

УДК 581.8:582.998.1:615.322

<https://www.doi.org/10.34907/JPQAI.2020.84.71.003>

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРАВЫ ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО (*SOLIDAGO CANADENSIS L.*)

И.С. Сулоев, аспирант кафедры фармакогнозии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Suloev.Ivan@pharminnotech.com

О.В. Яковлева, канд. биол. наук, заведующий лабораторией анатомии и морфологии, ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова» Российской академии наук (БИН РАН), г. Санкт-Петербург, olgayak1945@mail.ru

Н.А. Дудецкая, канд. фарм. наук, старший преподаватель кафедры фармакогнозии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Natalia.Dudetskaya@pharminnotech.com

В.Г. Лужанин, канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой фармакогнозии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, vladimir.luzhanin@pharminnotech.com

В работе представлено морфологическое описание травы золотарника канадского (*Solidago canadensis L.*), а также микроскопическое описание всех входящих в нее частей: листьев, стеблей, листочков обертки, цветков и семян. Выявлены характерные морфолого- и анатомо-диагностические признаки. Полученные результаты предлагается использовать для усовершенствования нормативной документации на траву золотарника канадского.

Ключевые слова: трава золотарника канадского, *Solidago canadensis L.*, морфолого-анатомические признаки, лекарственное растительное сырье

Многолетнее травянистое растение золотарник канадский (*Solidago canadensis L.*) распространено по всей территории России как декоративный и одичавший вид. Конкурируя в качестве сорняка с другими представителями флоры, золотарник активно

осваивает новые территории в Китае и других странах [1,2].

Лекарственные препараты, компонентом которых является суммарный экстракт травы золотарника канадского (Марелин, Фитолизин и Простанорм), применяются в медицине при заболеваниях почек и мочевого пузыря [3]. Для травы золотарника канадского отмечены диуретическая, противовоспалительная, антибактериальная, антиоксидантная, нефро- и спазмолитическая активность [4]. Также исследовались противоопухолевая активность хлороформного и 50% спиртового экстракта золотарника канадского в отношении клеток линии HeLa и MCF-7 [5] и фунгицидное действие в отношении *Botrytis cinerea* Growth [6].

В химическом составе надземной части золотарника канадского были обнаружены флавоноиды и их агликоны, фенолкарбоновые кислоты, сапонины, эфирное масло, а также установлено присутствие лигнанов, кумаринов, каротиноидов и дубильных веществ [4,7].

Качество травы золотарника канадского регламентируется фармакопейной статьей ФС-42-2777-91 [8]. В данной статье подробно описывается морфология растения, а в разделе «Микроскопия» рассмотрен и описан препарат листа с поверхности. В то же время описание стебля и цветков отсутствует. Учитывая тот факт, что на территории России род Золотарник представлен 26 видами [9], из которых официальным лекарственным сырьем является только трава золотарника канадского, важно знать характерные морфолого-анатомические диагностические признаки сырьевой части растения *Solidago canadensis* при заготовке растительного сырья.

Цель данной работы – изучение морфолого-анатомического строения надземных органов золотарника канадского (листьев, стеблей, цветков, плодов) и выявление их характерных диагностических признаков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Морфолого-анатомическое изучение сырья осуществлялось на образцах надземной части золотарника канадского, собранных в августе 2018 года на территории питомника лекарственных растений СХФУ в фазу цветения. Временные препараты органов растений (стебель, лист, цветок) готовили в соответствии с требованиями общей фармакопейной статьи (ОФС) 1.5.3.0003.15 «Техника микроскопического и микрохимического исследования растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» Государственной фармакопеи Российской Федерации XIV издания. Препараты, просветленные в 5% растворе щелочи, исследовали с поверхности. Поверхность листьев изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Для этого объекты фиксировали 3% раствором глутарового альдегида, обезживали в серии спиртов и проводили через смесь спирта

и изоамилацетата, а также через чистый изоамилацетат, затем высушивали при критической точке жидкой углекислоты. Высушенные объекты наклеивали на столики, напыляли золотом и исследовали с помощью микроскопа JSM 6390 (Jeol).

