

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Биотехнологические исследования.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.16. Медицинская химия; 1.5.4. Биохимия; 1.5.6. Биотехнология
Дополнительная научная специальность ВАК: 3.4.1. Промышленная фармация и технология получения лекарств
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-87-8-108
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108
УДК 638.178:602:543.42. Поступила в редакцию 16 июня 2026 г.

Исследование микроструктуры подмора медоносных пчёл и его количественный анализ

© Волков⁺ Роман Геннадьевич, Батракова Галина Михайловна,
Волкова* Лариса Владимировна, Хайбуллин Руслан Гайсаевич

Кафедра охраны окружающей среды. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Комсомольский проспект, д.29. г. Пермь, 614990. Пермский край. Россия.
E-mail: wolkowalw@mail.ru ; 89963250366@mail.ru

*Ведущий направление; *Поддерживающий переписку

Ключевые слова: пчелиный подмор, сканирующая электронная микроскопия, химический состав.

Аннотация

В данной работе проведено комплексное исследование микроструктуры и фазового состава порошка подмора медоносных пчёл методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и рентгеновской дифрактометрии (XRD). Представлен аналитический обзор литературы, посвященный применению СЭМ-анализа для оценки качества продуктов пчеловодства (пыльцы, прополиса, маточного молочка), а также сравнительная характеристика влияния различных режимов сушки на морфологию биосырья.

Экспериментально изучен фазовый состав образцов на дифрактометре XRD-7000. Установлено, что исследуемый материал представляет собой многокомпонентную аморфную систему биоорганической природы с низкой степенью кристалличности. Результаты энергодисперсионного микроанализа подтвердили, что элементный состав образца типичен для биологических объектов и представлен преимущественно органогенными элементами (С, О, N).

Методами СЭМ установлено, что порошок подмора имеет полидисперсную структуру с пластинчатой морфологией частиц и выраженной слоистой фактурой поверхности. Рентгенофазовый анализ выявил отсутствие кристаллических фаз и наличие широкого диффузного максимума, характерного для биополимерных комплексов.

Элементный анализ показал преобладание органогенных элементов (более 96 % масс.), среди которых доминируют углерод (более 40 % масс.), кислород (более 36 % масс.) и азот (более 17 % масс.). Неорганическая фракция представлена преимущественно калием (менее 2 % масс.) и следами других элементов.

Работа демонстрирует высокую эффективность комбинированного использования СЭМ и РФА для детального изучения структуры и состава пчелиного подмора. Полученные результаты подтверждают перспективность применения данных методов для контроля качества сырья в фармацевтической и пищевой промышленности, а также обосновывают возможность использования подмора как ценного биосырья для разработки новых функциональных продуктов.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Волков Р.Г., Батракова Г.М., Волкова Л.В., Хайбуллин Р.Г. Исследование микроструктуры подмора медоносных пчёл и его количественный анализ. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.87. №8. С.108-113. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Волков Р.Г., Батракова Г.М., Волкова Л.В., Хайбуллин Р.Г. Исследование микроструктуры подмора медоносных пчёл и его количественный анализ. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.14. №3. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108/ROI-jbc-C/26-14-3-11 (Russian)

The output for citing the English online version of the article:

Study of the microstructure of honeybee drone powder and its quantitative analysis. Roman G. Volkov, Galina M. Batrakova, Larisa V. Volkova, Ruslan G. Khaibullin. *Butlerov Communications* C. 2026. Vol.14. No.3. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108/ROI-jbc-C/26-14-3-11

