

УДК 615.19.071

<https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-4-53>

Растровая электронная микроскопия в анализе просвирника низкого травы

А. А. Гудкова✉, А. П. Лычагин, К. А. Дубровина, А. А. Горохова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»). 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ **Контактное лицо:** Гудкова Алевтина Алексеевна. **E-mail:** al.f84@mail.ru

ORCID: А. А. Гудкова – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>;
А. П. Лычагин – <https://orcid.org/0009-0004-3479-3704>;
К. А. Дубровина – <https://orcid.org/0009-0009-3081-8261>;
А. А. Горохова – <https://orcid.org/0009-0005-8874-4147>.

Статья поступила: 29.08.2025

Статья принята в печать: 06.10.2025

Статья опубликована: 10.10.2025

Резюме

Введение. В качестве дополнительного метода для уточнения топографии и особенностей строения структур, важных при оценке подлинности растительного объекта, в последнее время прибегают к использованию современных высокоточных методов, к которым относится растровая электронная микроскопия

Цель. Анализ морфологии поверхности просвирника низкого травы методом растровой электронной микроскопии.

Материалы и методы. Исследованию подвергалась просвирника низкого трава, произрастающая на территории Воронежской области и заготовленная во время массового цветения в 2023 году. Анализ морфологии поверхности просвирника низкого после напыления на нее графитовой нанопленки в вакууме углеродной нитью выполняли методом растровой электронной микроскопии (электронный микроскоп JSM-6510LV JEOL, Япония).

Результаты и обсуждение. Растровая электронная микроскопия позволила изучить рельеф поверхности исследуемого объекта. Уточнена топография трихом верхней стороны листа и строение основания, состоящего из розетки эпидермальных клеток, незначительно приподнятой над эпидермисом. На нижней стороне листа выявлено наличие многочисленных железистых трихом, включающих одно- или двуклеточную ножку и многоклеточную головку, клетки которой спадаются при высушивании растительного сырья. Эпидермальные клетки чашелистиков сильно извилистые, клеточные стенки имеют отчетливо заметные утолщения. Устьица крупные, многочисленные, встречаются на обеих сторонах листа и чашелистиках просвирника низкого. С помощью микрорентгеноструктурного анализа установлено, что калий и кальций являются мажорными элементами. Калий и магний в основном локализованы в тканях верхней стороны и лепестках чашечки, кальций и сера – в тканях нижней стороны листа, фосфор – в тканях лепестков чашечки.

Заключение. В работе уточнено и дополнено описание морфологических признаков, а также впервые приведены результаты исследования просвирника низкого травы с помощью растровой электронной микроскопии. Благодаря применению высокоточного метода анализа визуализированы и топографированы основные морфологические особенности просвирника низкого, уточнено строение диагностически значимых структур. Микрорентгеноструктурный анализ в конкретной области объекта позволил обозначить состав основных макро- и микроэлементов и установить преобладающее количество калия и кальция.

Ключевые слова: просвирник низкий, морфологические признаки, растровая электронная микроскопия, подлинность, микрорентгеноструктурный анализ

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А. П. Лычагин осуществлял сбор растительного сырья. А. А. Горохова и К. А. Дубровина выполняли экспериментальную часть, касающуюся оценки морфологических признаков просвирника низкого методом стереомикроскопии и растровой электронной микроскопии. А. А. Гудкова разработала план исследования, участвовала в обработке полученных данных и написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

© Гудкова А. А., Лычагин А. П., Дубровина К. А., Горохова А. А., 2025

© Gudkova A. A., Lychagin A. P., Dubrovina K. A., Gorokhova A. A., 2025

Для цитирования: Гудкова А. А., Лычагин А. П., Дубровина К. А., Горохова А. А. Растровая электронная микроскопия в анализе просвирника низкого травы. *Гербариум*. 2025;2(4):17–23. <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-4-53>

Scanning electron microscopy in the analysis of *Malva pusilla* Sm.

