АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 582.751. 2: 581.4

АНАТОМИЧЕСКОЕ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ РОДА *GERANIUM* РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

© И. Н. Дьякова, А. Н. Меркулова
I. N. Dyakova, A. N. Merkulova

Anatomical characteristics of species of the genus *Geranium* of the Republic of Adygea

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
38500, Россия, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Советская, д. 197. Тел.: +7 (8772) 52-19-94, e-mail: djakova_irina@rambler.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования анатомических признаков вегетативных и генеративных структур четырёх видов гераней, произрастающих в окрестностях г. Майкоп (Республика Адыгея): *Geranium dissectum* L., *G. pusillum* L., *G. robertianum* L., *G. macrorrhizum* L. Растения собирали для исследования в вегетационный период март–октябрь 2024–2025 гг. Сравнение анатомического строения листьев гераней выявило их большое сходство: дорсовентральный амфистоматический (*G. dissectum* и *G. pusillum*) и гипостоматический (*G. robertianum* и *G. macrorrhizum*) лист, покрытый эпидермой, клетки которой имеют волнистые антиклинальные стенки, аномоцитный тип устьичного аппарата. У изучаемых гераней пучковое строение стебля с разновеликими биколатеральными пучками. У *G. robertianum* стебель полый внутри, у остальных выполнен крупными паренхимными клетками. У изучаемых гераней классическое вторичное непучковое строение корня. Для гераней характерно общее строение двойного околоцветника, пятичленный, актиноморфный цветок с 5 или 10 тычинками с одним пятилопастным пестиком. Отличительные особенности: у *G. dissectum* чашелистики превышают лепестки в диаметре, у *G. pusillum* – по длине равны чашелистикам или незначительно их превышают, у *G. robertianum* и *G. macrorrhizum* – в 1,5–2 раза длиннее чашелистиков. Все части растений гераней опушены различными вариантами кроющих и железистых трихом.
Ключевые слова: морфология побега, цветка, плода, корня, анатомия вегетативных и генеративных структур, трихомы, *Geranium*, Республика Адыгея.

Abstract. The article presents the results of a study of the anatomical features of the vegetative and generative structures of four *Geranium* species growing in the vicinity of Maykop (Republic of Adygea): *Geranium dissectum* L., *G. pusillum* L., *G. robertianum* L., *G. macrorrhizum* L. Plants were collected for the study during the growing season of March–October 2024–2025. Comparison of the anatomical structure of geranium leaves revealed their great similarity: a dorsoventral amphistomatic (*G. dissectum* and *G. pusillum*) and hypostomatic (*G. robertianum* and *G. macrorrhizum*) leaf covered with epidermis, the cells of which have wavy anticlinal walls, anomocytic type of stomatal apparatus. The studied geraniums have a fascicular stem structure with bilateral bundles of different sizes. In *G. robertianum*, the stem is hollow internally, while in the other species it is composed of large parenchymatous cells. The geraniums studied exhibit a classic secondary, non-fascicular root structure. Geraniums are characterized by a general double perianth structure and a pentamerous, actinomorphic flower with 5 or 10 stamens and a single five-lobed pistil. Distinguishing features: in *G. dissectum*, the sepals exceed the petals in diameter; in *G. pusillum*, they are equal in length to the sepals or slightly longer; in *G. robertianum* and *G. macrorrhizum*, they are 1,5–2 times longer than the sepals. All parts of the geranium plants are covered with various types of bracts and glandular trichomes.
Keywords: morphology of shoot, flower, fruit, root, anatomy of vegetative and generative structures, trichomes, *Geranium*, Republic of Adygea.

DOI: 10.22281/2686-9713-2025-4-4-15

Введение

На Северо-Западном Кавказе встречаются многочисленные виды из рода *Geranium* L., неоднократно привлекавшие внимание исследователей (Novoselova et al., 1998; Peshkova et al., 2012). В горных районах распространены *Geranium sylvaticum* L. *G. robertianum* L.

и *G. gymnocaulon* DC. К равнинному флороценоэлементу относятся 9 видов: *G. collinum* Stephan ex Willd., *G. columbinum* L., *G. depilatum* (Sommier & Levier) Grossh., *G. dissectum* L., *G. pusillum* L., *G. rotundifolium* L., *G. ruprechtii* (Woronow) Grossh., *G. sanguineum* L., *G. sibiricum* L.; к рудеральному – *G. columbinum, G. depilatum, G. dissectum, G. divaricatum* Ehrh., *G. pusillum, G. rotundifolium* (Bekmurzaeva, Iriskhanova, 2021).

На территории Республики Адыгея встречаются следующие виды: *G. gymnocaulon, G. palustre* L., *G. platypetalum* Fisch. & C. A. Mey., *G. renardii* Trautv., *G. robertianum, G. rotundifolium, G. ruprechtii, G. sanguineum, G. sibiricum, G. sylvaticum, G. tuberosum* L. (Zernov, 2010). Особенности природы этого региона состоят в том, что климат здесь формируется под значительным воздействием горного рельефа и близости Чёрного моря. Зимой территория испытывает влияние антициклональных воздушных масс, формирующихся на юге-востоке Европейской равнины, поэтому иногда наблюдаются кратковременные понижения температуры до –34ºС, при этом средняя температура января для г. Майкоп составляет –1,6ºС. Лето жаркое, температура поднимается до +40 ºС. Продолжительность тёплого периода со среднесуточной температурой выше +5 ºС. составляет не менее 250 дней. Годовое количество осадков – около 700 мм. По долинам рек Лабы и Белой почвообразующими породами являются лёссовидные суглинки, на наклонных равнинах преобладают западно-кавказские чернозёмы, переходящие в центрально-предкавказские чернозёмы (Zernov, 2006).

Цель работы: изучить морфолого-анатомические признаки вегетативных и генеративных органов гераней: *Geranium dissectum* L., *G. pusillum* L., *G. macrorrhizum* L., *Geranium robertianum* L.

Geranium dissectum L. – однолетнее травянистое растение, с прямостоячим или наклонным стеблем длиной 30–60 см, сильно ветвится у основания, поверхность опушена. Листорасположение в основном супротивное, но прикорневые листья расположены очерёдно. Прикорневые – почти округлые и перисто-раздельные на 5–7 сегментов, которые в свою очередь, глубоко перисто-рассечённые на узкие сегментики. Черешок до 15 см. Прилистники заострённые, часто имеют красноватый оттенок. Цветение в апреле–мае. Цветки пурпурные, по 2 на цветоносе, выходящем из пазух листьев (Introduktsia…, 2017). Цветонос покрыт мягкими волосками, иногда с железистыми (Jung et al., 2015). *G. dissectum* очень изменчива по типу волосков, опушение представляет собой смесь длинных и коротких железистых волосков; короткие железистые волоски могут присутствовать или отсутствовать (Yeo, 1995; Troshkina, 2015).

