

Люминесцентная микроскопия в идентификации близкородственных видов на примере рода *Persicaria* Mill.

А. А. Гудкова✉, А. С. Чистякова, А. И. Сливкин, А. С. Болгов

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/0000-0002-1275-5000>; А. С. Чистякова – <https://orcid.org/0000-0002-8291-9904>;
А. И. Сливкин – <https://orcid.org/0000-0002-7811-8354>; А. С. Болгов – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>.

Статья поступила: 30.09.2022

Статья принята в печать: 25.01.2024

Статья опубликована: 26.01.2024

Резюме

Введение. Вопрос стандартизации и оценки качества лекарственного растительного сырья в настоящее время является одним из важнейших. Для этого оценивается ряд параметров, первичным из которых является подлинность анализируемого растительного объекта. Проблема идентификации официнальных, а также новых перспективных видов растений, особенно при наличии близкородственных примесных видов, характерна для многих семейств и родов, среди которых можно выделить род *Persicaria* Mill. (горец). Два вида этого рода, на которые разработана нормативная документация (ФС), используются в медицинской практике. Схожесть морфолого-анатомических признаков видов растений диктует необходимость использования дополнительных современных методов анализа, позволяющих всесторонне выявлять характерные особенности видов. Одним из подобных селективных методов диагностики растительного сырья, наряду с общеизвестными и используемыми в фармацевтическом анализе, является люминесцентная микроскопия.

Цель. Целью являлось изучение особенностей люминесценции близкородственных видов рода горец *Persicaria* Mill. для усовершенствования процесса стандартизации официнальных видов сырья.

Материалы и методы. Для работы были использованы 10 видов рода *Persicaria* Mill. семейства *Polygonaceae* Juss., наиболее часто встречающиеся в Центральном Черноземье: *P. maculosa* Gray, *P. tomentosa* Bicknell, *P. lapathifolia* Delarbre, *P. nodosa* Opiz, *P. scabra* Moldenke, *P. brittingeri* Opiz, *P. hydropiper* Delarbre, *P. minor* Opiz, *P. amphibia* Delarbre, *P. amphibia* var. *terrestris* Munshi & Javeid. Растения срезали на высоте около 15 см от почвы во время массового цветения летом 2020 года в Воронежской области, высушивали в тени. Предварительно перед проведением исследования растения были разделены на морфологические составляющие (стебли, листья, черешки, раструбы, цветки, плоды), для чего использовались гербарные образцы в высушенном виде, и рассматривались отдельные части, расправленные на предметном стекле. Для оценки люминесценции объектов использовали микроскоп «Микромед-3 Люм» (Россия) с корпусом люминесцентной насадки.

Результаты и обсуждение. Выявлено, что общим для всех изученных видов является интенсивная флуоресценция крупных трихом, проводящей системы, замыкающих клеток устьиц, утолщений клеточных стенок и – у некоторых видов – содержимого вместилищ и железок. Выявлен ряд характерных особенностей люминесценции тканей для изучаемых видов: *P. hydropiper* на всех морфологических частях имеет многочисленные ярко светящиеся вместилища и железки. Для *P. maculosa* впервые установлено наличие крупных вместилищ по жилкам. Околоцветник, железки и нитевидные волоски раструба *P. brittingeri* имеют отчетливо видимую желтовато-зеленую люминесценцию. Железки листа *P. tomentosa*, в отличие от других видов, не имеют свечения. Околоцветники *P. scabra* и *P. tomentosa* имеют желтовато-оранжевое свечение. Пленчатые трихомы хорошо заметны у *P. lapathifolia* и выделяются коричневатым оттенком. Наибольшее количество длинных пучковых трихом, имеющих яркое зеленоватое свечение, характерно для *P. amphibia* var. *terrestris*.

Заключение. Метод люминесцентной микроскопии был впервые применен для анализа и выявления идентификационных параметров близкородственных видов рода *Persicaria*, установлены и визуализированы новые диагностические особенности, способствующие максимально точной идентификации видов рода *Persicaria*.

Ключевые слова: люминесцентная микроскопия, подлинность, близкородственные виды, примеси, род горец

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

Вклад авторов. А. А. Гудкова и А. И. Сливкин отвечали за организационную часть исследования, осуществляли планирование эксперимента, постановку целей и задач исследования, участвовали в обсуждении полученных результатов. А. С. Чистякова и А. С. Болгов участвовали в заготовке объектов исследования, их идентификации, приведении в стандартное состояние и подготовке к исследованию. А. С. Болгов выполнил английский перевод. Все авторы участвовали в обсуждении полученных результатов в формате научной дискуссии.

Для цитирования: Гудкова А. А., Чистякова А. С., Сливкин А. И., Болгов А. С. Люминесцентная микроскопия в идентификации близкородственных видов на примере рода *Persicaria* Mill. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2024;13(1):110–119. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-1-1332>

Luminescence Microscopy in the Identification of Closely related Species Using the Example of the Genus *Persicaria* Mill.

Alevtina A. Gudkova✉, Anna S. Chistyakova, Aleksei I. Slivkin, Aleksei S. Bolgov

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

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

© Гудкова А. А., Чистякова А. С., Сливкин А. И., Болгов А. С., 2024

© Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Slivkin A. I., Bolgov A. S., 2024

ORCID: Alevtina A. Gudkova – <https://orcid.org/0000-0002-1275-5000>; Anna S. Chistyakova – <https://orcid.org/0000-0002-8291-9904>;
Aleksei I. Slivkin – <https://orcid.org/0000-0002-7811-8354>; Aleksei S. Bolgov – <https://orcid.org/0000-0001-5827-5953>.

Received: 30.09.2022 Revised: 25.01.2024 Published: 26.01.2024

Abstract

Introduction. The issue of standardization and quality assessment of medicinal plant materials is currently one of the most important. To do this, a number of parameters are evaluated, the primary of which is the assessment of the authenticity of the analyzed plant object. The problem of identifying official species in the presence of closely related species is typical for plants belonging to the genus *Persicaria* Mill., among which only two species are used in medical practice and there is regulatory documentation for the herbs of these plants. The similarity of morphological and anatomical features of plant species acceptable for medical use and impurities interprets the need to use additional modern methods of analysis. One of such selective methods for diagnosing plant materials, along with the well-known and used in pharmaceutical analysis, is luminescence microscopy.

Aim. The goal was to study the features of the luminescence of closely related species of the genus *Persicaria* Mill. to improve the process of their identification and standardization of official types of raw materials.

