автоматизировать технологические процессы оптимизации размещения и обслуживания пасек. Разработанный алгоритм проектирования программной платформы расчета показателей предусматривает полный комплекс соответствующих операций – от выбора сегмента местности с потенциально медоносной растительностью до определения прогнозных значений объемов получаемой продукции. Соответствующая программная платформа должна быть адаптирована к конкретному региону, учитывать его почвенно-климатические и пространственные особенности. Необходимым условием ее успешного применения является наличие у принимающих управленческие решения специалистов практических навыков работы с программным обеспечением технологических процессов агропромышленного комплекса. Практическое применение предложенного алгоритма и соответствующих ему методических рекомендаций будет способствовать выводу отрасли промышленного пчеловодства на более высокий уровень развития, что выразится в производстве максимального количества качественной продукции меда и сопутствующих продуктов при низких ресурсных затратах.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации программы академического лидерства ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ «Приоритет – 2030».

Список литературы

1. Абрикосов Х.Н. Техника американского пчеловодства. М: ОГИЗ, 1946. 119 с.
2. Аветисян Г. А. Пчеловодство. М: Колос, 1982. 295 с.
3. Вавилова Д. С., Найденьшева Е. А., Шашкова И. Г. Цифровые технологии в пчеловодстве // Цифровая экономика: новые вызовы в повышении финансовой грамотности населения: материалы студенческой науч-

- но-практической конференции. Рязань: Рязанский государственный агро-технологический университет им. П.А. Костычева, 2020. С. 22-24.
4. Девяткин А.М., Маркова И.А. Видовой состав и численность одиночных пчёл – опылителей семенной люцерны в Краснодарском крае // Труды Кубанского ГАУ. Выпуск 1(58). Краснодар. 2016. С. 99-107.
 5. Михайлов А. С. Производительность пчелиной семьи и некоторые качества пчел, доступные измерению // Опытная пасека. 1927, № 10. С. 314-317.
 6. Пат. № 2694888 Российская Федерация, МПК G 01 S 13/66. Устройство для автоматического сопровождения объекта слежения/ Герасимов В.П., Сапожников В.И., Ковалев В.Д., Трошков А.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ. №2018141481; заявл. 26.11.2018; опубл. 18.07.2019, Бюл. №20. 6с.
 7. Свидетельство № 2015611123. Мониторинг и классификация медоносных растений и садово-ягодных культур: программа для ЭВМ / А.М. Трошков, В.П. Герасимов, В.И. Сапожников; правообладатель ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет (RU). Заявл. 24.11.2014; опубл. 20.02.2015, 1,1 Мб.
 8. Свидетельство №2014610701. Электронное учебное пособие по дисциплине «Информационные технологии в пчеловодстве»: программа для ЭВМ / А.М. Трошков, В.И. Сапожников, В.В. Дальвадянец, Д.С. Фитисов; правообладатель ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет (RU). Заявл. 19.11.2013; опубл. 20.02.2014. 243 Мб.
 9. Современные проблемы пчеловодства и пути их решения / С. Антимиров, О. Верещака, А. Маннапов, О. Антимирова // Пчеловодство. 2016. № 4. С. 9-11.
 10. Стельмашонок Е. В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: анализ перспектив / Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 2. С. 336-365. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>
 11. Теоретическая модель определения направления полета пчел для мониторинга медоносности с/х культур и управления процессом передачи информации в пчелосемью / А.М. Трошков, В.П. Герасимов, В.И. Сапожников, О.Н. Кусакина // Вестник АПК Ставрополя». 2014. № 3(15). С. 45–51.
 12. Трошков А.М., Жук А.П. Концепция цифровизации автоматизированной системы управления биологическим организмом пчелосемьи// Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования: монография. Пенза: Наука и Просвещение, 2019. С. 182-201.