G. pusillum L. – однолетнее травянистое растение, имеет умеренно рассечённые листья, похожие на листья других видов, но с характерным типом опушения, состоящим из однородных коротких, отогнутых вниз до оттопыренных, железистых волосков (Yeo, 1995; Sifonova 2019). Цветоносы длиной 1–3 см, опушены короткими волосками, несут по два цветка с цветоножками, иногда опушёнными железистыми волосками. Цветки в диаметре около 3,5 мм. Лепестки продолговатые, обратносердцевидные, внизу тонко реснитчатые, светло-фиолетовые или бледно-лиловые. Чашелистики яйцевидно-ланцетные, волосистые. Плоды длиной 8–11 мм, с гладкими створками, прижато волосистые, с железистоволосистым клювом (Gubanov et al., 2003; Introductsia…, 2017). Вид относится к мезо- и эвтрофам, предпочитает богатые и плодородные почвы. Является очень светолюбивым растением, обитает на сорных местах, по окраинам полей и дорог, по сбитым лугам, каменистым отложениям, огородам, пустырям, у жилья. Цветёт с начала мая по сентябрь (Prokosheva, Trembale, 2016).

G. macrorrhizum L. – многолетнее травянистое растение с высокими (до 80 см), прямостоячими или восходящими бледно-зелёными стеблями. Листорасположение очередное с прикорневой розеткой. Растение железисто-волосистое, листья ароматные при растирании, зелёные сверху и светло-зелёные снизу, делятся пальчато на 5–7 неглубоко зубчатых долей, у которых острые зубцы в 1,5–2 раза длиннее ширины. Нижние листья длинночерешковые, верхние – почти сидячие. Растения дают от одного до нескольких цветущих побегов (Varyannikova et al., 2024). *G. macrorrhizum* является длиннокорневищным видом, имеет утолщённое корневище длиной 18 см, диаметром 2–3 см, с крупными дициклическими побегами, несущие листья и вегетативно-генеративные почки.

G. robertianum L. – однолетнее или двулетнее травянистое растение, имеющее восходящий ветвистый стебель. Нижние стеблевые листья в очертании пятиугольные, пальчаторассеченные, верхние – почти тройчатые; конечный средний сегмент листьев с черешочком, боковые сегменты почти сидячие. Стебель и листья опушены. Цветки актиноморфные, бледно-розовые. Все растение имеет резкий неприятный запах. (Trembalya et al., 2018). Предпочитает влажные, тенистые места. Растёт в широколиственных и смешанных лесах, на полянах, вырубках, а также встречается в парках и у жилья.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе фармацевтического факультета, Медицинского института, Майкопского государственного технологического университета. Анализ выполняли на вегетативных и генеративных структурах: листья, черешок, корневище, корень, цветок *G. dissectum, G. pusillum, G. robertianum, G. macrorrhizum*, собранных в г. Майкоп и его окрестностях. Первые три вида являются дикорастущими, *G. macrorrhizum* интродуцирована, встречается в искусственных насаждениях.

Для анатомического исследования использовали метод микроскопирования и гистохимического анализа, где раствором флороглюцина с HCl определяли одревесневающие ткани, содержащие лигнин, раствором I_2 в KI – наличие крахмала. Исследования проводили согласно статьям ОФС.1.5.1.0002 «Травы» и ОФС.1.5.3.0003 «Микроскопический и микрохимический анализ лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» Государственной фармакопеи РФ XV издания (Gosudarstvennaia…, 2023).

Микропрепараты изучали с помощью микроскопа «Микромед С-11» производителя ООО «Оптические приборы» (г. Санкт-Петербург) с объективами ×4, ×10, ×40 и окуляром 10×, 16×, 20×. Приготавливали поперечные срезы стебля, листа, черешка, корневища, корня, цветка и парадермальные срезы с адаксиальной и абаксиальной стороны листа. С помощью объект-микрометра производитель ОАО «ЛОМО» (г. Санкт-Петербург) измеряли длину и ширину эпидермальных клеток и замыкающих клеток устьиц (в 30 повторностях), рассчитывали среднее значение и стандартную ошибку средней, степень варьирования оценивали по коэффициенту вариации (CV) (Zaitsev, 1973). Статистическую обработку выполняли в программе MS Excel’2010. Фотографии и рисунки выполнены авторами статьи.

Результаты и обсуждение

G. dissectum, G. pusillum являются однолетниками, ранней весной (в условиях Майкопа в марте) из семени образуется проросток, из которого формируется розетка листьев на длинных черешках (10–15 см) с прилистниками, они отходят от узлов стебля с укороченными междоузлиями. В ювенильном возрасте, в розеточном состоянии *G. dissectum, G. pusillum* L. могут находиться до месяца, в зависимости от температуры окружающей среды. Через месяц после начала вегетации с повышением температуры образуется ортотропный вегетативный побег, на котором супротивно формируются стеблевые листья. У обоих видов листья, отрастающие от розеточного стебля намного крупнее, чем стеблевые. У *G. dissectum* они менее рассечены, чем стеблевые. Чем выше расположены стеблевые листья, тем меньше длина черешка и размер листа. После формирования куста розеточные листья высыхают и отмирают. В одной из пазух супротивных листьев образуется цветонос, в другой побег следующего порядка. Период цветения этих видов в районе исследования – с апреля до середины июля. Цветение активно происходит в утренние часы и при высокой влажности. На растении одновременно наблюдаются цветение и формирование плодов, и семян. В середине лета из-за долгого отсутствия дождей и высоких летних температур *G. dissectum*, *G. pusillum* высыхают полностью и только в начале октябре из семян появляются проростки (высота в стадии двух листьев – 2,5 см). Для этих видов герани характерно надземное прорастание с образованием главного корня. Семядоли выносятся на поверхность, зеленеют и превращаются в два листа почковидной, округлой формы, за ними по одному появляются листья со слегка пальчатым рассечением. Характерно для них наличие кроющих, конических трихом, в тоже время железистые трихомы находятся на стадии роста и недоразвиты или отсутствуют совсем. Большинство осенних проростков гераней рассечённой и маленькой зимой погибают из-за большого количества осадков, отсутствия снега и резких перепадов температур характерных для региона исследования.