Materials and methods. For work, 10 species of the genus *Persicaria* Mill. were used from families *Polygonaceae* Juss., most common in the Central Chernozem region: *P. maculosa* Gray, *P. tomentosa* Bicknell, *P. lapathifolia* Delarbre, *P. nodosa* Opiz, *P. scabra* Moldenke, *P. brittingeri* Opiz, *P. hydropiper* Delarbre, *P. minor* Opiz, *P. amphibia* Delarbre, *P. amphibia* var. *terrestris* Munshi & Javeid. The plants were cut at a height of about 15 cm from the soil during mass flowering in the summer of 2020 in the Voronezh region, dried in the shade. Previously, before the study, the plants were divided into morphological components (stems, leaves, petioles, bells, flowers, fruits), for which herbarium samples were used in dried form and individual parts were examined, straightened on a glass slide. To assess the luminescence of objects, a Micromed-3 Lum microscope (Russia) with a luminescent nozzle housing was used.

Results and discussion. It was revealed that the intense fluorescence of large trichomes, the conducting system, guard cells of stomata, thickening of cell walls, and, in some species, the contents of receptacles and glands, is common to all studied species. A number of characteristic features of tissue luminescence for the studied species have been revealed: *P. hydropiper* has numerous brightly luminous receptacles and glands on all morphological parts. For *P. maculosa*, the presence of large receptacles along the veins was established for the first time. The perianth, glandules, and filiform hairs of the bell of *P. brittingeri* are clearly visible and have a yellowish-green luminescence. The leaf glands of *P. tomentosa*, unlike other species, do not have luminescence. The perianths of *P. scabra* and *P. tomentosa* have a yellowish-orange glow. The membranous trichomes are clearly visible in *P. lapathifolia* and stand out with a brownish tint. The largest number of long tufted trichomes with a bright greenish glow is characteristic of *P. amphibia* var. *terrestris*.

Conclusion. The method of luminescence microscopy was first applied to the analysis and identification of identification parameters, new diagnostic features were established and visualized, allowing the most accurate identification of species of the genus *Persicaria*.

Keywords: luminescent microscopy, authenticity, closely related species, impurities, species of the genus *Persicaria* Mill.

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. Alevtina A. Gudkova and Aleksei I. Slivkin were responsible for the organizational part of the study, carried out the planning of the experiment, setting the goals and objectives of the study, and participated in the discussion of the results. Anna S. Chistyakova and Aleksei S. Bolgov participated in the preparation of research objects, their identification, bringing them to a standard state, and preparation for the study. Aleksei S. Bolgov made an English translation. All authors participated in the discussion of the obtained results in the format of a scientific discussion.

For citation: Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Slivkin A. I., Bolgov A. S. Luminescence microscopy in the identification of closely related species using the example of the genus *Persicaria* Mill. *Drug development & registration*. 2024;13(1):110–119. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-1-1332>

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос качества лекарственного растительного сырья в настоящее время является одним из важнейших. Для этого оценивается ряд параметров, первичным из которых является подлинность анализируемого растительного объекта.

Процесс определения подлинности растительного сырья затрудняется зачастую видовым разнообразием, в частности наличием близкородственных видов, имеющих сходные морфологические и анатомические признаки с официальными объектами, однако выступающих в качестве примесей при заготовке последних [1].

Одним из первых этапов стандартизации растительного сырья, согласно Государственной фармакопее РФ XIV (ГФ РФ), является анализ его подлинности, что достигается оценкой внешних и анатомических характеристик объекта. Для этого могут быть использованы различные виды микроскопического анализа, в том числе и люминесцентная микроскопия, являющаяся селективным методом диагностики растительного сырья. Данный метод в последнее время все чаще привлекает внимание и вызывает интерес ученых, о чем свидетельствует ряд научных работ [2–13].

Люминесцентная микроскопия в совокупности с другими видами микроскопического анализа позволяет увеличить достоверность полученных результатов, что особенно важно при определении подлинности объектов для снижения числа случаев фальсификации продукции.

Проблема идентификации официальных видов при наличии близкородственных характерна для многих видов растения, в том числе и видов рода горец *Persicaria* Mill., которые являются наиболее изменчивыми из всех представителей семейства гречишных [14] и повсеместно распространенных на территории РФ [15].

Данный род насчитывает, согласно разным источникам, от 66¹ [16] до 150 видов [14, 17], среди которых только два вида используются в медицинской практике и включены в ГФ РФ (ФС «Горца почечуйного трава» и ФС «Горца перечного трава»)². Остальные виды рода *Persicaria* образуют обширные заросли, произрастая вместе с официальными на одной территории, имеют сходное морфологическое строение, из-за чего ошибочно могут быть заготовлены. Несмотря на то, что все виды относятся к одному роду, химический состав примесных видов может быть отличным от комплекса биологически активных соединений официальных, что повлечет за собой проявление иных фармакологических эффектов [18–22].

На сегодня в разных литературных источниках встречаются данные по морфологии, анатомии и гистологии травы некоторых видов горцев, что подробно освещено в работах отечественных и зарубежных авторов [22–29]. В работах [25, 29] описаны основные морфологические признаки травы и подземных органов горца почечуйного, визуализировано строение черешка и главной жилки. Анатомическое строение листьев изучаемых растений приведено в работах [23, 26, 29, 30]. Анатомии стебля пяти разных видов горцев, произрастающих на территории Индии, в том числе и горцев почечуйного и перечного, было уделено внимание ученых Университета Аллахабада [24]. Louis P. Ronse Decraeneffs в своей работе изучал особенности морфологического и анатомического строения плодов в трибах *Persicarieae* и *Polygonaceae* [27].

Ghazalah Yasmin с соавт. [28] занимались изучением морфологии пыльцы 10 видов рода горец, среди которых фигурируют горцы перечный, земноводный и щавелелистный. Однако в научной литературе не описаны особенности люминесценции тканей разных морфологических органов видов рода горец, что позволяет более детально диагностировать видовую принадлежность растений, выявлять дополни-

тельные особенности в строении и указывает на актуальность проведенного исследования.