Alevtina A. Gudkova✉, Alexey P. Lychagin, Ksenia A. Dubrovina, Arina A. Gorokhova

Voronezh State University. 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russia

✉ **Corresponding author:** Alevtina A. Gudkova. **E-mail:** al.f84@mail.ru

ORCID: Alevtina A. Gudkova – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>;

Alexey P. Lychagin – <https://orcid.org/0009-0004-3479-3704>;

Ksenia A. Dubrovina – <https://orcid.org/0009-0009-3081-8261>;

Arina A. Gorokhova – <https://orcid.org/0009-0005-8874-4147>.

Received: 29.08.2025

Accepted: 06.10.2025

Published: 10.10.2025

Abstract

Introduction. As an additional method to clarify the topography and structural features of structures that are important in assessing the authenticity of a plant object, modern high-precision methods have recently been resorted to, which include scanning electron microscopy.

Aim. The purpose of the work was to analyse the morphology of the surface of the *Malva pusilla* Sm. by scanning electron microscopy.

Materials and methods. The study was conducted on the *Malva pusilla* Sm., an herb growing in the Voronezh Region and harvested during mass flowering in 2023. The morphology of the surface of *Malva pusilla* Sm. was performed by scanning electron microscopy (JSM-6510LV JEOL electron microscope, Japan) after spraying a graphite nanofilm onto it in vacuum using a carbon filament.

Results and discussion. Scanning electron microscopy made it possible to study the surface relief of the object under study. The topography of the trichomes of the upper side of the leaf and the structure of the base, consisting of a rosette of epidermal cells slightly elevated above the epidermis, have been clarified. On the underside of the leaf, the presence of numerous glandular trichomes was revealed, including a single or bicellular pedicle and a multicellular head, the cells of which collapse during drying of plant raw materials. The epidermal cells of the sepals are strongly sinuous, and the cell walls have clearly visible thickenings. The stomata are large, numerous, and occur on both sides of the leaf and the sepals of the plant. With the help of micro-X-ray structural analysis, it was established that potassium and calcium are the major elements. Potassium and magnesium are mainly localized in the tissues of the upper side and petals of the calyx, calcium and sulfur in the tissues of the lower side of the leaf, phosphorus in the tissues of the petals of the calyx.

Conclusion. The paper clarifies and supplements the description of morphological features, and also presents for the first time the results of a study of the *Malva pusilla* Sm. grass using scanning electron microscopy. Thanks to the use of a high-precision analysis method, the main morphological features of the *Malva pusilla* Sm. have been visualized and topographed, and the structure of diagnostically significant structures has been clarified. Microoentgenstructural analysis in a specific area of the facility made it possible to identify the composition of the main macro- and microelements and establish the prevailing amount of potassium and calcium.

Keywords: *Malva pusilla* Sm., morphological features, scanning electron microscopy, authenticity, micro-X-ray structural analysis

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Alexey P. Lychagin collected plant raw materials. Arina A. Gorokhova and Ksenia A. Dubrovina performed the experimental part concerning the assessment of morphological features of *Malva pusilla* using stereomicroscopy and scanning electron microscopy. Alevtina A. Gudkova developed a research plan, participated in the processing of the data obtained and writing the text of the article. All the authors participated in the discussion of the results.

For citation: Gudkova A. A., Lychagin A. P., Dubrovina K. A., Gorokhova A. A. Scanning electron microscopy in the analysis of *Malva pusilla* Sm. *Herbarium*. 2025;2(4):17–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-4-53>

Введение

Семейство мальвовых (*Malvaceae*) насчитывает около 252 родов¹, включая как полезные, так и сорные виды. Одним из наиболее широко представленных сорных видов является просвирник низкий (просвирник малый, мальва приземистая, *Málva pusilla* Sm.), встречающийся повсеместно, паразитирующий на посевах, частных территориях и т. д. В некоторых странах просвирник низкий включен в список высокоинвазивных растений (Европа, США, Канада и др.). В научной литературе просвирник низкий известен как богатый источник полисахаридов, рекомендованный в качестве отхаркивающего, противовоспалительного и иммуностимулирующего средства [1–4]. Следует отметить, что, несмотря на интерес ученых к данному объекту, уточнения требуют характеристики подлинности растительного сырья просвирника низкого.