G. robertianum – однолетнее растение, образующее маленький кустик. Растёт в лесу, в тени деревьев, отличается тем, что не отмирает летом и продолжает вегетацию до октября, погибает с наступлением холодов. В Адыгее период цветения наступает с середины июня и продолжается по сентябрь включительно. *G. macrorrhizum*, являясь многолетним растением встречается в декоративных насаждениях, за вегетативный период хорошо отрастает, достаточно устойчива к летним высоким температурам, но плохо перезимовывает в условиях высокой влажности и резких перепад температур характерных для г. Майкоп.

По результатам изучения анатомического строения вегетативных структур, у *G. robertianum* и *G. macrorrhizum* лист гипостамотический, у *G. dissectum* и *G. pusillum* – амфистоматический, дорсовентральный.

Устьичный аппарат аномоцитный. Длина замыкающих клеток больше ширины устьица. У амфистоматических видов на абаксиальной стороне устьица крупнее, и их количественно больше. Клетки верхней эпидермы паренхимные, слегка вытянутые, имеют слегка волнистые клеточные стенки, у *G. robertianum* они крупнее, чем у других видов. У *G. pusillum* просматривается чётковидность клеточной стенки. Клетки нижней эпидермы прозенхимные, часто длина в два раза превышает ширину, с извилистыми клеточными стенками (табл. 1).

При изучении поперечных срезов листа установлено, что сверху лист изучаемых видов покрыт одноклеточной эпидермой, далее следуют 2–3 ряда клеток столбчатого мезофилла, из которых ряд, примыкающий к адаксиальной стороне, имеет более крупные; клетки губчатого мезофилла меньше по размеру, чем столбчатого. Проводящие пучки коллатеральные. У *G. robertianum* и *G. macrorrhizum* в листе обнаружили друзы. Также у *G. macrorrhizum* в листе имеется большое количество клеток-идиобластов, где сконцентрированы эфирные масла.

Таблица 1

Биометрические показатели эпидермы листа растений рода *Geranium*

Table 1

Biometric parameters of the leaf epidermis of plants of the genus *Geranium*

Виды / CV, %	**Эпидерма адаксиальной стороны, мкм**				**Эпидерма абаксиальной стороны, мкм**			
	клетки		**устьица**		**клетки**		**устьица**	
	l± s	**b** ± s	**l** ± s	**b** ± s	**l** ± s	**b** ± s	**l** ± s	**b** ± s
G. dissectum	50,3±2,0	26,5±0,6	21,7±0,7	18,6±0,4	42,2±1,8	20,7±0,9	24,3±0,5	18,3±0,5
CV, %	20,9	12,4	9,4	6,7	22,3	22,7	10,6	13,2
G. pusillum	37,4± 1,4	27,5±1,1	20,3±2,5	17,2±1,3	43,2±1,6	23,6±1,1	22,9±0,6	17,2±0,5
CV, %	18,1	18,9			18,8	22,9	13,2	14,4
G. macrorrhizum	83,9±2,9	57,1±2,5	–	–	44,6±1,0	26,2±0,8	22,4±0,7	19,6±0,4
CV, %	17,8	21,9			11,6	16,1	13,6	10,8
G. robertianum	148,4±6,1	66,6±4,7	–	–	88,5±8,5	37,7±2,5	25,4±1,1	18,8±0,9
CV, %	15,4	26,2			33,4	23,0	14,0	16,6

Примечание: l – длина, b – ширина, s – стандартная ошибка среднего.

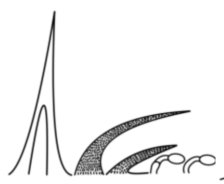
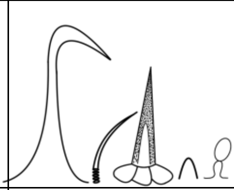
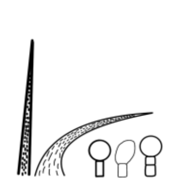
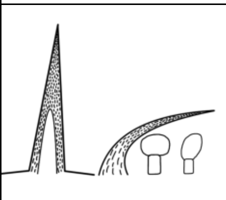
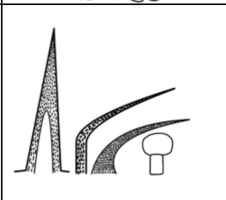
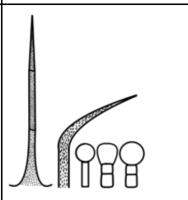
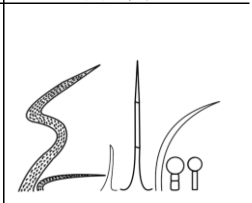
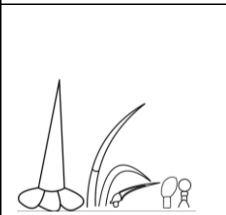
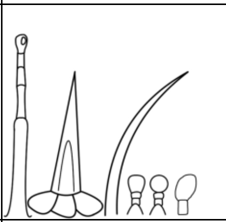
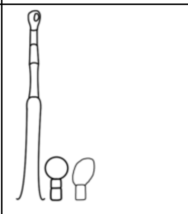
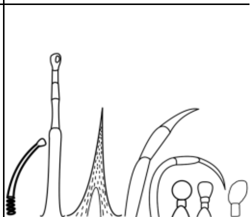
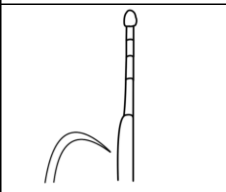
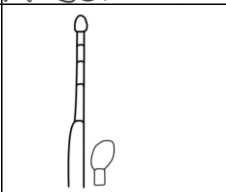
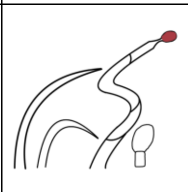
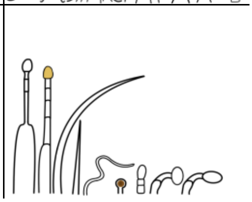
Каждый из изучаемых видов имеет характерное опушение листа, образуемое разновидностями живых простых, одноклеточных, реже многоклеточных конических трихом с бородавчатой кутикулой или без неё, которые могут располагаться в разных направлениях по отношению к плоскости листа и разновидности живых железистых трихом, которые либо очень маленькие (меньше или равны устьицам), либо очень большие, видны невооружённым глазом. Изучая литературу, мы обнаружили, что разные исследователи диагностировали некоторые виды волосков, которые мы не смогли обнаружить у такого же вида герани. Далее во время исследования определили, что наличие волосков тех или иных типов варьирует у разных растений одного вида, возможно, исследуемые растения являются гибридами, поэтому наблюдаются небольшие отличия. Также очень сильно варьируют размеры трихом, что зависит от стадии развития листа, места произрастания. Разнообразие трихом и такие особенности, как угол наклона, размер волоска можно наблюдать на живом растении, при сборе и сушке растений теряется диагностическая значимость трихом, особенно кроющих. Мы попытались собрать различные варианты встречающихся волосков на живых растениях и представили их схематично (табл. 2).

