

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРГОВЫХ СОТОВ

D.N. Byshov, D.E. Kashirin, S.S. Morozov

THE RESEARCH OF OPTICAL CHARACTERISTICS OF BEE BREAD HONEYCOMBS

Бышов Д.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: kadm76@mail.ru

Каширин Д.Е. – д-р техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: kadm76@mail.ru

Морозов С.С. – соиск. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: mars37603@mail.ru

Byshov D.N. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Machine and Tractor Park Operation, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan.

E-mail: kadm76@mail.ru

Kashirin D.E. – Dr. Techn. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan.

E-mail: kadm76@mail.ru

Morozov S.S. – Applicant, Chair of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan.

E-mail: mars37603@mail.ru

Представлены результаты исследования оптических характеристик перговых сотов с применением ИК-спектроскопии. Рассмотрена конструкция и принцип работы ИК-Фурье спектрометра. Исследование оптических характеристик перговых сотов во всех диапазонах инфракрасного излучения производили в ИК-Фурье спектрометре Perkin Elmer Frontier. Для проведения исследования из заранее осушенных от меда сотов формировали по два образца размером 50×50 мм, заполненных пергой, после чего один из образцов подвергали конвективной сушке на протяжении 50 ч. Описаны методика проведения исследования и общий вид установки во время проведения исследования оптических характеристик перговых сотов. По результатам исследования были построены спектральные характеристики перговых сотов. Полученные результаты эксперимента показывают, что перговые соты являются хорошим поглотителем ИК энергии. Из полученных данных видно, что с увеличением длин волн значение коэффициента отражения увеличивается. Степень черноты перговых сотов практически не зависит от влажности и происхождения, а его среднее значение составляет 0,885–0,886. В свою оче-

редь, значение нормального коэффициента отражения незначительно уменьшается с 0,0581 до 0,0575. Анализ спектральных характеристик перговых сотов показывает явно выраженные максимумы поглощения ИК-излучения. Из построенных спектральных характеристик сотов в диапазоне температур от 25 до 65 °С видно, что с увеличением температуры выше 40 °С поглощение ИК-излучения перговыми сотами значительно увеличивается. Наибольшие значения поглощения перговыми сотами нативной влажности наблюдаются при диапазонах температур 55–56; 51–52 и 46–48 °С.

Ключевые слова: пчелиные соты, перга, ИК-излучение, вакуумная сушка, оптические характеристики.

The results of the research of optical characteristics of bee bread honeycombs using infrared spectroscopy were presented. The study described the design and principle of operation of ИК-Fourier spectrometer. The research of optical characteristics of bee bread honeycombs in all ranges of infrared radiation was carried out in a Perkin Elmer Frontier spectrometer. For carrying out the research, the combs of 50×50 mm size filled with bee

bread were formed from honeycombs that had been drained from honey beforehand, after which one of the samples was subjected to convective drying for 50 hours. The technique of carrying out the research and general view of the installation during the research of optical characteristics of bee bread honeycombs was described. According to the results of the study, spectral characteristics of bee bread honeycombs were constructed. Received results of the research showed that bee bread honeycombs were good absorbers of IR energy. From the data obtained it can be seen that with increasing wavelengths the value of the reflection coefficient increases. The degree of honeycombs' blackness was almost independent of the humidity and origin, and its average value made 0.885–0.886. In turn, the value of normal reflection coefficient decreased slightly from 0.0581 to 0.0575. The analysis of spectral characteristics of bee bread honeycombs showed clearly expressed maximums of the absorption of infrared radiation. From constructed spectral characteristics of honeycombs in the temperature range from 25 °C to 65 °C it was seen that with increasing temperature above 40 °C the absorption of IR-radiation by bee bread honeycombs increased significantly. The highest values of absorption by bee bread honeycombs of native humidity were observed at temperature ranges of 55–56 °C, 51–52 °C, and 46–48 °C.

Keywords: honeycomb, bee bread, infrared radiation, vacuum drying, optical characteristics.