Целью являлось изучение особенностей люминесценции близкородственных видов рода горец *Persicaria* Mill. для усовершенствования процесса стандартизации официальных видов сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения сравнительного исследования особенностей люминесценции тканей близких видов растений были выбраны растения семейства гречишных (*Polygonaceae* Juss.), рода горец (персикария) (*Persicaria* Mill.), наиболее часто встречающиеся в Центральном Черноземье, которые условно разделены на 4 ряда: *Persicariaeformes* Kom., куда включен горец почечуйный (*Persicaria maculosa* Gray); *Lapathiiformes* Worosch., куда были отнесены горец шероховатый (*Persicaria scabra* Moldenke), горец войлочный (*Persicaria tomentosa* Bicknell), горец щавелелистный (*Persicaria lapathifolia* Delarbre), горец узловатый (*Persicaria nodosa* Opiz), горец Бриттингера (*Persicaria brittingeri* Opiz); *Hydropiperformes* Kom., где состоят горец перечный (*Persicaria hydropiper* Delarbre) и горец малый (*Persicaria minor* Opiz); *Amphibia* Kom., включающий две разновидности горца земноводного – водную форму (*Persicaria amphibia* Delarbre) и наземную форму (*Persicaria amphibia* var. *terrestris* Munshi & Javeid) [30, 31]. Заготовке подлежала трава растений, которую срезали на высоте около 15 см от почвы во время массового цветения летом 2020 г. в Воронежской области (г. Воронеж).

Предварительно перед проведением исследования растения были разделены на морфологические составляющие (стебли, листья, черешки, раструбы, цветки, плоды), для чего использовались гербарные образцы в высушенном виде, и рассматривались отдельные части, расправленные на предметном стекле, согласно ОФС.1.5.3.0003.15 «Техника микроскопического и микрохимического исследования лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов», ОФС.1.5.1.0002.15 «Травы» ГФ РФ XIV³. Для оценки люминесценции объектов использовали микроскоп «Микромед-3 Люм» (Россия) с корпусом люминесцентной насадки (Россия) (лаборатория фитониринга проф. М. Поппа ФГБОУ ВО ВГУ). Микрофотографии были сделаны с помощью видеокамеры Levenhuk C310 NG (КНР).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате эксперимента были обнаружены признаки, частично описанные в более ранних работах [29, 30], а также выявлены новые диагностические особенности изучаемых растений. Данный вид анали-

¹ The Plant List. Available at: <http://www.theplantlist.org>. Accessed: 25.11.2022.

² Государственная фармакопея Российской Федерации. Доступно по: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. Ссылка активна на 25.11.2022.

³ Государственная фармакопея Российской Федерации. Доступно по: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. Ссылка активна на 25.11.2022.

за служил одним из способов оценки морфологии поверхности с визуализацией автолюминесценции (без применения флуорохромов) некоторых структур, имеющих решающее значение для идентификации видов. Характер свечения тканей обусловлен присутствием разных биологически активных соединений, растворенных в клеточном соке. Представители семейства гречишных рассматриваются в качестве источников фенольных соединений, в частности флавоноидов, что объясняет желтовато-зеленый цвет люминесценции тканей растений.

Подробный анализ характера и топографии свечения видов рода *Persicaria* показал общие особенности: например, наиболее интенсивно флуоресцируют крупные трихомы, проводящая система, замыкающие клетки устьиц, утолщения клеточных стенок и – у некоторых видов – содержащее выделительных структур (вместилищ и железок).

Анализ люминесценции поверхности листа *P. amphibia* показал отсутствие свечения поверхности листовой пластинки ввиду наличия плотной кутикулы и отсутствия трихом, что является отличительной особенностью данного вида, в то время как у родственного *P. amphibia* var. *terrestris* на обеих поверхностях листа, но преимущественно на нижней, визуализируется зеленоватое свечение многочисленных пучковых трихом и главной жилки (рисунки 1, А, Б). Люминесценция тканей стеблей и черешков этих представителей рода не имеет диагностического значения.

При анализе люминесценции тканей околоцветника видов ряда *Amphibia* отчетливо заметно свечение проводящих пучков, расположенных по жилкам лепестков венчика, в то время как другие структуры (железки) не дают специфического свечения.

В рамках видов ряда *Lapathiiformes* люминесцентная картина объектов различается для видов внутри ряда. Из сходных признаков следует отметить отчетливую люминесценцию яркого зеленого цвета пучковых трихом, расположенных по краю листа и по его

поверхности (рисунок 2, А), а также слабое свечение нитевидных трихом, которые хорошо визуализируются при проведении классического микроскопического анализа и являются характерным признаком видов изучаемого ряда (рисунок 2, Б).

Одной из главных диагностических особенностей представителей ряда *Lapathiiformes* являются железки, в видимом свете желтоватого цвета, располагающиеся на нижней стороне листа. Характер свечения данных структур у видов различен: у *P. scabra* и *P. brittingeri* они светятся желтовато-зеленым цветом, однако не дают свечения и имеют вид темных пятен у *P. tomentosa* (рисунки 2, В, Г), у остальных видов ряда железки не имеют люминесценции и незаметны. На жилках снизу листа *P. lapathifolia* визуализируются коричневого цвета пленчатые трихомы (рисунок 2, Д). Эпидермис черешков листьев за счет наличия кутикулы имеет зеленовато-коричневый оттенок (рисунок 2, Е). Сводные данные по характеру люминесценции видов ряда приведены в таблице 1.

Свечение листа *P. maculosa* в целом повторяет общую люминесцентную картину рода *Persicaria*. На жилке у основания листа *P. maculosa* и на его черешке встречаются вместилища, которые не были выявлены при стереомикроскопическом анализе и анатомической оценке растения (рисунок 4).

Отличительной особенностью люминесценции *P. hydropiper* является наличие на всех морфологических частях люминесцирующих ярко-желто-зеленым светом вместилищ и четырехклеточных железок (которые также характерны для горца малого, но имеют менее интенсивное свечение) (рисунок 5), имеющих одно-, двухклеточную ножку и многоклеточную головку, а также отчетливо выделяются коричневатые пленчатые волоски по жилкам снизу листа.

Как известно, виды рода *Persicaria* характеризуются наличием раструбов. Клетки раструбов и пучковые волоски на них у всех представителей имеют плотные стенки и обладают незначительной люминесценцией (желто-зеленого и оранжевого цвета).