Таблица 2

Схематичное изображение трихом растений рода *Geranium*

Table 2

Schematic representation of the trichomes of plants of the genus *Geranium*

Название	**Лист, сторона**		**Стебель**	**Чашелистик**
	адаксиальная	**абаксиальная**		
Geranium dissectum				
Geranium pusillum.				
Geranium macrorrhizum				
Geranium robertianum				

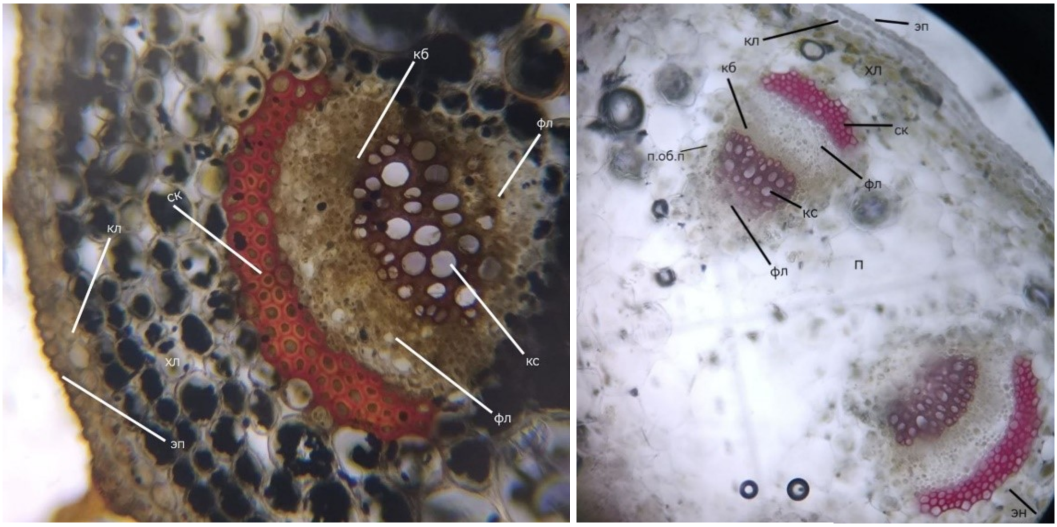
У *G. pusillum* на адаксиальной стороне листа обнаружены крупные, видимые глазом, прямые, конические волоски, располагающиеся перпендикулярно поверхности листа (длина 700–1200 мкм), и мелкие с наклоном, покрытые бородавчатой кутикулой (100–500 мкм). По всей верхней стороне листа разбросаны микроскопические железистые волоски двух типов: на одноклеточной ножке с одноклеточной круглой или овальной головкой (≈20 мкм). На абаксиальной стороне листа – те же варианты трихом, вдоль жилок располагаются конические, с наклонённой верхушкой и бородавчатой кутикулой кроющие волоски (400–450 мкм).

G. dissectum на адаксиальной стороне листа имеет следующие типы трихом: два типа одноклеточных конических волосков с бородавчатой кутикулой, лежащие под наклоном 30^{o}, отличающиеся размером, а также прямые волоски, расположенные перпендикулярно эпидерме, конические, тонкостенные без кутикулы (≈500 мкм). Железистые волоски двух типов, первый – полегающий с двуклеточной ножкой и одноклеточной овальной головкой (≈30 мкм), второй тип – с одноклеточной ножкой и головкой овальной формы (20–25 мкм). На абаксиальной стороне листа присутствуют одноклеточные трихомы овальной формы с закруглённым концом, размером чуть больше половины устьица (≈15 мкм). Основную массу опушения составляют два вида одноклеточных прямых конических волосков: самые длинные, поднимающиеся перпендикулярно над нижней поверхностью листа, верхушка которых имеет угол наклона, а также второй вид трихом, с эпидермальной околоволосковой розеткой, верхушка которых прямая (650–1200 мкм), помимо этого имеются головчатые волоски с одноклеточной ножкой и одноклеточной овальной головкой (30–40 мкм). Очень редко встречаются конические трихомы с утолщением в виде кольца у основания.

Для верхней эпидермы *G. robertianum* характерны железистые трихомы, длинные, прямые, многоклеточные, с маленькой овальной головкой, ширина которой меньше ширины основания волоска (длиной ≈900 мкм) и тонкостенные, кроющие, с наклоном волоски (≈400 мкм). На нижней эпидерме листа присутствуют маленькие железистые волоски на одноклеточной ножке с овальной одноклеточной головкой (≈14 мкм), а также редко встречающиеся крупные булавовидные многоклеточные, железистые волоски, расположенные вдоль жилок (700–1200 мкм).

У G. macrorrhizum по краю листа с обеих сторон располагаются серповидные конические одноклеточные трихомы (≈20 мкм). Среди них встречаются прямые, конические, тонкостенные маленькие, торчащие в разные стороны волоски (13–25 мкм). Также весь лист с обеих сторон усыпан кроющими, коническими, одноклеточными без кутикулы, с околоволосковой эпидермальной розеткой трихомами (400–500 мкм) и многочисленными железистыми волосками на одноклеточной или трёхклеточной ножке с круглой или булавовидной головкой (20–100 мкм). Редко на адаксиальной стороне встречаются железистые трихомы с многоклеточной ножкой (примыкающая к эпидерме клетка широкая) и маленькой головкой (≈400 мкм), а с абаксиальной такая же железистая трихома, только больших размеров, с ровной ножкой (800–1200 мкм). По жилкам опушение более сильное, у волосков такой же тип, как и на поверхности листа. Отличительной особенностью нижней, абаксиальной стороны листа, является присутствие железистой трихомы с трёхклеточной ножкой и одноклеточной круглой головкой (300–1500 мкм), у этих трихом многоклеточная околоволосковая розетка отсутствует, их основание – это одна округлая клетка. Вдоль жилки располагаются скопления друз. Клетки эпидермы жилки имеют чётковидное утолщение клеточных стенок с плазмодесмами. Основание кроющих волосков, расположенных вдоль жилок представлено выростами прозенхимных клеток эпидермы, которые поднимаются над поверхностью, первая клетка волоска имеет общую клеточную стенку с эпидермальной, располагается под наклоном.