В качестве дополнительного метода для уточнения топографии и особенностей строения структур, важных при оценке подлинности растительного объекта, в последнее время прибегают к использованию современных высокоточных методов, к которым относится растровая электронная микроскопия (РЭМ) [5–14]. Метод РЭМ и как отдельный метод, и в комбинации с другими [6, 15] пользуется большой популярностью в различных научных областях, в частности в медицине и фармации он применяется для изучения строения клеточных структур [16, 17], патоморфологических изменений в различных тканях [18], состояния полимерных покрытий коронарных стентов [19], оценки структуры микрокапсул и гелей [20, 21] и др. Подобную популярность РЭМ приобрела благодаря получению высокоточных снимков поверхности изучаемых объектов с разрешением, значительно превосходящим возможности оптической микроскопии.

Целью работы являлся анализ морфологии поверхности просвирника низкого травы методом растровой электронной микроскопии.

Материалы и методы

Исследованию подвергалась просвирника низкого трава, произрастающая на территории Новохоперского района Воронежской области и заготовленная во время массового цветения в 2023 году. Изучение внешних признаков просвирника низкого осуществляли без предварительной пробоподготовки с помощью микроскопа «Биомед-2» при увеличении $\times 40$ и $\times 100$ (Россия). Анализ морфологии поверхности просвирника низкого после напыления на нее графитовой нанопленки толщиной 3–5 микрон в вакууме углеродной нитью выполняли методом растро-

вой электронной микроскопии (электронный микроскоп JSM-6510LV JEOL, Япония) [5–9]. Осуществляли оценку и описание морфологических признаков обеих сторон листовой пластины, а также элементов цветка.

Исследование осуществляли в Центре коллективного пользования Воронежского государственного университета (ЦКП ВГУ²).

Результаты и обсуждение

Растровая электронная микроскопия относится к высокоточным методам анализа, ее очевидным преимуществом является возможность получения объемных изображений высокой точности.

Основные морфологические признаки, играющие ведущую роль при диагностике растительного сырья просвирника низкого травы, полученные при проведении стереомикроскопического исследования и с помощью РЭМ, приведены на микрофотографиях (рисунки 1–4).

При рассмотрении просвирника низкого листа с помощью стереомикроскопа (рисунок 1) видны фрагменты листовой пластины растения с отчетливо заметными зубчиками по краю. На верхней стороне листа просвирника низкого прослеживается сеть жилок, по краю листа (преимущественно) и по жилкам (редко – в центральной части, более часто – у основания листа) визуализируются редкие одноклеточные простые трихомы. На нижней стороне листа просвирника низкого отчетливо заметны выступающие жилки, трихомы двух видов: простые одноклеточные, представленные длинной, игловидно вытянутой клеткой, с незначительно приподнятым основанием; простые трихомы, представленные одной, двумя или тремя расходящимися вытянутыми клетками, базирующимися на колбовидном многоклеточном основании, состоящем из агломерации эпидермальных клеток, сильно приподнятом над поверхностью листа. Чашелистики просвирника низкого сильно опушены трихомами, аналогичными по строению трихомам нижней стороны листа.

Применение РЭМ позволяет получить высококачественные снимки поверхности исследуемого объекта при большом увеличении (до ув. $\times 3000$), что дает возможность с высокой степенью достоверности описать диагностически важные элементы (рисунки 2–4). При использовании РЭМ отчетливо виден рельеф исследуемого объекта, представленный изодиаметрическими клетками эпидермиса со слабо (на верхней стороне) или сильно (на нижней стороне) извилистыми и уплотненными клетками. Устьица анизоцитного типа расположены на обеих сторонах с преобладанием на нижней стороне лис-

¹The world flora online. *Málva pusilla* Sm. Available at: <https://wfo.plantlist.org/taxon/wfo-0000449525-2025-06>. Accessed: 27.09.2025.

²Центр коллективного пользования научным оборудованием (ЦКПНО). Доступно по: <http://ckp.vsu.ru>. Ссылка активна на 27.09.2025.