13. Трошков А.М. Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений пчеловода. / А.М. Трошков, И.П. Кузьменко // Вестник АПК Ставрополя. 2013. №4 (12). С. 146-151.
14. Чупахина О. К. Проблемы современного пчеловодства России/ О.К. Чупахина, Т.С. Беспалова // Пчеловодство. 2020. № 3. С. 3-4.
15. Dovganeva Yu. A. The ecosystem of vertical farms: A conceptual framework / Yu. A. Dovganeva, Yu. V. Katrashova, T. V. Kirillova // Food Systems. 2023. Vol. 6, No. 4. P. 504-511. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-504-511>
16. Kotliarov I. D. Heterogeneity of stakeholders as an obstacle to the development of agricultural cooperatives in Russia // Russian Peasant Studies. 2022. Vol. 7, No. 4. P. 20-32. <https://doi.org/10.22394/2500-1809-2022-7-4-20-32>
17. Substantiation of the weed control system when placing grain production in microzones of the Central Chernozem region / I. V. Dudkin, N. V. Dolgopolova, D. I. Zhilyakov [et al.] // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002011>
18. Trends of evolution of food security: digital transformation, social entrepreneurship and human dignity / V. V. Bakharev, G. Yu. Mityashin, E. V. Stelmashonok [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 363-391. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-2-363-391>

References

1. Abrikosov Kh.N. *Tekhnika amerikanskogo pchelovodstva*. [The technique of American beekeeping]. Moscow: OGIZ, 1946, 119 p.
2. Avetisyan G. A. *Pchelovodstvo* [Beekeeping]. Moscow: Kolos, 1982, 295 p.
3. Vavilova D. S., Naydenysheva E. A., Shashkova I. G. Tsifrovye tekhnologii v pchelovodstve [Digital technologies in beekeeping]. *Tsifrovaya ekonomika: novye vyzovy v povyshenii finansovoy gramotnosti naseleniya: materialy studentcheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Ryazan'*: Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva [Digital economy: new challenges in improving financial literacy of the population: materials of the student scientific-practical conference], 2020, pp. 22-24.
4. Devyatkin A.M., Markova I.A. Vidovoy sostav i chislennost' odinochnykh pchel – opyliteley semennoy lyutserny v Krasnodarskom krae [Species composition and number of single pollinating bees of seed alfalfa in the Krasnodar Territory]. *Trudy Kubanskogo GAU*, 2016, iss. 1(58), pp. 99-107.

5. Mikhaylov A. S. Proizvoditel'nost' pcheliny sem'i i nekotorye kachestva pchel, dostupnye izmereniyu [The productivity of the bee family and some of the qualities of bees that can be measured]. *Opytnaya paseka*, 1927, no. 10, pp. 314-317.
6. Pat. No. 2694888 Russian Federation, IPC G 01 S 13/66. Ustroystvo dlya avtomaticheskogo soprovozhdeniya ob"ekta slezheniya [Device for automatic tracking of a tracking object]. V.P. Gerasimov, V.I. Sapozhnikov, V.D. Kovalev, A.M. Troshkov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Stavropol State Agrarian University, No. 2018141481. Appl. 26.11.2018. Publ. 18.07.2019. Bul. No. 20. 6 p.
7. Certificate No. 2015611123. Monitoring i klassifikatsiya medonosnykh rasteniy i sadovo-yagodnykh kul'tur: programma dlya EVM [Monitoring and classification of honey plants and horticultural crops: computer program]. A.M. Troshkov, V.P. Gerasimov, V.I. Sapozhnikov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Stavropol State Agrarian University, Appl. 24.11.2014; Publ. 20.02.2015, 1,1 Mb.
8. Certificate No. №2014610701. Elektronnoe uchebnoe posobie po distsipline «Informatsionnye tekhnologii v pchelovodstve»: programma dlya EVM [Electronic textbook for the discipline "Information technologies in beekeeping": computer program]. A.M. Troshkov, V.I. Sapozhnikov, V.V. Dal'vadyants, D.S. Fitsov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Stavropol State Agrarian University. Appl. 19.11.2013. Publ. 20.02.2014. 243 Mb.
9. Antimirov S., Vereshchaka O., Mannapov A., Antimirova O. Sovremennyye problemy pchelovodstva i puti ikh resheniya [Modern problems of beekeeping and ways to solve them]. *Pchelovodstvo*, 2016, no. 4, pp. 9-11.
10. Stelmashonok, E. V., Stelmashonok, V. L. Digital transformation of the agro-industrial complex: analysis of prospects / E. V. Stelmashonok, V. L. Stelmashonok. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 336-365. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>
11. Troshkov A.M., Gerasimov V.P., Sapozhnikov V.I., Kusakina O.N. Teoreticheskaya model' opredeleniya napravleniya poleta pchel dlya monitoringa medonosnosti s/kh kul'tur i upravleniya protsessom peredachi informatsii v pchelosem'yu [A theoretical model for determining the direction of flight of bees for monitoring the honey yield of agricultural crops and controlling the process of transmitting information to the bee family]. *Agricultural bulletin of Stavropol region*, 2014, no. 3(15), pp. 45–51.
12. Troshkov A.M., Zhuk A.P. Kontseptsiya tsifrovizatsii avtomatizirovannoy sistemy upravleniya biologicheskim organizmom pchelosem'ya [The concept of digitalization of the management system of a biological organism of a bee colony].