Рассмотрели поперечный срез черешка листа. Метод петиолярной анатомии раскрывает новые диагностические особенности растений. Черешок у всех видов, кроме *G. robertianum*, округлой формы, сверху покрыт эпидермой, клетки которой прозенхимные. У *G. pusillum* и *G. dissectum* в черешке нет друз. Далее за эпидермой идут два ряда пластинчатой колленхимы и от 2 до 4 рядов хлоренхимы. Для черешка трёх изучаемых видов (кроме *G. robertianum*) характерно наличие четырёх больших биколлатеральных пучков (наличие наружной и внутренней флоэмы) со склеренхимной обкладкой снаружи и 4–5 маленьких пучков, которые чередуются с крупными и прилегают ближе к эпидерме (рис. 1 А, 1 Б).



А Б

Рис. 1. Фрагменты поперечного среза черешка: А – *G. dissectum* (×400), Б – *G. pusillum* (×200), эп – эпидерма, кл – колленхима, хл – хлоренхима, эн – эндодерма, п – паренхима, ск – склеренхима, фл – флоэма, кс – ксилема, п. об. п. – паренхимная обкладка пучка.

Fig. 1. Fragments of the cross section of the petiole: A – *G. dissectum* (×400), B – *G. pusillum* (×200), еп – epidermis, кл – collenchyma, хл – chlorenchyma, эн – endoderm, п – parenchyma, ск – sclerenchyma, фл – phloem, кс – xylem, п. об. п – parenchymal lining of the bundle.

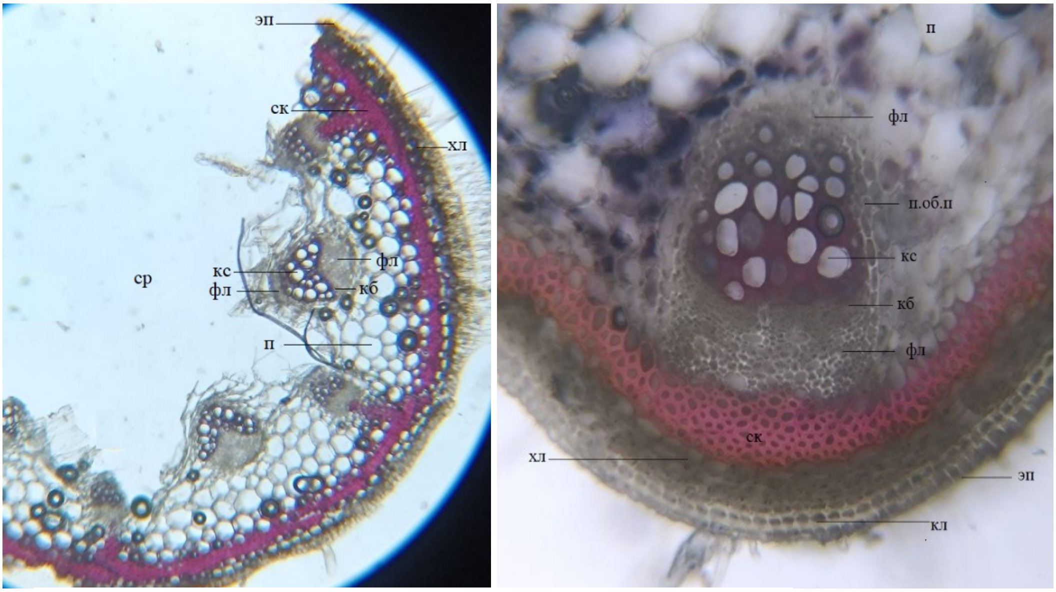
Отличительной особенностью является наличие крахмала (положительная реакция с I_2 в KI) в черешке у всех видов, кроме *G. robertianum*, у которой крахмала нет. Черешок *G. robertianum* имеет выемку с адаксиальной стороны и прилегающие к ней два маленьких пучка и с абаксиальной стороны три биколатеральных крупных пучка. Выемка черешка *G. robertianum* сильно опушена всеми видами волосков, как в листе, а в остальной части волоски редкие, маленькие, железистые на одноклеточной ножке с овальной одноклеточной головкой. Колленхима в черешке *G. robertianum* слабо выражена, есть друзы.

Черешок *G. macrorrhizum* шире в диаметре, но черты строения схожи с *G. pusillum* и *G. dissectum* отличается большим содержанием хлоренхимы, и в нём присутствуют друзы.

Изучили анатомическое строение стебля на поперечном срезе. Для исследуемых видов гераней характерны как общие черты, так и индивидуальные особенности. К общим чертам можно отнести округлую форму стебля в поперечном сечении, крупные прозенхимные клетки эпидермы с аномоцитным устьичным аппаратом, кольцо перициклической склеренхимы, пучковое строение стебля с разновеликими биколатеральными пучками, которые иногда сливаются попарно, и всегда вокруг пучков паренхимная обкладка.

У G. robertianum стебель полый внутри (рис. 2 А). Первичная кора очень маленькая без колленхимы, за эпидермой следуют 1–2 ряда хлорофилоносной паренхимы, крупные клетки одного ряда эндодермы и сплошное кольцо склеренхимы, которая разрастается и сливается с вторичной флоэмой маленьких биколлатеральных пучков. Большие пучки не соединены со склеренхимой. Внутренняя флоэма небольшая, состоит из мелких тонкостенных клеток. Нет крахмальных зёрен и друз. Опушение стебля представлено железистыми трихомами с одноклеточной ножкой и овальной головкой (30–50 мкм) и двумя видами кроющих конических волосков серповидной формы (150–300 мкм) и возвышающимися над эпидермой (200–400 мкм). Но основное опушение стебля составляют многоклеточные тонкостенные без кутикулы со спадающимися клеточными стенками железистые трихомы (1200–1600 мкм), видимые невооружённым глазом.

У *G. pusillum* эпидерма стебля состоит из прозенхимных клеток, с прижатыми волосками, за которой два ряда пластинчатой колленхимы, далее 4–5 рядов мелких клеток хлоренхимы и ряд больших овальных клеток эндодермы. Первичная кора узкая. Клетки перициклической склеренхимы соединены с биколатеральными пучками. Проводящие пучки имеют обкладку из паренхимных клеток. В сердцевине большие паренхимные клетки (рис. 2 Б.). Стебель опушён одноклеточными и многоклеточными кроющими трихомами с бородавчатой кутикулой, расположенных перпендикулярно поверхности или под наклоном (300–450 мкм). Железистыми трихомами на одно или двуклеточной ножке с округлой или булавовидной головкой (30–50 мкм). В стебле присутствуют крахмальные зёрна, и нет друз.