Литература

- [1] Ермакова Н.Ю., Рошаль А.Д., Сынчикова О.П., Сандомирский Б.П. Технология получения экстракта из пчелиного подмора. *Biotechnologia Acta*. **2010**. Т.3. №2. С.89-95. [N.Yu. Ermakova, A.D. Roshal, O.P. Synchikova, B.P. Sandomirsky. Technology for obtaining extract from bee brood. *Biotechnologia Acta*. **2010**. Vol.3. No.2. P.89-95. (Russian)]
- [2] T.G. Abdelmaksoud, *et al.* Drones and Workers of Honeybee *Apis mellifera* L. Dried Powder: Chemical composition, antioxidant, and anticancer assessment. *Food Science & Nutrition*. **2024**. Vol.12. No.12. P.10357-10369. DOI: 10.1002/fsn3.4581. PMID: 39723047; PMCID: PMC11666825.
- [3] Патент № 2727405 С1 Российская Федерация, МПК А23L 33/00. Способ получения функционального пищевого ингредиента на основе подмора пчёл: № 2019139886: заявл. 05.12.2019; опубл. 21.07.2020. Заявитель Берикашвили З.Н. 7с. [Patent No. 2727405 C1 Russian Federation, IPC A23L 33/00. Method for obtaining a functional food ingredient based on bee brood: No. 2019139886: filed 05.12.2019; published 21.07.2020. Applicant Z.N. Berikashvili. 7p. (Russian)]
- [4] Красочко П.А., Красочко И.А., Антонова З.А., *et al.* Изучение химического состава пчелиного подмора. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. *Сб. науч. тр. Белорус. гос. с.-х. акад. Горки*. **2021**. Вып.24. Ч.2. С.201-207. [P.A. Krasochko, I.A. Krasochko, Z.A. Antonova, *et al.* Study of the chemical composition of bee brood. Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry. *Collection of scientific papers. Belarusian State Agricultural Academy. Gorki*. **2021**. Iss.24. Pt.2. P.201-207. (Russian)]
- [5] Зуева О.Ю. Разработка биотехнологических процессов получения биологически активных соединений из медоносных пчел и исследование их свойств. *Автореф. кандид. диссертации*. **2004**. 28 с. [O.Yu. Zueva. Development of biotechnological processes for obtaining biologically active compounds from honey bees and study of their properties. *Abstract of PhD Thesis*. **2004**. 28p. (Russian)]
- [6] Лапынина Е.П., Будникова Н.В. Биологически активные компоненты в теле медоносной пчелы. *Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*. **2022**. Т.11. №1. С.146-150. [E.P. Lapynina, N.V. Budnikova. Biologically active components in the body of the honey bee. *Collection of Scientific Papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. **2022**. Vol.11. No.1. P.146-150. (Russian)]
- [7] Нурутдинова Ф.М., Ихтиярова Г.А., Курбонова Ф.Н. Получение и применение биоразлагаемого аминополисахарида хитозана из пчелиного подмора *Apis mellifera*. *Доклады Академии наук Республики Узбекистан*. **2017**. №6. С.37-41. [F.M. Nurutdinova, G.A. Ikhtiyarova, F.N. Kurbonova. Production and application of biodegradable aminopolysaccharide chitosan from bee brood *Apis mellifera*. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*. **2017**. No.6. P.37-41. (Russian)]
- [8] N.V. Budnikova, D.V. Mitrofanov, A.Z. Brandorf. The study of the mineral composition of the homogenate of the drone brood of honey bees "*Apis mellifera*". *AIP Conference Proceedings*. **2023**. Vol.2817. No.1. Art. 020016. DOI: 10.1063/5.0148394.
- [9] M.L. Dos Reis, *et al.* Atomic spectrometric techniques in bees and beehive products analysis for elemental determination and their use as environmental indicators. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. **2025**. Vol.48. Art. e00288. DOI: 10.1016/j.teac.2025.e00288.
- [10] R. Conde Boytel, E.H. Erickson, S.D. Carlson. Scanning electron microscopy of the honeybee, *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera: Apidae*) pretarsus. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*. **1989**. Vol.18. No.1. P.59-69. DOI: 10.1016/0020-7322(89)90036-6.
- [11] Study of the microstructure of honeybee drone powder and its quantitative analysis. Roman G. Volkov, Galina M. Batrakova, Larisa V. Volkova, Ruslan G. Khaibullin. *Butlerov Communications C*. **2026**. Vol.14. No.3. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108/ROI-jbc-C/26-14-3-11
- [12] Волков Р.Г., Батракова Г.М., Волкова Л.В., Хайбуллин Р.Г. Исследование микроструктуры подмора медоносных пчёл и его количественный анализ. *Бутлеровские сообщения C*. **2026**. Т.14. №3. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108/ROI-jbc-C/26-14-3-11 (Russian)

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/26-14-3-11

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-108/ROI-jbc-C/26-14-3-11

**Study of the microstructure of honeybee
drone powder and its quantitative analysis**

Roman G. Volkov,⁺ Galina M. Batrakova, Larisa V. Volkova,* Ruslan G. Khaibullin

Department of Environmental Protection. Perm National Research Polytechnic University. Komsomolsky Ave., 29. Perm, 614990. Perm Kray. Russia. E-mail: wolkowalw@mail.ru ; 89963250366@mail.ru

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Abstract

This research presents a comprehensive study of the microstructure and phase composition of honeybee drone powder using scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffractometry (XRD) techniques. The study includes an analytical review of literature focusing on the application of SEM analysis for assessing the quality of bee products such as pollen, propolis, and royal jelly, as well as a comparative evaluation of different drying modes' impact on the morphology of raw biological material.

Experimental analysis of the phase composition was conducted using an XRD-7000 diffractometer. It was determined that the studied material represents a multicomponent amorphous system of bioorganic nature with a low degree of crystallinity. The results of energy-dispersive microanalysis confirmed that the elemental composition of the sample is typical for biological objects, predominantly consisting of organogenic elements (C, O, N).

SEM analysis revealed that the bee drone powder exhibits a polydisperse structure with plate-like particle morphology and distinct layered surface texture. X-ray phase analysis detected the absence of crystalline phases and the presence of a broad diffuse maximum characteristic of biopolymer complexes.

Elemental analysis demonstrated the predominance of organogenic elements (over 96 wt.%), with carbon accounting for more than 40 wt.%, oxygen for over 36 wt.%, and nitrogen for more than 17 wt.%. The inorganic fraction was primarily represented by potassium (less than 2 wt.%) and trace amounts of other elements.

This work demonstrates the high effectiveness of combining SEM and XRD techniques for detailed study of the structure and composition of bee drone powder. The obtained results confirm the перспективность of applying these methods for quality control in pharmaceutical and food industries and substantiate the potential of using bee drone powder as valuable raw material for developing new functional products.