- lization of an automated control system for the biological organism of a bee colony]. *Fundamental'nye osnovy innovatsionnogo razvitiya nauki i obrazovaniya: monografiya* [Fundamental principles of innovative development of science and education: monograph]. Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ., 2019, pp. 182-201.
13. Troshkov A.M., Kuz'menko I.P. Informatsionno-analiticheskaya sistema podderzhki prinyatiya resheniy pchelovoda [An information and analytical decision support system for a beekeeper]. *Agricultural bulletin of Stavropol region*, 2013, no. 4 (12), pp. 146-151.
 14. Chupakhina O. K., Bespalova T.S. Problemy sovremennoogo pchelovodstva Rossii [Problems of modern beekeeping in Russia]. *Pchelovodstvo*, 2020, no. 3. pp.
 15. Dovganeva Yu. A. The ecosystem of vertical farms: A conceptual framework / Yu. A. Dovganeva, Yu. V. Katrashova, T. V. Kirillova. *Food Systems*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 504-511. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-504-511>
 16. Kotliarov I. D. Heterogeneity of stakeholders as an obstacle to the development of agricultural cooperatives in Russia . *Russian Peasant Studies*, 2022, vol. 7, no. 4, pp. 20-32. <https://doi.org/10.22394/2500-1809-2022-7-4-20-32>
 17. Substantiation of the weed control system when placing grain production in microzones of the Central Chernozem region / I. V. Dudkin, N. V. Dolgoplova, D. I. Zhilyakov [et al.]. *E3s web of conferences: VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, March 29-31, 2023*. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023, p. 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002011>
 18. Trends of evolution of food security: digital transformation, social entrepreneurship and human dignity / V. V. Bakharev, G. Yu. Mityashin, E. V. Stelmashonok [et al.]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 363-391. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-2-363-391>

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Кузьменко Владимир Викторович, доктор экономических наук, профессор
ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет
ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
kuzmenko.v.v@mail.ru

Трошков Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
troshkov1954@mail.ru

Кузьменко Ирина Петровна, кандидат экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
lkip11@mail.ru

Глотова Ирина Ивановна, кандидат экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет
пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация
irin-glotova@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Kuzmenko, Doctor of Economics, Professor
North Caucasus Federal University
1, Pushkin Str., Stavropol, 355017, Russian Federation
kuzmenko.v.v@mail.ru

Aleksandr M. Troshkov, Candidate of Technical Science, Associate Professor
Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskyy lane, Stavropol, 355017, Russian Federation
troshkov1954@mail.ru

Irina P. Kuzmenko, Candidate of Economic Science, Associate Professor
Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskyy lane, Stavropol, 355017, Russian Federation
lkip11@mail.ru

Irina I. Glotova, Candidate of Economic Science, Associate Professor
Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskyy lane, Stavropol, 355017, Russian Federation
irin-glotova@yandex.ru

Поступила 04.03.2024
После рецензирования 01.04.2024
Принята 05.04.2024

Received 04.03.2024
Revised 01.04.2024
Accepted 05.04.2024