А Б

Рис. 2. Фрагменты поперечного среза стебля: А – G. *robertianum* (×100), Б – *G. pusillum* (×200), эп – эпидерма, кл – колленхима, хл – хлоренхима, п – паренхима, ск – склеренхима, фл – флоэма, кб – камбий, кс – ксилема, ср – сердцевина.

Fig. 2. Fragments of a cross-section of the stem: A – *G. robertianum* (×100), B – *G. pusillum* (×200), эп – epidermis, кл – collenchyme, хл – chlorenchyme, п – parenchyme, ск – sclerenchyme, фл – phloem, кб – cambium, кс – xylem, ср – core.

Анатомическое строение стебля *G. dissectum* похоже на строение *G. pusillum*, отличие состоит в количестве рядов клеток перициклической склеренхимы, их меньше. Поверхность стебля опушена одноклеточными, с бородавчатой кутикулой, коническими, под наклоном или прямыми волосками, а также железистыми короткими трихомами на одно-двухклеточной ножке с одноклеточной круглой или овальной головкой, расположенные перпендикулярно к поверхности стебля. В стебле есть крахмал, но нет друз.

У *G. macrorrhizum* поверхность стебля преимущественно опушена головчатыми волосками на одно- или двухклеточной ножке с круглой или овальной одноклеточной головкой, редко встречаются прямые многоклеточные (3–4 клетки) конические волоски с овальной одноклеточной головкой. В стебле есть крахмальные зёрна и друзы.

Изучили анатомического строение корня. Для всех видов характерно вторичное непучковое строения корня, наличие перидермы, вторичной коры, состоящей из коровой паренхимы перициклического происхождения, и первичной флоэмы в виде сдавленных тонкостенных клеток, вторичной флоэмы, далее на границе – камбий и центральный осевой цилиндр, состоящий из вторичной и первичной ксилемы. Отличительной особенностью является соотношение тканей вторичной коры и центрального осевого цилиндра, а также наличие крахмальных зерён и друз.

У *G. pusillum* равное соотношение тканей вторичной коры и осевого цилиндра. Диархность первичной ксилемы слабо выражена, первичные сердцевинные лучи узкие и чередуются с цепочкой сосудов вторичной ксилемы. В паренхиме вторичной коры много крахмала, друз нет. У *G. dissectum* центральный цилиндр больше, чем вторичная кора, паренхима которой заполнена крахмалом, сердцевина состоит из разрозненных сосудов вторичной ксилемы, чередующихся с паренхимными клетками, в центре остатки первичной ксилемы, также в паренхиме сердцевины нет крахмальных зерён, и в корне нет друз. У *G. robertianum* за перидермой расположена вторичная кора небольшого размера, основной объём корня занимает центральный цилиндр, четко выражено диархное строение. Сосуды вторичной ксилемы небольшие, разрозненные. Крахмальных зёрен и друз в корне нет. У *G. macrorrhizum* вторичная кора занимает основной объём корня, в ней много крахмала и друз. Между двух лучей вторичной ксилемы в сердцевидных лучах центрального цилиндра очень много друз, и есть небольшое количество крахмальных зерен.

Рассмотрели особенности строения цветка. У всех гераней цветок актиноморфный, с двойным околоцветником, пятичленный с 5 или 10 тычинками и одним пестиком.

У G. pusillum чашелистики опушены кроющими, коническими волосками, располагающимися под наклоном (300–400 мкм) и длинными многоклеточными перпендикулярно поверхности, оттопыренными, коническими волосками (400–500 мкм), и очень редко встречаются трихомы с бородавчатой кутикулой, лентовидной формы со спадающимися стенками. А также железистые волоски на одно-двуклеточной ножке с круглой головкой. Чашелистик вытянутый на конце с короткой остью, которая опушена прижатыми коническими волосками. По краю бесцветный, в середине зелёный с тремя жилками. Клетки нижней эпидермы извилисто-стенные, на бесцветном крае устьиц нет, большинство из них располагаются практически рядами вдоль жилок, аномоцитный устьичный аппарат. Чашелистик амфистоматический. *У G. pusillum* цветонос зелёный, покрыт эпидермой с двумя типами волосков: конические, прилегающие к стеблю (вниз) и железистые (одноклеточная овальная головка и ножка). Лепесток книзу сужается и в месте прикрепления покрыт коническими волосками двух типов (перпендикулярными и с поникающим кончиком), и редко встречаются железистые волоски на одноклеточной ножке с округлой головкой. Рыльце пятилопастное, снизу покрыто коническими прилегающими волосками, столбик сильно опушён волосками этого же типа. На тычиночной нити обнаружены прижатые железистые волоски (одноклеточная ножка и овальная головка). Мерикарпии опушены железистыми (1 ножка, овальная головка), ость мерикарпия – кроющими прижатыми трихомами.

У G. dissectum чашелистики ланцетной формы, имеющие ость около 2 мм, их поверхность густо опушена буловидными волосками с двухклеточной ножкой, клетки которой не пропорциональны друг другу, толстостенная клетка, прилегающая к основанию, длиннее и шире, чем клетка, соприкасающаяся с одноклеточной головкой, наполненной жёлто-коричневым содержимым (300–500 мкм), также присутствуют кроющие одноклеточные конические волоски (250–300 мкм), расположенные под углом относительно поверхности чашелистика, редко встречаются железистые волоски на двуклеточной ножке и с одноклеточной головкой. Лепесток по всей поверхности опушён головчатыми волосками с овальной одно- или двухклеточной головкой на одно- или двухклеточной ножке, также встречаются длинные одноклеточные конические волоски (≈700 мкм). Вблизи основания лепестка, по его краю, также расположены одноклеточные волоски, но меньшего размера (200–300 мкм).

У G. robertianum чашелистики яйцевидно-ланцетной формы с тремя жилками зелёного цвета, на верхушке имеется ость длиной до 1 мм. Все части чашелистика обильно опушены различного рода волосками. На ости встречаются многоклеточные (3–4 клетки) железистые волоски с овальной головкой, наполненной жёлто-коричневым содержимым, также встречаются головчатые волоски на двухклеточной ножке с одноклеточной овальной головкой. Основание ости с обеих сторон имеет обильное опушение из одноклеточных нитевидных изогнутых трихом, переплетающихся между собой. По краю чашелистика присутствуют головчатые волоски на одно-двухклеточной ножке и с одноклеточной овальной или круглой головкой, которой они прижимаются к эпидерме. В основании имеются длинные одноклеточные нитевидные волоски, расположенные перпендикулярно и под наклоном к краю чашелистика. Поверхность чашелистика преимущество опущена по жилкам многоклеточными волосками с многоклеточной ножкой (примыкающая к эпидерме клетка широкая) и маленькой головкой. Поверхность лепестка имеет сосочковидные выросты и опушена головчатыми трихомами с одноклеточной короткой ножкой и овальной головкой.