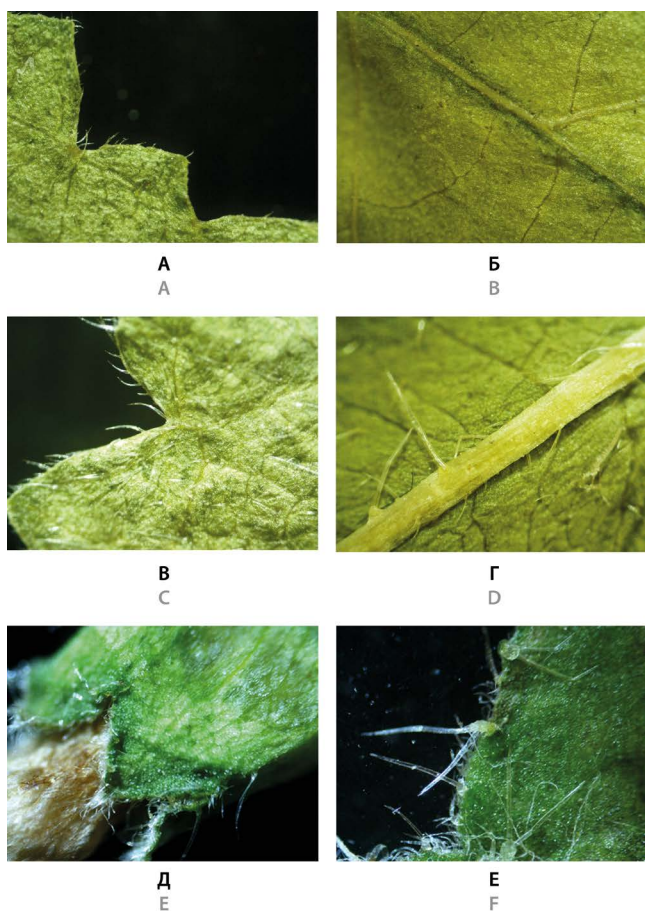


Рисунок 1. Стереомикроскопическое исследование просвирника низкого листа и цветка:

1, 2 – верхняя сторона листа; 3, 4 – нижняя сторона листа; 5, 6 – цветок (×40)

Figure 1. Stereomicroscopic examination of leaf and flower of the *Malva pusilla*:

1, 2 – upper side of leaf; 3, 4 – lower side of leaf; 5, 6 – flower) (×40)

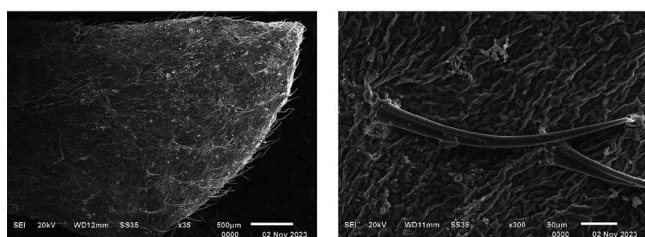


Рисунок 2. РЭМ-картина просвирника низкого листа (верхняя сторона)

Figure 2. REM image of the *Malva pusilla* (upper side)

та, овально-вытянутой формы, замыкающие клетки устьиц кутикулизованы, устьичные щели открыты. Установлено, что на верхней стороне листа просвирника низкого простые трихомы располагаются непосредственно по краю листа, а также в несколь-

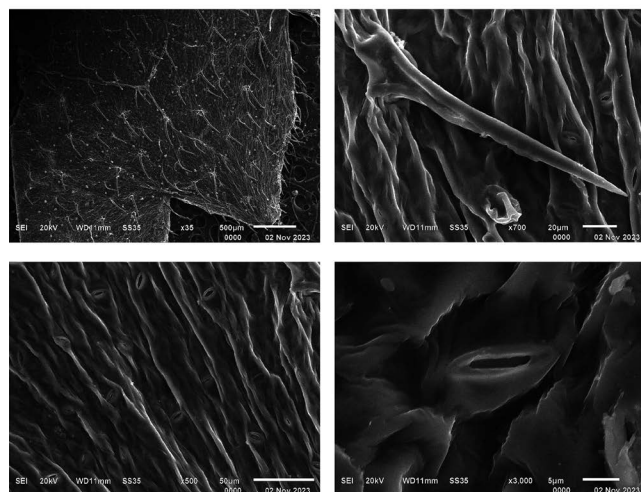


Рисунок 3. РЭМ-картина просвирника низкого листа (нижняя сторона)