Введение. Пчеловодство во всем мире является важнейшей отраслью сельского хозяйства, позволяющей улучшить качество плодов и семян и повысить их урожайность [1, 2]. Помимо этого в настоящее время наблюдается повышение спроса на продукты пчеловодства в связи с ростом осведомленности населения о преимуществах данных продуктов [3–5]. К одним из таких продуктов относится перга. Насыщенная биологически-активными компонентами перга является уникальными природными лекарственными препаратом, применяемым для лечения и профилактики целого ряда заболеваний [2–4].

Наиболее энергозатратной операцией при извлечении перги является ее сушка [6, 7]. Сушка – важная операция в технологии извле-

чения перги из сотов, так как качественная сушка обеспечивает возможность измельчения сотов таким образом, чтобы наибольший процент комочков перги остался целым [8–15]. Одним из возможных вариантов решения данной задачи является применение инфракрасных нагревателей, формирующих прочную геометрию перговых комочков [16]. Преимуществами данного способа является уменьшение энергоемкости процесса за счет его активного поглощения непосредственно молекулами воды в продукте. Однако интенсивность нагрева материала при применении инфракрасной сушки зависит только от оптических характеристик продукта.

В настоящее время исследованием оптических характеристик перговых сотов с целью выявления химического состава (количества сахаров, витаминов и других веществ) занимались А. Wroblewska, Z. Warakomska, M. Kaminska, N. Hudz, O. Bobiș и др. [1]. В качестве основного метода исследования оптических характеристик перговых сотов данными авторами был выбран спектрофотометрический анализ содержимого пергового сота, растворенного в воде.

Однако данные исследования оптических характеристик перговых сотов не применимы для инфракрасной сушки, так как они рассматривают лишь ближний диапазон инфракрасного излучения.

Цель исследования: определение спектрального диапазона инфракрасного излучения, обеспечивающего минимальную энергоемкость процесса сушки перги.

Материалы и методы исследования. Исследование оптических характеристик перговых сотов во всех диапазонах инфракрасного излучения производили в ИК-Фурье спектрометре Perkin Elmer Frontier.

Основной частью ИК-Фурье спектрометра является интерферометр Майкельсона, состоящий из источника ИК излучения 1, неподвижного 2 и подвижного 3 зеркал, светоделителя 4 и фотоприемника 5. Полученные фотоприемником 5 сигналы проходят через усилитель 6, обрабатываются аналогово-цифровым преобразователем 7, после чего пересылаются в ЭВМ 8 (рис. 1). Полученные данные преобразуются методом быстрого преобразования Фурье и выводятся на экран.

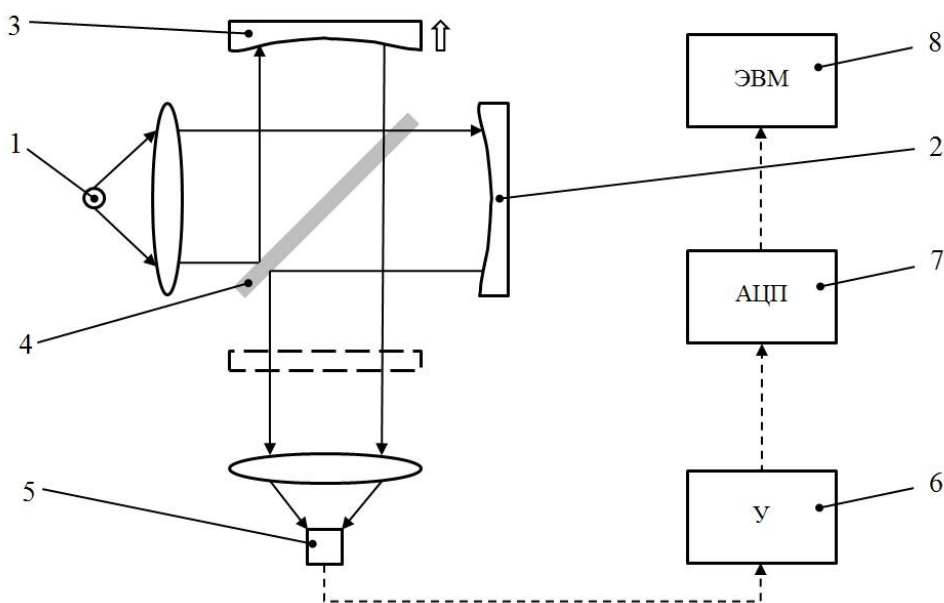


Рис. 1. Структурная схема ИК-Фурье спектрометра:

1 – источника ИК излучения; 2 – неподвижное зеркало; 3 – подвижное зеркало; 4 – светоделитель; 5 – фотоприемник; 6 – усилитель; 7 – аналогово-цифровой преобразователь; 8 – ЭВМ

По результатам обработки регистрируемых частот ЭВМ формирует таблицу со спектральными коэффициентами отражения R .

Спектральные коэффициенты отражения R могут быть преобразованы в единицы $\log(1/R)$. Данные единицы показывают относительное количество инфракрасной энергии, поглощенной при измерении в режиме отражения. Таким образом, они эквивалентны оптической плотности (поглощению) A и вычисляются по формуле

$$A \equiv \log(1/R) = \log(100/\%R). \quad (1)$$

Преобразование длин волн λ_i , соответствующих максимальной оптической плотности, в температуру излучения t производилось по уравнению Вина:

$$\lambda_i = \frac{b}{t + 273}, \quad (2)$$

где $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – постоянная Вина.

Расчет нормального коэффициента отражения при стандартной температуре 283 К производили по спектральным коэффициентам отражения $R_n(\lambda_i)$, измеренным на 30 длинах волн λ_i по формуле

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} R_n(\lambda_i). \quad (3)$$

Нормальный коэффициент эмиссии (нормальная степень черноты) ε_n при 283 К определяли по формуле

$$\varepsilon_n = 1 - R_n. \quad (4)$$

Так как максимально используемая длина волны ИК-Фурье спектрометра Perkin Elmer Frontier составляет 40 мкм, то погрешность измерений компенсируется введением поправочного коэффициента для вычисления коэффициента эмиссии.

Для проведения исследования были выбраны перговые соты из разных регионов Рязанской области. Из перговых сотов заготавливали по два образца, заполненных пергой, размером 50×50 мм, после чего один из образцов подвергали конвективной сушке на протяжении 50 ч.

Подготовленный образец 1 помещали в кювету 2 ИК-Фурье спектрометра 3, закрывали крышку прибора и запускали измерения.

Общий вид установки для определения оптических свойств перговых сотов показан на рисунке 2.



Рис. 2. Общий вид установки для определения оптических свойств перговых сотов:
1 – образец; 2 – кювета; 3 – ИК-Фурье спектрометр

По окончании исследования образцы взвешивали и определяли влажность в соответствии с методом, соответствующим требованиям ГОСТ 31776-2012, а сформированную ЭВМ таблицу со спектральными коэффициентами отражения R экспортировали в таблицу MS Excel для последующей обработки полученных данных.

Результаты исследования и их обсуждение. Статистические данные, полученные в ходе обработки полученных данных, приведены в таблице 1.

По результатам проведения исследования оптических характеристик перговых сотов были построены спектральные характеристики, представленные на рисунках 3, 4.

Для исследования изменения оптических характеристик перговых сотов в процессе сушки было произведено сравнение спектральных характеристик в диапазоне температур от 25 до 65 °C (рис. 5).

Таблица 1

Оптические характеристики перговых сотов

Образец	Влажность, %				Нормальный коэффициент отражения R_n				Коэффициент эмиссии ϵ			
	Повторность			W_{cp}	Повторность			R_{ncp}	Повторность			ϵ_{cp}
	W_1	W_2	W_3		R_{n1}	R_{n2}	R_{n3}		ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	
1	23,7	22,1	23,5	23,1	0,0693	0,05	0,055	0,0581	0,875	0,893	0,888	0,885
2	13,1	14,6	13,5	13,7	0,0554	0,0618	0,0554	0,0575	0,888	0,882	0,888	0,886