У G. macrorrhizum чашелистик округлой формы, светло-зелёный с тремя ярко зелёными жилками и остью на конце, клетки эпидермы извилисто-стенные, покрыт многочисленными волосками. У основания чашелистика это кроющие, конические, прямые, многоклеточные (1–3 клетки) трихомы и самые маленькие, серповидные, конические, многоклеточные волоски. По краю чашелистика от основания до ости в эпидерме располагаются рядком друзы. Ость опушена: кроющими, прямыми, коническими одноклеточными и железистыми трихомами с вариантами от одной до трёхклеточной ножки с одноклеточной головкой овальной, булавовидной или круглой формы. Также весь чашелистик покрыт очень длинными железистыми трихомами с многоклеточной ножкой (4 и более клеток) и с булавовидной головкой. Очень редко встречается трихома у которой в основании есть утолщение в виде кольца, у неё одноклеточная, булавовидная головка с пупыркой на вершине. Лепестки цветка опушены, одноклеточными, кроющими волосками без кутикулы и маленькими железистыми трихомами с 1–2 клеточной ножкой с круглой или овальной головкой, и самым большим видом железистых трихом с многоклеточной ножкой (4 и более клеток) и с булавовидной головкой.

Заключение

Однолетние виды *G. dissectum* и *G. pusillum* имеют полурозеточную модель побега, в ювенильной стадии имеют базальную розеточную часть и ортотропные побеги, в генеративной стадии розеточные, длинночерешковые листья отмирают, формируется куст из побегов второго и следующих порядков. Сравнение анатомического строения листьев гераней выявило их большое сходство: дорсовентральный амфистоматический (*G. dissectum* и *G. pusillum*) и гипостоматический (*G. robertianum* и *G. macrorrhizum*) лист, покрытый эпидермой, клетки которой имеют волнистые антиклинальные стенки, аномоцитный тип устьичного аппарата. У изучаемых гераней пучковое строение стебля с разновеликими биколатеральными пучками, кольцо перициклической склеренхимы объединяется с проводящими пучками. У *G. robertianum* стебель полый внутри, у остальных выполнен крупными паренхимными клетками. У изучаемых гераней (*G. dissectum*, *G. pusillum*, *G. robertianum*) классическое вторичное непучковое строение корня, *у G. macrorrhizum* между двух лучей вторичной ксилемы в сердцевидных лучах центрального цилиндра есть друзы и крахмал. Все структуры гераней опушены различными вариантами кроющих и железистых трихом. Полученные данные по степени опушённости дополняют особенности строения гераней и могут использоваться в идентификации видов.

Исследование проведено в рамках научно-исследовательского проекта, выполняемого научным коллективом Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университета» по теме: «Разработка и обоснование состава, технология и стандартизация фитопрепаратов и биологически активных добавок ангиопротективного, противовоспалительного, противомикробного и диуретического действия».

Список литературы

[Bekmurzaeva, Iriskhanova] *Бекмурзаева И. Л., Ирисханова З. И.* 2021. Таксономическая структура и анализ семейства *Geraniaceae* Juss. во флоре Чеченской Республики // Сб. ст. III Всерос. науч.-практ. конф. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука». С. 181–195.

[Gosudarstvennaia...] Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. Т. 1. 2023. ОФС.1.5.1.0002 «Травы», ОФС.1.5.3.0003 «Микроскопический и микрохимический анализ лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов». URL: *https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-2/travy/*. Дата обращения: 15.10.2025.

[Gubanov et al.] *Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н.* 2003. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Тов. науч. изд. КМК. С. 506.

[Introductsia…] Интродукция растений природной флоры Сибири. 2017. Новосибирск: Академическое издательство «Гео». С. 495.

Jung S.-Y., Hong J.-K., Park S.-H., Yang J.-C., Yun S.-M., Kang Y.-S. 2015. Two unrecorded alien plants of South Korea: *Geranium dissectum* L. (*Geraniaceae*) and *Dianthus armeria* L. // Korean Journ. of Plant Taxonomy. N 45 (3). P. 272–277.

[Novoselova et al.] *Новосёлова Н. С. Егорова Т. В., Грубов В. И., Камелин Н. В., Цвелёв Н. Н.* 1998. Виды рода *Geranium* L. (*Geraniaceae*) подрода *Geranium* флоры Кавказа // Новости систематики высших растений. Т. 31. С. 143–158.

[Peshkova et al.] *Пешкова Г. А., Овчинникова С. В., Малышев Л. И.* 2012. Сем. *Geraniaceae* Juss. // Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. Новосибирск. С. 264–267.

[Prokosheva, Trembalya] *Прокошева Л. И., Тембаля Я. С.* 2016. Некоторые биологические особенности видов рода *Geranium* L., произрастающих на территории Курской области // Университетская наука: взгляд в будущее: Мат. междунар. науч.-практ. конф. Курск. С. 104-107.

[Sifonova] *Сифонова Ю. В.* 2019. Признаки рода *Geranium* L. и их таксономическое значение // Добродеевские чтения: Сб. науч. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. Мытищи. С. 23–30.

[Trembalya et al.] *Трембаля Я. С., Дроздова И. Л., Кузькина Э. Е.* 2018. Анатомическое строение вегетативных органов герани лесной (*Geranium sylvaticum* L.) // Междунар. науч.-исследовательский журн. № 1–1 (67). С. 176–180. *https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.67.109*

[Trembalya, Maslov] *Трембаля Я. С., Маслов М. М.* 2016. Микродиагностика сырья герани Роберта // Фармацевтическое образование, наука и практика: горизонты развития. Мат. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Курск. С. 520–524.

[Troshkina] *Трошкина В. И.* 2015. Диагностические признаки чашечки цветка в систематике рода *Geranium* L. (*Geraniaceae* Juss.) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 14. С. 157–167.

[Varyannikova et al.] *Варяникова А. С., Анцышкина А. М., Простодушева Т. В.* 2024. Морфолого-анатомическое описание травы и корневища *Geranium macrorrhizum* // Достижения и перспективы создания новых лекарственных средств растительного происхождения. Сб. мат. Междунар. конф. М: Всерос. науч.-исследовательский ин-т лекарственных и ароматических растений. С. 319–322.

Yeo P. F. 1995. Hardy Geraniums. London: B. T. BATSFORD LTD. 192 p.

[Zaitsev] *Зайцев Г. Н.* 1973. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. С. 256.