Figure 3. REM image of the *Malva pusilla* (bottom side)

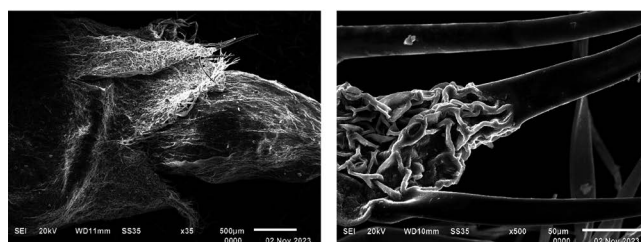


Рисунок 4. РЭМ-картина морфологических признаков просвирника низкого цветка

Figure 4. REM image of the *Malva pusilla* flower

ко рядов параллельно краю листа. Уточнено строение основания трихом верхней стороны листа, состоящего из розетки эпидермальных клеток, незначительно приподнятой над эпидермисом. Нижняя сторона листа по всей поверхности густо покрыта простыми трихомами, также выявлено наличие многочисленных железистых трихом, включающих одно- или двухклеточную ножку и многоклеточную головку, клетки которой спадаются при высушивании растительного сырья. Эпидермальные клетки чашелистиков сильно извилистые, клеточные стенки имеют отчетливо заметные утолщения. Устьица крупные, многочисленные, встречаются как по всей поверхности чашелистиков, так и на многоклеточных основаниях трихом.

Метод РЭМ дает возможность проведения не только анализа морфологии поверхности изучаемого образца, но и предварительной оценки содержания определенного перечня элементов в заданной точке объекта с помощью микрорентгеноструктурного анализа [22].

Таблица 1. Количественные характеристики основных макро- и микроэлементов в конкретных областях поверхности листовой пластинки и цветка просвирника низкого

Table 1. Quantitative characteristics of the main macro- and microelements in specific areas of the surface of the leaf blade and the flower of the *Malva pusilla*

Элемент Element	Верхняя поверхность листа Top side		Нижняя поверхность листа Bottom side		Чашечка Calyx petals	
	Вес, % Weight, %	Атом, % Atom, %	Вес, % Weight, %	Атом, % Atom, %	Вес, % Weight, %	Атом, % Atom, %
C	52,71	65,84	43,09	58,09	51,66	64,54
O	27,79	26,06	29,09	29,55	30,03	28,17
Mg	2,05	1,26	1,66	1,11	0,24	0,15
P	0,60	0,29	0,64	0,33	1,79	0,87
S	1,41	0,66	2,40	1,22	1,04	0,49
K	11,76	4,51	8,67	3,61	10,23	3,93
Ca	3,68	1,38	14,45	5,86	5,00	1,87

Количественные характеристики основных макро- и микроэлементов в конкретных областях поверхности листовой пластинки и цветка просвирника низкого приведены в таблице 1.

Учитывая органическую природу исследуемых образцов, можно отметить преобладающее количество углерода и кислорода, что не принималось во внимание при оценке результатов. Установлено, что все объекты, представленные на анализ, содержат в качестве мажорного элемента калий и кальций. Следует отметить, что калия больше содержится в тканях верхней стороны листа и лепестках чашечки, а кальция – в тканях нижней стороны листа. Выявлено, что магний локализован преимущественно в тканях верхней стороны листа, сера – в тканях нижней стороны листа, а фосфор – в тканях лепестков чашечки. Полученные данные дают первичное представление об элементном составе просвирника низкого и открывают перспективы для проведения дальнейших исследований минерального состава морфологических органов изучаемого растения.

Заключение

В работе уточнено и дополнено описание морфологических признаков, а также впервые приведены результаты исследования просвирника низкого травы с помощью растровой электронной микроскопии. Благодаря применению высокоточного метода анализа визуализированы и топографированы основные морфологические особенности просвирника низкого, уточнено строение диагностически значимых структур. Микрорентгеноструктурный анализ в конкретной области объекта позволил обозначить состав основных макро- и микроэлементов и установить преобладающее количество калия и кальция.