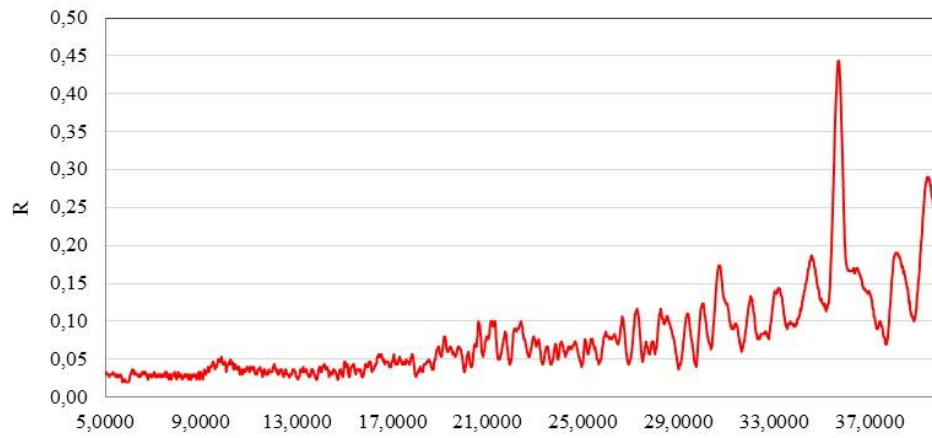


Рис. 3. Спектральная характеристика перговых сотов нативной влажности

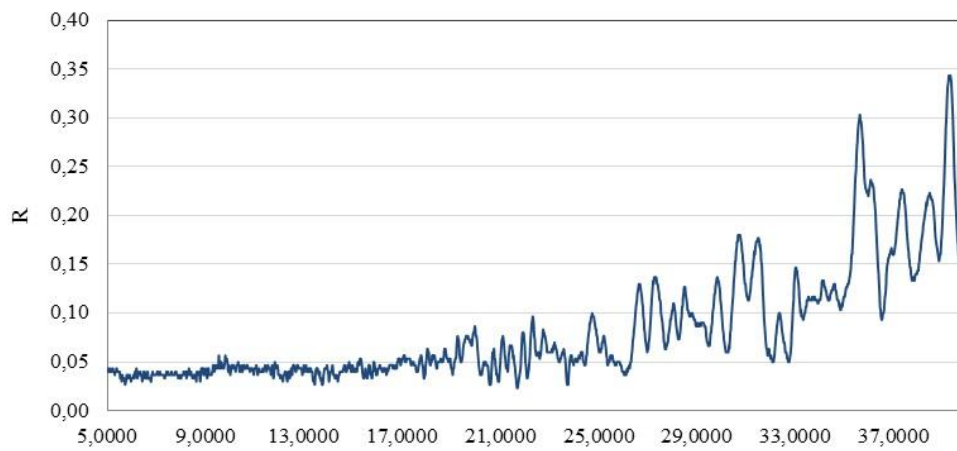


Рис. 4. Спектральная характеристика высушенных перговых сотов

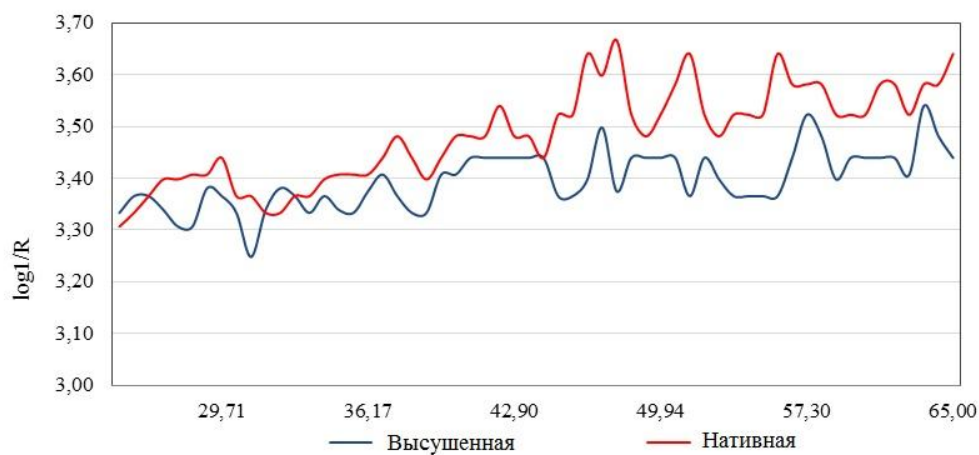


Рис. 5. Сравнение спектральных характеристик перговых сотов

На основании обработки полученных данных можно сделать вывод, что степень черноты перговых сотов практически не зависит от влажности и происхождения, а его среднее значение

составляет 0,885–0,886. Это означает, что перговые соты являются хорошим поглотителем ИК энергии. В свою очередь значение нормального коэффициента отражения незначительно уменьшается с 0,0581 до 0,0575.

Из построенных спектральных характеристик сотов в диапазоне температур от 25 до 65 °С видно, что с увеличением температуры значения поглощения до 40 °С практически не различаются. Однако при дальнейшем увеличении температуры поглощение ИК-излучения перговыми сотами нативной влажности увеличивается примерно на 4,5 %, а высушенных перговых сотов – на 2,3 %. Наибольшие значения поглощения перговыми сотами нативной влажности наблюдаются при диапазонах температур 55–56; 51–52 и 46–48 °С.

Выводы. На основании полученных результатов исследования можно сделать вывод, что перговые соты являются хорошим поглотителем ИК энергии. Наибольшие значения поглощения перговыми сотами нативной влажности в диапазоне температур от 25 до 65 °С наблюдаются при температурах 55–56; 51–52 и 46–48 °С.

Степень черноты перговых сотов практически не зависит от влажности и происхождения, а его среднее значение составляет 0,885–0,886. Значение нормального коэффициента отражения при уменьшении влажности продукта незначительно уменьшается с 0,0581 до 0,0575.

Литература

1. *Каширин Д.Е.* Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Рязань, 2013.
2. *Харитонова М.Н., Каширин Д.Е.* Качество перги, стабилизированной разными способами, в процессе ее хранения // Инновационные технологии в пчеловодстве: мат-лы науч.-практ. конф. – Рыбное, 2006. – С. 195–197.
3. Пат. № 2326531 РФ. Способ извлечения перги из сотов / *Д.Е. Каширин, А.В. Ларин, М.Е. Троицкая.* – Заявл. 19.12.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17. – 4 с.