[Zernov] *Зернов А. С.* 2006. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: Тов. науч. изд. КМК. С. 664.

[Zernov] *Зернов А. С.* 2010. Растения российского Западного Кавказа: полевой атлас. М.: Тов. науч. изд. КМК. С. 448.

References

Bekmurzaeva I. L., Iriskhanova Z. I. 2021. Taksonomicheskaia struktura i analiz semeistva *Geraniaceae* Juss. vo flore Chechenskoi Respubliki [Taxonomic structure and analysis of the Geraniaceae Juss. family in the flora of the Chechen Republic] // Sb. st. III Vseros. nauch.-prakt. konf. Petrozavodsk: Mezhdunarodnyi tsentr nauchnogo partnerstva «Novaia Nauka». P. 181–195. (*In Russian*)

Gosudarstvennaia farmakopeia Rossiiskoi Federatsii. XV izd. T. 1 [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XV ed. Vol. 1]. 2023. OFS.1.5.1.0002 «Travy», OFS.1.5.3.0003 «Mikroskopicheskii i mikrokhimicheskii analiz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ia i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatov». URL: *https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-2/travy/*. Date of access: 15.10.2025. (*In Russian*)

Gubanov I. A., Kiseleva K. V., Novikov V. S., Tikhomirov V. N. 2003. Illiustrirovannyi opredelitel' rastenii srednei Rossii [Illustrated checklist of plants of Central Russia]. T. 2. Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnye). Moscow: Tov. nauch. izd. KMK. P. 506. (*In Russian*)

Introduktsia rastenii prirodnoi flory Sibiri [Introduction of plants of the natural flora of Siberia]. 2017. Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo «Geo». P. 495. (*In Russian*)

Jung S.-Y., Hong J.-K., Park S.-H., Yang J.-C., Yun S.-M., Kang Y.-S. 2015. Two unrecorded alien plants of South Korea: *Geranium dissectum* L. (*Geraniaceae*) and *Dianthus armeria* L. // Korean Journ. of Plant Taxonomy. N 45 (3). P. 272–277.

Novoselova N. S. Egorova T. V., Grubov V. I., Kamelin N. V., Tsvelev N. N. 1998. Vidy roda *Geranium* L. (*Geraniaceae*) podroda *Geranium* flory Kavkaza [Species of the genus *Geranium* L. (*Geraniaceae*) subgenus *Geranium* of the Caucasus flora] // Novosti sistematiki vysshikh rastenii. T. 31. P. 143–158. (*In Russian*)

Peshkova G. A., Ovchinnikova S. V., Malyshev L. I. 2012. Sem. *Geraniaceae* Juss. [Family *Geraniaceae* Juss.] // Konspekt flory Aziatskoi Rossii: sosudistye rasteniia. Novosibirsk. P. 264–267. (*In Russian*)

Prokosheva L. I., Trembalia Ia. S. 2016. Nekotorye biologicheskie osobennosti vidov roda *Geranium* L., proizrastaiushchikh na territorii Kurskoi oblasti [Some biological characteristics of species of the genus *Geranium* L. growing in the Kursk Region] // Universitetskaia nauka: vzgliad v budushchee: Mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk. P. 104-107. (*In Russian*)

Sifonova Iu. V. 2019. Priznaki roda *Geranium* L. i ikh taksonomicheskoe znachenie [Characteristics of the genus *Geranium* L. and their taxonomic significance] // Dobrodeevskie chteniia: Sb. nauch. tr. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Mytishchi. P. 23–30. (*In Russian*)

Trembalia Ia. S., Drozdova I. L., Kuz'kina E. E. 2018. Anatomicheskoe stroenie vegeta-tivnykh organov gerani lesnoi (*Geranium sylvaticum* L.) [Anatomical structure of vegetative organs of forest geranium (*Geranium sylvaticum* L.)] // Mezhdunar. nauch.-issledovatel'skii zhurn. № 1–1 (67). P. 176–180. *https://doi.org/*10.23670/IRJ.2018.67.109 (*In Russian*)

Trembalia Ia. S., Maslov M. M. 2016. Mikrodiagnostika syr'ia gerani Roberta [Microdiagnostics of Robert's geranium raw materials] // Farmatsevticheskoe obrazovanie, nauka i praktika: gorizonty razvitiia. Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kursk. P. 520–524. (*In Russian*)

Troshkina V. I. 2015. Diagnosticheskie priznaki chashechki tsvetka v sistematike roda *Geranium* L. (*Geraniaceae* Juss.) [Diagnostic features of the calyx in the taxonomy of the genus *Geranium* L. (*Geraniaceae* Juss.)] // Problemy botaniki Iuzhnoi Sibiri i Mongolii. № 14. P. 157–167. (*In Russian*)

Varianikova A. S., Antsyshkina A. M., Prostodusheva T. V. 2024. Morfologo-anatomicheskoe opisanie travy i kornevishcha *Geranium macrorrhizum* [Morphological and anatomical description of the herb and rhizome of *Geranium macrorrhizum*] // Dostizheniia i perspektivy sozdaniia novykh lekarstvennykh sredstv rastitel'nogo proiskhozhdeniia. Sb. mat. Mezhdunar. konf. M: Vseros. nauch.-issledovatel'skii in-t lekarstvennykh i aromaticheskikh rastenii. P. 319–322. (*In Russian*)

Yeo P. F. 1995. Hardy Geraniums. London: B. T. BATSFORD LTD. 192 p.

Zaitsev G. N. 1973. Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaia statistika v eksperimental'noi botanike [Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany.]. Moscow: Nauka. P. 256. (*In Russian*)

Zernov A. S. 2006. Flora Severo-Zapadnogo Kavkaza [Flora of the Northwest Caucasus]. Moscow: Tov. nauch. izd. KMK. P. 664. (*In Russian*)

Zernov A. S. 2010. Rasteniia rossiiskogo Zapadnogo Kavkaza: polevoi atlas [Plants of the Russian Western Caucasus: Field Atlas]. Moscow: Tov. nauch. izd. KMK. P. 448. (*In Russian*)

Сведения об авторах

Дьякова Ирина Николаевна
к. б. н., доцент кафедры фармации
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп

Dyakova Irina Nikolaevna
Ph. D. in Biological Sciences, Ass. Professor of the Dpt. of Pharmacy
Maikop State Technological University, Medical Institute, Maikop

Меркулова Ангелина Николаевна
студентка 4 курса медицинского факультета
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп

Merkulova Angelina Nikolaevna
4th year student of the Faculty of Pharmacy
Maikop State Technological University, Medical Institute, Maikop