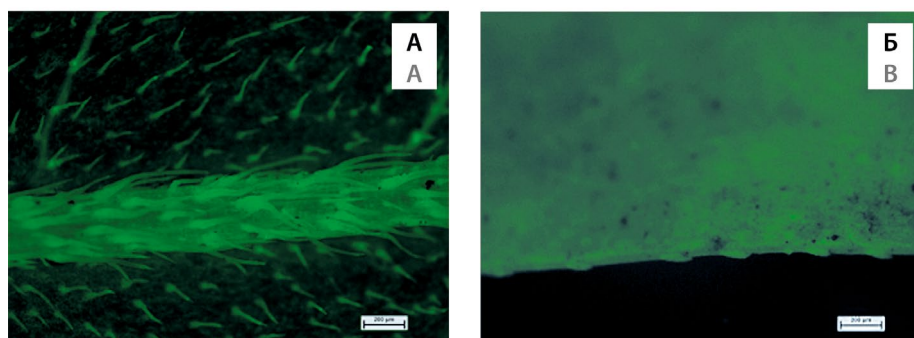


Рисунок 1. Люминесценция листовой пластинки:
А – *Persicaria amphibia* var. *terrestris*; Б – *Persicaria amphibia* (ув. x40)

Figure 1. Luminescence of the leaf:
А – *Persicaria amphibia* var. *terrestris*; Б – *Persicaria amphibia* (x40)

Таблица 1. Сравнительная характеристика люминесценции видов ряда Lapathiiformes
Table 1. Comparative characteristics of the luminescence of species of the Lapathiiformes series

Вид / признак Plant species / diagnostic character	<i>Persicaria lapathifolia</i>	<i>Persicaria scabra</i>	<i>Persicaria tomentosa</i>	<i>Persicaria nodosa</i>	<i>Persicaria brittingeri</i>
Стебель, черешок A stem, a petiole					
Эпидермис Epidermis	Зеленовато-коричневый оттенок Greenish brown tint				
Пучковые трихомы Bundle trichomes	Не визуализируются Not rendered				
Пленчатые трихомы Membranous trichomes	Коричневая Brown				
Лист A leaf					
Эпидермис Epidermis	Темно-зеленая Dark green				
Пучковые трихомы Bundle trichomes	Яркая зеленовато-желтая Bright greenish yellow				
	Вытянутые, по всей верхней стороне и краю листа, редко по жилкам снизу Elongated, along the entire upper side and edge of the leaf, rarely along the veins below	Конические, редкие по верхней стороне и краю листа, редко по жилкам снизу Conical, sparse along the upper side and edge of the leaf, rarely along the veins below	Конические, по верхней стороне листа, редкие, удлинённые снизу Conical, on the upper side of the leaf, rare elongated from below	Сильно вытянутые, по всей верхней стороне и краю листа, многочисленны по жилкам снизу Strongly elongated, along the entire upper side and edge of the leaf, numerous along the veins below	По жилкам с обеих сторон и краю листа Along the veins on both sides and the edge of the leaf
Пленчатые трихомы Membranous trichomes	Коричневая Brown	Не визуализируются Not rendered			
Нитевидные трихомы Filamentous trichomes	Слабая зеленоватая Weak green				
Железки Glands	Не визуализируются Not rendered	Зеленоватая Greenish	Темные пятна Dark spots	Не визуализируются Not rendered	Зеленоватая Greenish
Раструб A bell					
Эпидермис Epidermis	Слабая зеленоватая Weak green				
Нитевидные трихомы Filamentous trichomes	Не визуализируются Not rendered				Слабая зеленая Weak green
Железки Glands	Не визуализируются Not rendered				Яркая желтовато-зеленая Bright yellowish green
Околоцветник An perianth					
Железки Glands	Не визуализируются Not rendered	Желтовато-оранжевая Yellowish orange		Не визуализируются Not rendered	Яркая желтовато-зеленая Bright yellowish green
Плод A fruit					
Поверхность плода Fruit surface	Яркое голубое Bright blue				

Исключением являются раструбы *P. brittingeri*, на поверхности которых ярко люминесцируют овальные образования, предположительно железки, с многоклеточной головкой и тонкой ножкой. Раструбы *P. maculosa* имеют слабое зеленовато-коричневое свечение, а у *P. hydropiper* визуализируется яркое зеленоватое свечение многочисленных вместилищ (рисунок 6).

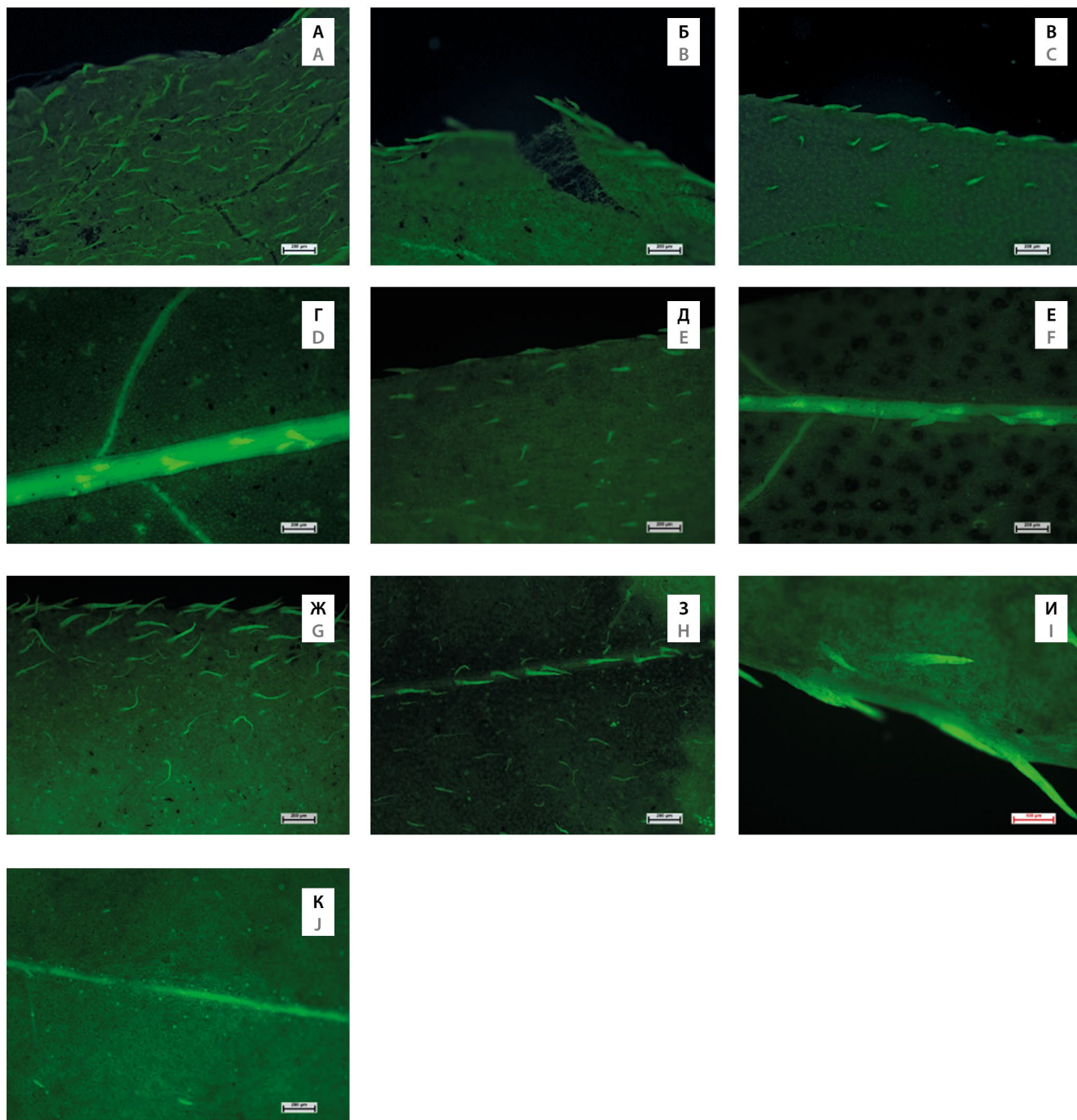


Рисунок 2. Люминесценция листьев видов рода *Persicaria* на примерах листа:

P. lapathifolia: А – верхняя сторона; Б – нижняя сторона (ув. x40). *P. scabra*: В – верхняя сторона; Г – нижняя сторона. *P. tomentosa*: Д – верхняя сторона; Е – нижняя сторона (ув. x40). *P. nodosa*: Ж – верхняя сторона; З – нижняя сторона. *P. brittingeri*: И – верхняя сторона; К – нижняя сторона

Figure 2. Luminescence of leaves of species of the genus *Persicaria* on the examples:

P. lapathifolia: А – leaf upper side; Б – lower side (x40). Luminescence of a *P. scabra*: В – leaf upper side; Г – lower side. *P. tomentosa*: Е – upper side; F – lower side (increase x40). *P. nodosa*: Ж – upper side; H – lower side. *P. brittingeri*: I – upper side; J – lower side

В результате оценки люминесценции структур околоцветника выявлено, что в большинстве случаев при проведении люминесцентного анализа железки не визуализируются, однако на околоцветнике и цветоносах *P. brittingeri*, *P. scabra* (В),

P. tomentosa железки имеют яркое зеленоватое свечение (рисунок 7).

Плоды всех видов изучаемого рода имеют яркое голубое свечение, что связано, очевидно, с присутствием в них жирного масла (рисунок 8).

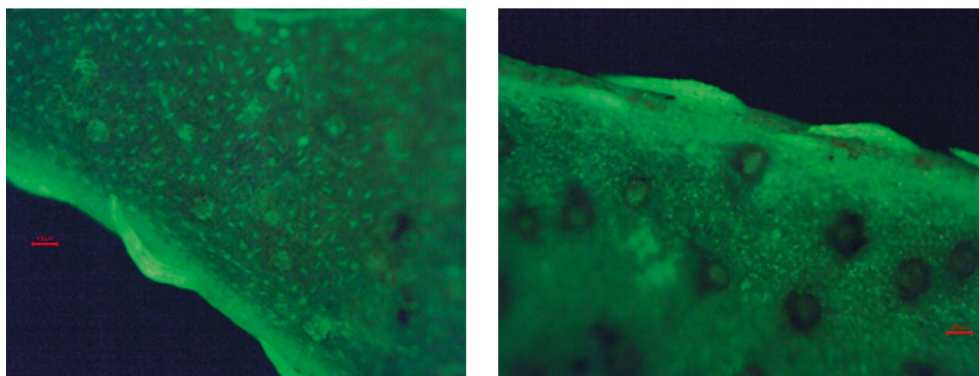


Рисунок 3. Люминесценция железок видов рода *Persicaria* на примерах:

A – *P. scabra* (ув.100); Б – *P. tomentosa* (ув. x100)

Figure 3. Luminescence of glands of species of the genus *Persicaria* in examples:

A – *P. scabra* (x100); B – *P. tomentosa* (x100)

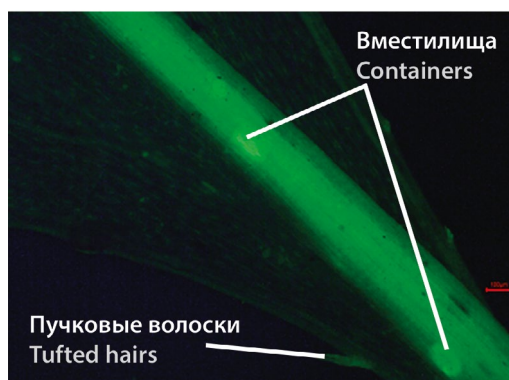


Рисунок 4. Люминесценция фрагмента листа *P. maculosa* (ув. x40)

Figure 4. Luminescence of a *P. maculosa* leaf fragment (x40)

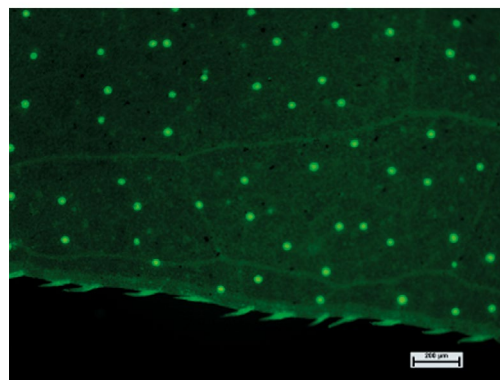


Рисунок 5. Люминесценция фрагмента листа *P. hydropiper* (ув. x40)

Figure 5. Luminescence of a *P. hydropiper* leaf fragment (x40)

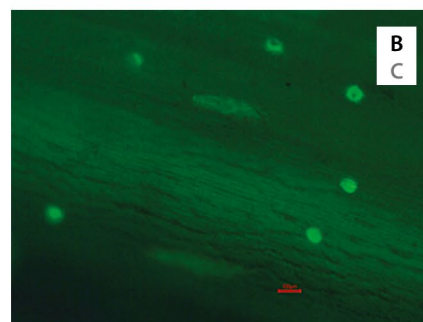
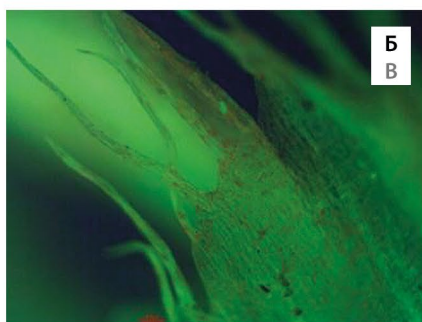
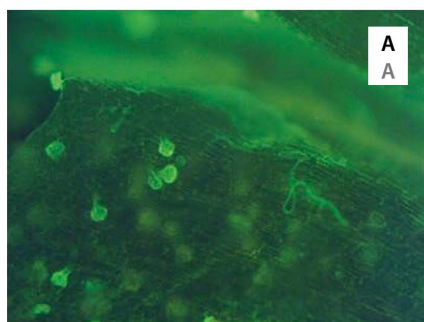