Литература

1. Devrim-Lanpir A., Ali Redha A., Freije A., Allehdan S., Madan D., Rondanelli M., Perna S. Analysis of the nutritional composition of round-leaved mallow (*Malva pusilla*) leaves. *Journal of Food Bioactives*. 2023;23:74–78. DOI: 10.31665/JFB.2023.18356.
2. Ibadullayeva S. J., Akhundova S. T., Movsumova N. V. Resource potential of annual and biennial motley grass forage plants of North-East part of the Lesser Caucasus. *International Research Journal*. 2020;7–1(97):164–169. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.027.
3. Addi Y.-W., Ren Z.-X., Rutherford S., Ding X.-Y., Guo C.-A., Zhang X., Zhang S., Liao H., Wang Y. Ethnobotanical study on medicinal plants used by the Yi people in Xiaoliangshan, Yunnan Province, SW China. *Journal of Ethnopharmacology*. 2024;323:117683. DOI: 10.1016/j.jep.2023.117683.
4. Дроздова И. Л., Бубенчиков Р. А. Состав и противовоспалительная активность полисахаридных комплексов фиалки душистой и мальвы низкой. *Химико-фармацевтический журнал*. 2005;39(4):29–32.
5. Гудкова А. А., Лычагин А. П. Растровая электронная микроскопия в анализе асперуги лежачей (*Asperugo procumbens* L.) травы. *Гербариум*. 2025;2(3):9–15. DOI: 10.33380/3034-3925-2025-2-3-34.
6. Дунилин А. Д., Тринеева О. В. Оценка подлинности цветков каштана конского (*Aesculus hippocastanum* L.) методом растровой электронной микроскопии. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2025;14(1):245–253. DOI: 10.33380/2305-2066-2025-14-1-1753.
7. Ковалёва Н. А., Тринеева О. В. Применение растровой электронной микроскопии для изучения морфолого-анатомических признаков облепихи крушиновидной листьев. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(2):79–86. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-2-79-86.
8. Гудкова А. А., Чистякова А. С., Синецкая Д. А., Сливкин А. И., Болгов А. С., Болгова М. А. Растровая электронная микроскопия в анализе видов рода *Persicaria* Mill. *Разработ-*