4. Пат. № 2360407 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / *Д.Е. Каширин.* – Заявл. 02.04.2008; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19. – 5 с.
5. *Каширин Д.Е.* Способ и устройство для извлечения перги // Аграрный научный журнал. – 2010. – № 5. – С. 34–36.
6. Пат. № 2391610 РФ. Установка для сушки перги. – Заявл. 16.03.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 16. – 7 с.
7. Пат. № 2275563 РФ. F26B 21/04. Установка для сушки перги в сотах / *Д.Е. Каширин.* – Заявл. 29.11.2004; опубл. 27.04.2006, Бюл. № 12. – 5 с.
8. *Каширин Д.Е.* Обоснование параметров установки для извлечения перги из сотов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 11. – С. 26–27.
9. *Каширин Д.Е.* Исследование рабочего процесса измельчителя перговых сотов // Вестн. Москов. гос. агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина. – 2010. – № 1. – С. 24–27.
10. Пат. № 2367150 РФ. Установка для извлечения перги из перговых сотов / *Д.Е. Каширин.* – Заявл. 19.05.2008; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 26. – 7 с.
11. *Бышов Н.В., Каширин Д.Е.* Обоснование рациональных параметров измельчителя перговых сотов // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 6. – С. 134–138.
12. *Бышов Н.В., Каширин Д.Е.* Обоснование параметров измельчителя перговых сотов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 1. – С. 29–30.
13. *Бышов Д.Н., Успенский И.А., Каширин Д.Е.* и др. Исследование работы измельчителя воскового сырья // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 28–29.
14. *Каширин Д.Е.* Усовершенствование технологического процесса отделения перги от восковых частиц // Вестн. Москов. гос. агроинженерного ун-та им. В.П. Горячкина. – 2009. – № 4. – С. 24–26.
15. *Каширин Д.Е.* К вопросу отделения перги из измельченной воскоперговой массы // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 1. – С. 138–140.
16. *Каширин Д.Е.* Исследование массы и геометрических параметров перги и перговых сотов // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 152–154.