Рисунок 6. Люминесценция фрагментов раструбов:

A – *P. brittingeri* (ув. x100); Б – *P. maculosa* (ув. x40); В – *P. hydropiper* (ув. x100)

Figure 6. Luminescence of fragments of bells:

A – *P. brittingeri* (x100); B – *P. maculosa* (x40); C – *P. hydropiper* (x100)

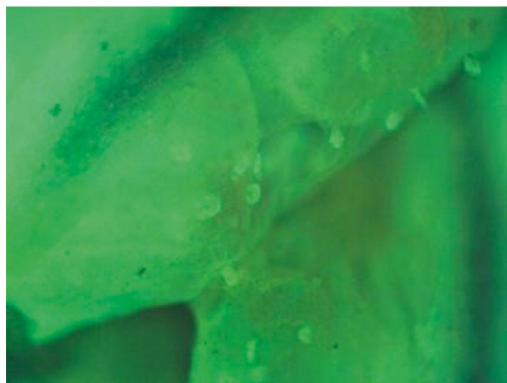


Рисунок 7. Люминесценция фрагмента околоцветника *P. scabra* (ув. x100)

Figure 7. Luminescence of a fragment of the perianth of *P. scabra* (x100)

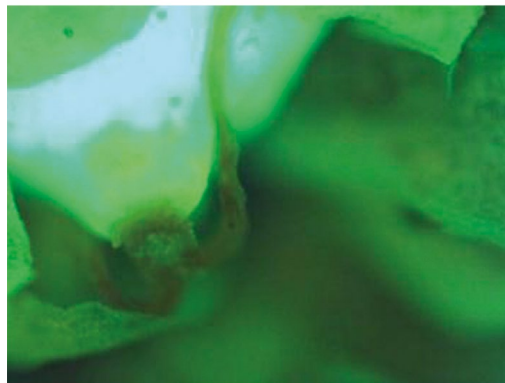


Рисунок 8. Люминесценция фрагмента плода *P. tomentosa* (ув. x100)

Figure 8. Luminescence of a *P. tomentosa* fruit fragment (x100)

Таким образом, информация о люминесценции изучаемых видов может быть применена для дифференцировки видовой принадлежности данной группы растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод люминесцентной микроскопии был впервые применен для анализа и выявления идентификационных параметров видов рода *Persicaria*. Выявлен ряд характерных особенностей люминесценции тканей для изучаемых видов: *P. hydropiper* на всех морфологических частях имеет многочисленные ярко светящиеся вместилища и железки. Для *P. maculosa* впервые установлено наличие крупных вместилищ по жилкам. Околоцветник, железки и нитевидные волоски раструба *P. brittingeri* отчетливо заметны, имеют желтовато-зеленую люминесценцию. Железки листа *P. tomentosa*, в отличие от других видов, не имеют свечения. Околоцветники *P. scabra* и *P. tomentosa* имеют желтовато-оранжевое свечение. Пленчатые трихомы у *P. lapathifolia* хорошо заметны и выделяются коричневатым оттенком. Наибольшее количество длинных пучковых трихом, имеющих яркое зеленоватое свечение, характерно для *P. amphibibia* var. *terrestris*.

Полученная информация может быть использована в качестве дополнительной для определения подлинности официальных видов рода *Persicaria*, а также имеет важное значение в дальнейшем в случае включения в ранг официальных видов, являющихся на настоящий момент примесными, и необходимости разработки нормативной документации на представленные в работе виды растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зименкина Н. И., Куркин В. А., Рыжов В. М., Тарасенко Л. В. Люминесцентный анализ коры ореха грецкого (*Juglans regia* L.). В сб.: Международная научная конференция «От растения до

лекарственного препарата». Москва. 04–05 июня 2020. С. 233–238. Доступно по: http://www.fbm.msu.ru/science/conference/detail?ELEMENT_ID=19663. Ссылка активна на 25.11.2022.

2. Никитина А. С., Логвиненко Л. А., Никитина Н. В., Нигарян С. А. Морфометрическое и гистохимическое исследование травы мелиссы лекарственной из коллекции Никитского ботанического сада. *Фармация и фармакология*. 2018;6(6):504–534. DOI: 10.19163/2307-9266-2018-6-6-504-534.
3. Гусакова Е. М., Сазанова К. Н., Шарипова С. Х., Рыжов В. М., Тарасенко Л. В. Люминесцентная микроскопия цветков лабазника шестилепестного (*Filipendula hexapetala* Gilib.). В сб.: II Межвузовская научно-практическая конференция «Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы». Самара. 07 октября 2017. 128–137 с.
4. Baldacci-Cresp F., Spriet C., Twyffels L., Blervacq A.-S., Neutelings G., Baucher M., Hawkins S. A rapid and quantitative safranin-based fluorescent microscopy method to evaluate cell wall lignification. *Plant Journal*. 2020;102(5):1074–1089.
5. Kitin P., Nakaba S., Hunt C. G., Lim S., Funada R. Direct fluorescence imaging of lignocellulosic and suberized cell walls in roots and stems. *AoB PLANTS*. 2020;12(4):1–19.
6. Pegg T. J., Gladish D. K., Baker R. L. Algae to angiosperms: Autofluorescence for rapid visualization of plant anatomy among diverse taxa. *Applications in Plant Sciences*. 2021;9(6):e11437.
7. Соколов Н. С., Белов П. В., Куркин В. А., Рыжов В. М., Тарасенко Л. В. Морфолого-анатомическое исследование семян каштана конского (*Aesculus hippocastanum*) методом люминесцентной микроскопии. В сб.: II Межвузовская научно-практическая конференция «Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы». Самара. 07 октября 2017. С. 138–148.
8. Тринеева О. В., Гудкова А. А., Рудая М. А. Применение люминесцентной микроскопии в анализе анатомо-диагностических признаков плодов облепихи крушиновидной. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2020;9(1):40–45. DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-1-40-45.
9. Ковалёва Н. А., Тринеева О. В., Гудкова А. А., Сливкин А. И. Изучение морфологических признаков листьев облепихи крушиновидной методами люминесцентной и стереомикроскопии. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(1):123–131. DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-123-131.
10. Колосова О. А., Тринеева О. В., Сорокина А. А., Гудкова А. А. Изучение морфологических и анатомо – диагностических признаков сырья валерианы волжской методом люминесцентной микроскопии. *Фармация*. 2021;70(8):26–30. DOI: 10.29296/25419218-2021-08-04.