- ка и регистрация лекарственных средств. 2022;11(1):99–105. DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-99-105.
9. Пугачева О. В., Тринева О. В. Изучение морфологии и анатомии листьев аронии Мичурина различными микроскопическими методами. *Фармация*. 2023;72(6):19–25. DOI: 10.29296/25419218-2023-06-03.
 10. Pathana A. K., Bondb J., Gaskina R. E. Sample preparation for scanning electron microscopy of plant surfaces—Horses for courses. *Micron*. 2008;39(8):1049–1061. DOI: 10.1016/J.MICRON.2008.05.006.
 11. Sethi P. Scanning Electron Microscopic Analysis of *Pasiflora Incarnata*, Linn. Leaf. *Acta Scientific Agriculture*. 2019;3(11):149–151. DOI: 10.31080/ASAG.2019.03.0701.
 12. Han K. Y., Hong E. C., Lynn C. B., Subramaniam S. Scanning electron microscopy and histological analyses of *Ficus carica* L. cv. Black Jack. *International Journal of Agricultural Technology*. 2020;16(5):1101–1112.
 13. Lima I., Martinez S., Teixeira V., Gonzalez W. Morphological Analysis by Scanning Electron Microscopy of *Dictyota Menstrualis* in Natura and Following an Extraction Process. *Chemical Engineering Transactions*. 2019;75:571–576. DOI: 10.3303/CET1975096.
 14. Mohamad N. N., Rusdi N. A., Najwa N. Scanning Electron Microscopy Analysis of Early Floral Development in *Renanthera bella* J. J. Wood, an Endemic Orchid from Sabah. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 2020;43(3):377–389.
 15. Холлрихтер О., Шмидт У., Бройнингер С. Комбинация конфокальной рамановской и растровой электронной микроскопии RISE Microscopy: Correlative Raman-SEM Imaging. *Контроль и измерения*. 2015;2(56):50–57.
 16. Волова Л. Т., Пугачев Е. И., Рязанова Т. К., Нефедова И. Ф., Болтовская В. В., Максименко Н. А. Новые подходы к изучению жизнедеятельности клеток в разных условиях культивирования с оценкой растворенного в питательной среде кислорода. *Наука и инновации в медицине*. 2019;4(4):68–72. DOI: 10.35693/2500-1388-2019-4-4-68-72.
 17. Обыденный С. И., Киреев И. И., Пантелеев М. А. Вклад электронной микроскопии в исследование нарушений морфологии тромбоцитов. *Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии*. 2022;21(3):142–146. DOI: 10.24287/1726-1708-2022-21-3-142-146.
 18. Афанасьева Н. И., Немчанинова О. Б., Доровских В. А. Влияние дигидрохверцетина на патоморфологические изменения в коже больных вульгарным псориазом. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2010;2:67–70.
 19. Мадонов П. Г., Машковцев М. Р., Мишенина С. В., Дубровин А. В., Мирошников П. Н., Ершов К. И., Позднякова С. В. Структурное и функциональное состояние полимерного покрытия коронарных стентов после воздействия потоком ускоренных электронов. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2018;36(1):47–52. DOI: 10.15372/SSMJ20180107.
 20. Широкова А. Г., Пасечник Л. А., Борисов С. В., Яценко С. П. Электронная микроскопия для изучения микрокапсулированных объектов. *Аналитика и контроль*. 2010;14(2):95–99.
 21. Смирнова М. В., Петров А. Ю., Емельянова И. В. Изучение особенностей тонкой структуры лекарственного средства Тизоль геля. *Бутлеровские сообщения*. 2012;31(7):52–54.
 22. Ivanov K., Zaprianova P., Angelova V., Krustev S. Scanning Electron Microscopy and X-ray Diffraction in the Determination of Macroelements in Soil and Plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019;50(7):878–893. DOI: 10.1080/00103624.2019.1589491.

References

1. Devrim-Lanpir A., Ali Redha A., Freije A., Allehdan S., Madan D., Rondanelli M., Perna S. Analysis of the nutritional composition of round-leaved mallow (*Malva pusilla*) leaves. *Journal of Food Bioactives*. 2023;23:74–78. DOI: 10.31665/JFB.2023.18356.
2. Ibadullayeva S. J., Akhundova S. T., Movsumova N. V. Resource potential of annual and biennial motley grass forage plants of North-East part of the Lesser Caucasus. *International Research Journal*. 2020;7-1(97):164–169. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.027.
3. Addi Y.-W., Ren Z.-X., Rutherford S., Ding X.-Y., Guo C.-A., Zhang X., Zhang S., Liao H., Wang Y. Ethnobotanical study on medicinal plants used by the Yi people in Xiaoliangshan, Yunnan Province, SW China. *Journal of Ethnopharmacology*. 2024;323:117683. DOI: 10.1016/j.jep.2023.117683.
4. Drozdova I. L., Bubenchikov R. A. Composition and anti-inflammatory activity of polysaccharide complexes from *Viola odorata* L. and *Malva pusilla* Smith. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2005;39(4):29–32. (In Russ.)
5. Gudkova A. A., Lychagin A. P. Scanning electron microscopy in the analysis of *Asperugo procumbens* L. grass. *Herbarium*. 2025;2(3):9–15. (In Russ.) DOI: 10.33380/3034-3925-2025-2-3-34.
6. Dunilin A. D., Trineeva O. V. Assessment of the authenticity of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) flowers by scanning electron microscopy. *Drug development and registration*. 2025;14(1):245–253. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2025-14-1-1753.
7. Kovaleva N. A., Trineeva O. V. Application of Scanning Electron Microscopy to Study Morphological and Anatomical Features of Sea Buckthorn Leaves. *Drug development & registration*. 2023;12(2):79–86. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-2-79-86.
8. Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Sinetskaya D. A., Slivkin A. I., Bolgov A. S., Bolgova M. A. Scanning Electron Microscopy in the Analysis of Species of the Genus *Persicaria* Mill. *Drug development & registration*. 2022;11(1):99–105. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-99-105.
9. Pugacheva O. V., Trineeva O. V. The study of the morphology and anatomy of leaves aronia Mitchurinii by various microscopic methods. *Pharmacy*. 2023;72(6):19–25. (In Russ.) DOI: 10.29296/25419218-2023-06-03.
10. Pathana A. K., Bondb J., Gaskina R. E. Sample preparation for scanning electron microscopy of plant surfaces—Horses for courses. *Micron*. 2008;39(8):1049–1061. DOI: 10.1016/J.MICRON.2008.05.006.
11. Sethi P. Scanning Electron Microscopic Analysis of *Pasiflora Incarnata*, Linn. Leaf. *Acta Scientific Agriculture*. 2019;3(11):149–151. DOI: 10.31080/ASAG.2019.03.0701.
12. Han K. Y., Hong E. C., Lynn C. B., Subramaniam S. Scanning electron microscopy and histological analyses of *Ficus carica* L. cv. Black Jack. *International Journal of Agricultural Technology*. 2020;16(5):1101–1112.