Literatura

1. *Kashirin D.E.* Jenergosberegajushhie tehnologii izvlechenija pergi iz sotov specializirovannymi sredstvami mehanizacii: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.20.01. – Rjazan', 2013.
2. *Haritonova M.N., Kashirin D.E.* Kachestvo pergi, stabilizirovannoj raznymi sposobami, v processe ee hranenija // Innovacionnye tehnologii v pchelovodstve: mat-ly nauch.-prakt. konf. – Rybnoe, 2006. – S. 195–197.
3. Pat. № 2326531 RF. Sposob izvlechenija pergi iz sotov / *D.E. Kashirin, A.V. Larin, M.E. Troickaja.* – Zajavl. 19.12.2006; opubl. 20.06.2008, Bjul. № 17. – 4 s.
4. Pat. № 2360407 RF. MPK A01K 59/00. Sposob izvlechenija pergi iz sotov / *D.E. Kashirin.* – Zajavl. 02.04.2008; opubl. 10.07.2009, Bjul. № 19. – 5 s.
5. *Kashirin D.E.* Sposob i ustrojstvo dlja izvlechenija pergi // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2010. – № 5. – S. 34–36.
6. Pat. № 2391610 RF. Ustanovka dlja sushki pergi. – Zajavl. 16.03.2009; opubl. 10.06.2010, Bjul. № 16. – 7 s.
7. Pat. № 2275563 RF. F26B 21/04. Ustanovka dlja sushki pergi v sotah / *D.E. Kashirin.* – Zajavl. 29.11.2004; opubl. 27.04.2006, Bjul. № 12. – 5 s.
8. *Kashirin D.E.* Obosnovanie parametrov ustanovki dlja izvlechenija pergi iz sotov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2009. – № 11. – S. 26–27.
9. *Kashirin D.E.* Issledovanie rabocheho processa izmel'chitelja pergovyh sotov // Vestn. Moskov. gos. agroinzhenernyj un-t im. V.P. Gorjachkina. – 2010. – № 1. – S. 24–27.
10. Pat. № 2367150 RF. Ustanovka dlja izvlechenija pergi iz pergovyh sotov / *D.E. Kashirin.* – Zajavl. 19.05.2008; opubl. 20.09.2009, Bjul. № 26. – 7 s.
11. *Byshov N.V., Kashirin D.E.* Obosnovanie racional'nyh parametrov izmel'chitelja pergovyh sotov // Vestn. KrasGAU. – 2012. – № 6. – S. 134–138.
12. *Byshov N.V., Kashirin D.E.* Obosnovanie parametrov izmel'chitelja pergovyh sotov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2012. – № 1. – S. 29–30.
13. *Byshov D.N., Uspenskij I.A., Kashirin D.E.* i dr. Issledovanie raboty izmel'chitelja voskovogo syr'ja // Sel'skij mehanizator. – 2015. – № 8. – S. 28–29.
14. *Kashirin D.E.* Usovershenstvovanie tehnologicheskogo processa otdelenija pergi ot voskovyh chastic // Vestn. Moskov. gos. agroinzhenernogo un-ta im. V.P. Gorjachkina. – 2009. – № 4. – S. 24–26.
15. *Kashirin D.E.* K voprosu otdelenija pergi iz izmel'chennoj voskopergovoj massy // Vestn. KrasGAU. – 2010. – № 1. – S. 138–140.
16. *Kashirin D.E.* Issledovanie massy i geometricheskikh parametrov pergi i pergovyh sotov // Vestn. KrasGAU. – 2010. – № 5. – S. 152–154.