11. Цибина А. С., Куркин В. А. Актуальные аспекты фармакогностического исследования травы монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.). *Аспирантский вестник Поволжья*. 2021;21(5–6):132–140. DOI: 10.55531/2072-2354.2021.21.3.132-140.
12. Кенбаева А. О., Рызов М. В., Тарасенко Л. В. Люминесцентный анализ травы сорго белозерного. В сб.: IV Межвузовская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 100-летию Самарского государственного медицинского университета «Современные проблемы фармакогнозии». Самара. 28 октября 2019. С. 216–223.
13. Васькова А. И., Рызов В. М., Тарасенко Л. В. Люминесцентный анализ листьев тысячелистника хрящеватого (*Achillea cartilaginea* Ledeb.). В сб.: II Межвузовская научно-практическая конференция «Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы». Самара. 07 октября 2017. С. 119–127 с.
14. Yasmin G., Khan M. A., Shaheen N., Hayat M. Q. Taxonomic significance of leaf epidermal anatomy of selected *Persicaria* Mill. species of family Polygonaceae from Pakistan. *African Journal of Biotechnology*. 2010;9:3759–3768.
15. Коломиец Н. Э., Калинин Г. И., Дмитрук С. Е., Зиновьева А. М. Проблема фальсификации сырья хвоща полевого. *Фармация*. 2006;2:37–42.
16. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. испр. и доп. М.: КМК; 2014. 635 с.
17. Kantachot C., Chantaranonthai P., Simpson D. A. A synopsis of the genus *Persicaria* (Polygonaceae) in Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*. 2010;38:128–149.
18. Куркина А. В. Новые подходы к стандартизации сырья перца водяного (*Polygonum hydropiper* L.). *Фундаментальные исследования*. 2013;10:606–609.
19. Куркина А. В. Стандартизация сырья горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) *Фундаментальные исследования*. 2013;10:1485–1489.
20. Редкокашин Д. Е. Фитохимическое исследование сырья фармакопейных растений рода *Polygonum*. В сб.: Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. Пятигорск. 2010. С. 102–104.
21. Перова И. Б., Эллер К. И., Мальцева А. А., Чистякова А. С., Сливкин А. И., Сорокина А. А. Флавоноиды травы горца почечуйного. *Фармация*. 2017;66(2):15–19.
22. Юнусходжаева Н. А., Абдуллабекова В. Н. Фенольные соединения травы горца перечного. *Наука и технологии в современном обществе*. 2015;1:123–125.
23. Bunawan H., Talip N. Foliar anatomy and micromorphology of *Polygonum minus* Huds. and their taxonomic implications. *Noor Australian journal of crop Science*. 2011;5(2):123–127.
24. Sahney M., Shukla V. Stem anatomy of *Persicaria* Mill. *Indian Journal of Plant Sciences*. 2013;2(4):155–161.
25. Thi K. M., Huynh N. V. A., Pham V. N., Dang T. N. T. Morphological, anatomical and antibacterial characteristics of *Persicaria maculosa* Gray. plants growing in Lang Sen Wetland Reserve, Long An province, Vietnam. *Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2021;17(03):107–118.
26. Asanai M. F. H., Norhisham C., Siti N. M., Emida R., Azlin S. A review on medicinal benefits of *Persicaria minor*. *Health Scope*. 2020;3(2):44–50.
27. Decraene L. P. R., S.-P. Hong, Smets E. Systematic significance of fruit morphology and anatomy in tribes Persicarieae and Polygonaceae (Polygonaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000;134(1–2):301–337.
28. Yasmin G., Khan M. A., Shaheen N., Hayat M. Q., Zafar M., Ahmad M. Pollen morphological diversity in selected species of *Persicaria* Mill. (Family Polygonaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010;4(10):862–870. DOI: 10.5897/JMPR09.448.
29. Гудкова А. А., Чистякова А. С., Сорокина А. А., Щепилова О. Н., Коренская И. М., Сливкин А. И. Анатомо-диагностические маркеры в определении подлинности представителей рядов *Persicariaeformes* Kom. и *Lapathiiformes* Worosch. семейства *Polygonaceae* Lindl. *Фармация*. 2019;68(8):15–21. DOI: 10.29296/25419218-2019-08-03.
30. Блинова О. Л., Белоногова В. Д. Сравнительный морфолого-анатомический анализ травы горца перечного и горца малого. *Медицинский Альманах*. 2016;2:150–153.
31. Высочина Г. И. Фенольные соединения в систематике и филологии семейства гречишные (*Polygonaceae* Juss.). *Сообщ. III. Род горец – Persicaria* Mill. *Turczaninowia*. 2008;11:129–137.