13. Lima I., Martinez S., Teixeira V., Gonzalez W. Morphological Analysis by Scanning Electron Microscopy of *Dictyota Menstrualis* in Natura and Following an Extraction Process. *Chemical Engineering Transactions*. 2019;75:571–576. DOI: 10.3303/CET1975096.
14. Mohamad N. N., Rusdi N. A., Najwa N. Scanning Electron Microscopy Analysis of Early Floral Development in *Renanthera bella* J. J. Wood, an Endemic Orchid from Sabah. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 2020;43(3):377–389.
15. Hollrichter O., Schmidt U., Breuninger S. Combination of confocal Raman and scanning electron microscopy RISE Microscopy: Correlative Raman-SEM Imaging. *Monitoring and measurements*. 2015;2(56):50–57. (In Russ.)
16. Volova L. T., Pugachev E. I., Ryazanova T. K., Nefedova I. F., Boltovskaya V. V., Maksimenko N. A. New approaches to the study of cell vital activity cultivated in different growing conditions with analysis of oxygen in the medium. *Science and innovation in medicine*. 2019;4(4):68–72. (In Russ.) DOI: 10.35693/2500-1388-2019-4-4-68-72.
17. Obydennyi S. I., Kireev I. I., Panteleev M. A. The electron microscopy contribution to platelet structural pathology investigation. *Pediatric hematology/oncology and immunopathology*. 2022;21(3):142–146. (In Russ.) DOI: 10.24287/1726-1708-2022-21-3-142-146.
18. Afanasyeva N. I., Nemchaninova O. B., Dorovskikh V. A. The effect of dihydroquercetin on pathomorphological changes in the skin of the patients with vulgar psoriasis. *Far Eastern Medical Journal*. 2010;2:67–70. (In Russ.)
19. Madonov P. G., Mashkovtsev M. R., Mishenina S. V., Dubrovin A. V., Miroshnikov P. N., Ershov K. I., Pozdnyakova S. V. Structural and functional state of polymer coating of coronary stents after exposure to accelerated electron flow. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2018;36(1):47–52. (In Russ.) DOI: 10.15372/SSMJ20180107.
20. Shirokova A. G., Pasechnik L. A., Borisov S. V., Yatsenko S. P. Electron microscopy for microencapsulated objects studies. *Analytics and control*. 2010;14(2):95–99. (In Russ.)
21. Smirnova M. V., Petrov A. Yu., Yemelyanova I. V. Study of the fine structure of the drug Tizol gel. *The Butlerite messages*. 2012;31(7):52–54. (In Russ.)
22. Ivanov K., Zaprjanova P., Angelova V., Krustev S. Scanning Electron Microscopy and X-ray Diffraction in the Determination of Macroelements in Soil and Plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019;50(7):878–893. DOI: 10.1080/00103624.2019.1589491.