REFERENCES

1. Zimenkina N. I., Kurkin V. A., Ryzhov V. M., Tarasenko L. V. Luminescent analysis of walnut bark (*Juglans regia* L.). In: International scientific conference "From plant to drug". Moscow. June 04–05, 2020. Available at: http://www.fbm.msu.ru/science/conference/detail/?ELEMENT_ID=19663. Accessed: 25.11.2022. (In Russ.)
2. Nikitina A. S., Logvinenko L. A., Nikitina N. V., Nigarjan S. A. Morphometric and histochemical study of the herb *Melissa officinalis* from the collection of the Nikitsky Botanical Garden. *Pharmacy & Pharmacology*. 2018;6(6):504–534. (In Russ.) DOI: 10.19163/2307-9266-2018-6-6-504-534.
3. Gusakova E. M., Sazanova K. N., Sharipova S. H., Ryzhov V. M., Tarasenko L. V. Luminescence microscopy of flowers of meadow-sweet six-petalled (*Filipendula hexapetala* Gilib.). In: II Interuniversity Scientific and Practical Conference "Pharmaceutical Botany: Modernity and Prospects". Samara. October 07, 2017. P. 128–137. (In Russ.)
4. Baldacci-Cresp F., Spriet C., Twyffels L., Blervacq A.-S., Neutelings G., Baucher M., Hawkins S. A rapid and quantitative safranine-based fluorescent microscopy method to evaluate cell wall lignification. *Plant Journal*. 2020;102(5):1074–1089.
5. Kitin P., Nakaba S., Hunt C. G., Lim S., Funada R. Direct fluorescence imaging of lignocellulosic and suberized cell walls in roots and stems. *AOB PLANTS*. 2020;12(4):1–19.
6. Pegg T. J., Gladish D. K., Baker R. L. Algae to angiosperms: Autofluorescence for rapid visualization of plant anatomy among diverse taxa. *Applications in Plant Sciences*. 2021;9(6):e11437.
7. Sokolov N. S., Belov P. V., Kurkin V. A., Ryzhov V. M., Tarasenko L. V. Morphological and anatomical study of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) seeds by luminescent microscopy. In: II Interuniversity Scientific and Practical Conference "Pharmaceutical Botany: Modernity and Prospects". Samara. October 07, 2017. P. 138–148. (In Russ.)
8. Trineeva O. V., Gudkova A. A., Rudaya M. A. Application of Luminescent Microscopy in Analysis of Anatomic-diagnostic Signs of Fruits of Sea Buckthorn. *Drug development & registration*. 2020;9(1):40–45. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-1-40-45.
9. Kovaleva N. A., Trineeva O. V., Gudkova A. A., Slivkin A. I. Study of Morphological Features of Sea Buckthorn Leaves by Luminescent and Stereomicroscopy Methods. *Drug development & registration*. 2022;11(1):123–131. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-1-123-131
10. Kolosova O. A., Trineeva O. V., Sorokina A. A., Gudkova A. A. The study of morphological and anatomical – diagnostic features of the raw materials of the *Valeriana wolgensis* by the method of luminescent microscopy. *Pharmacy*. 2021;70(8):26–30. (In Russ.) DOI: 10.29296/25419218-2021-08-04.
11. Cibina A. S., Kurkin V. A. Actual aspects of pharmacognostic research of the herb *monarda fistulata* (*Monarda fistulosa* L.). *Aspirantskiy vestnik Povolzhya*. 2021;21(5–6):132–140. (In Russ.) DOI: 10.55531/2072-2354.2021.21.3.132-140.
12. Kenbaeva A. O., Ryzhov M. V., Tarasenko L. V. Luminescent analysis of white grain sorghum grass. In: IV Interuniversity scientific and practical conference with international participants stium, dedicated to the 100th anniversary of the Samara State Medical University "Modern problems of pharmaceutical Macognosia". Samara. October 28, 2019. P. 216–223. (In Russ.)

13. Vaskova A.I., Ryzhov V.M., Tarasenko L.V. Luminescent analysis of leaves of cartilaginous yarrow (*Achillea cartilaginea* Ledeb.). In: II Interuniversity Scientific and Practical conference "Pharmaceutical botany: modernity and prospects". Samara. October 07, 2017. P. 119–127. (In Russ.)
14. Yasmin G., Khan M. A., Shaheen N., Hayat M. Q. Taxonomic significance of leaf epidermal anatomy of selected *Persicaria* Mill. species of family Polygonaceae from Pakistan. *African Journal of Biotechnology*. 2010;9:3759–3768.
15. Kolomiec N. E., Kalinkina G. I., Dmitruk S. E., Zinov'eva A. M. The problem of falsification of *Equisetum arvense* raw materials. *Pharmacy*. 2006;2:37–42. (In Russ.)
16. Mayevsky P. F. Flora of the middle zone of the European part of Russia. 11th ed. corrected and additional. Moscow: KMK; 2014. 635 p. (In Russ.)
17. Kantachot C., Chantaranonthai P., Simpson D. A. A synopsis of the genus *Persicaria* (Polygonaceae) in Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*. 2010;38:128–149.
18. Kurkina A. V. New approaches to standardization of water pepper raw materials (*Polygonum hydropiper* L.). *Fundamental research*. 2013;10:606–609. (In Russ.)
19. Kurkina A. V. Standardization of raw materials (*Polygonum persicaria* L.) *Fundamental research*. 2013;10:1485–1489. (In Russ.)
20. Redkokashin D. E. Phytochemical study of raw materials of pharmacopoeial plants of the genus *Polygonum*. In: Development, research and marketing of new pharmaceutical products. Pyatigorsk. 2010. P. 102–104. (In Russ.)
21. Perova I. B., Jeller K. I., Mal'ceva A. A., Chistjakova A. S., Slivkin A. I., Sorokina A. A. Flavonoids of herb Knotweed. *Pharmacy*. 2017;66(2):15–19. (In Russ.)
22. Junushodzhaeva N. A., Abdullabekova V. N. Phenolic compounds of herb Knotweed pepper. *Nauka i tehnologii v sovremennom obshchestve*. 2015;1:123–125. (In Russ.)
23. Bunawan H., Talip N. Foliar anatomy and micromorphology of *Polygonum minus* Huds. and their taxonomic implications. *Noor Australian journal of crop Science*. 2011;5(2):123–127.
24. Sahney M., Shukla V. Stem anatomy of *Persicaria* Mill. *Indian Journal of Plant Sciences*. 2013;2(4):155–161.
25. Thi K. M., Huynh N. V. A., Pham V. N., Dang T. N. T. Morphological, anatomical and antibacterial characteristics of *Persicaria maculosa* Gray. plants growing in Lang Sen Wetland Reserve, Long An province, Vietnam. *Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2021;17(03):107–118.
26. Asanai M. F. H., Norhisham C., Siti N. M., Emida R., Azlin S. A review on medicinal benefits of *Persicaria minor*. *Health Scope*. 2020;3(2):44–50.
27. Decraene L. P. R., S.-P. Hong, Smets E. Systematic significance of fruit morphology and anatomy in tribes Persicarieae and Polygoneae (Polygonaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000;134(1–2):301–337.
28. Yasmin G., Khan M. A., Shaheen N., Hayat M. Q., Zafar M., Ahmad M. Pollen morphological diversity in selected species of *Persicaria* Mill. (Family Polygonaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010;4(10):862–870. DOI: 10.5897/JMPR09.448.
29. Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Sorokina A. A., Shchepilova O. N., Korenskaya I. M., Slivkin A. I. Anatomical and diagnostic markers in determining the authenticity of representatives of the *Persicariaeformes* Com. and *Lapathiiiformes* Vorosh. family *Polygonaceae* Lindl. *Pharmacy*. 2019;68(8):15–21. (In Russ.) DOI: 10.29296/25419218-2019-08-03.
30. Blinova O. L., Belogonova V. D. Comparative morphological and anatomical analysis of the herb Knotweed and Knotweed. *Medicinskij Al'manah*. 2016;2:150–153. (In Russ.)
31. Vysochina G. I. Phenolic compounds in the systematics and phylogeny of the buckwheat family (*Polygonaceae* Juss.). Soobshh. III. Rod gorec – *Persicaria* Mill. *Turczaninowia*. 2008;11:129–137. (In Russ.)