Анатомическое строение листа, стебля и цветков золотарника канадского изучали на продольных и поперечных срезах. Для этого образцы фиксировали 3% раствором глутарового альдегида, разведенного фосфатным буфером с pH 7.4, постфиксировали 2% раствором тетраоксида осмия в течение 24 часов. Материал обезживали в серии растворов ацетона возрастающих концентраций (от 30 до 100%), затем заключали в смесь эпона и аралдита. Полутонкие срезы (2 и 4 мкм) получали с помощью ультрамикротомы Ultracut E (Reichert-Jung). Резку проводили алмазным ножом. Препараты окрашивали 1% раствором



РИС. 1. Ваучерный образец *Solidago canadensis* L. (×4)

толуидинового синего и исследовали с помощью светового микроскопа Axio Lab.A1 (Zeiss), оснащенного цифровой видеокамерой AxioCam MRc5 с программным обеспечением Zen 2011.

Ваучерный образец золотарника канадского хранится на кафедре фармакогнозии СПХФУ под номером 794 (рис. 1).

Внешний вид травы изучали визуально и с помощью бинокулярной лупы. Макроскопический анализ сырья проводили в соответствии с требованиями ОФС 1.5.1.0002.15 «Травы».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическое описание травы золотарника канадского

Сырье представлено высушенными облиственными верхушками побегов, отдельными листьями, соцветиями и их частями, кусочками стеблей. Листья простые, опушенные с обеих сторон, в верхней части стебля яйцевидные, в нижней – узколанцетные, с заостренной верхушкой, округло-клиновидным основанием и пильчатым краем. Жилкование листа перистосетчатое, с одной парой хорошо развитых боковых жилок, отходящих в нижней части от средней жилки и идущих затем почти параллельно ей к верхушке листа. Цвет листьев с верхней стороны зеленый, с нижней – светло-зеленый. Листорасположение очередное. Стебель от светло-зеленого до коричневого цвета, цилиндрической формы, с гладкой или слегка ребристой поверхностью и слабовыраженным опушением в верхней части. Корзинки мелкие (диаметром 5–6 мм), многочисленные, собраны в односторонние, дугообразно изогнутые метельчатые соцветия. Цветоложе широкое, вогнутое. Обертка цилиндрическая, многорядная, листочки обертки продолговатые, бледновато-зеленые. Цветки двух типов: срединные – трубчатые, золотисто-желтые; краевые – ложноязычковые,

бледно-желтые. Плод – мелкая цилиндрическая семянка 3–4 мм длиной, опушенная, с буроватым хохолком из опадающих щетинок.

Анатомическое описание надземных частей золотарника канадского

Листовая пластинка. Листья амфистоматические. Адаксиальная эпидерма состоит из изодиаметричных, многоугольной или овальной формы клеток с равномерно утолщенными клеточными стенками (рис. 2а). Клетки эпидермы вдоль жилок продольно-удлиненные. Устьичный аппарат аномоцитного типа с 2–3 околоустьичными клетками и замыкающими клетками почковидной формы. Абаксиальная эпидерма представлена изодиаметричными клетками со слабоизвилистыми стенками и складчатой кутикулой (рис. 2б). Устьица располагаются в одной плоскости относительно поверхности эпидермы. Устьичный аппарат аномоцитного типа, с 4–8 околоустьичными клетками и почковидными замыкающими клетками.

Листья золотарника канадского опушены волосками и покрыты железками. С помощью световой и сканирующей электронной микроскопии было обнаружено 4 типа волосков: простые многоклеточные, бичевидные, Т-образные (равноплечие) и щетинистые (краевые).

Простые многоклеточные волоски состоят из 4–5 клеток и локализуются вдоль проводящих жилок с адаксиальной стороны листа (рис. 2в). Стенки клеток, находящихся ближе к основанию волоска, утолщены. Клетки эпидермы листа вдоль жилок – продольно-удлиненные. Бичевидные волоски располагаются повсей поверхности листа. Они состоят из двух частей: основания и апикальной части. Основание представлено 2–3 клетками, немного сужающимися к верхушке, апикальная часть состоит из 2–4 очень суженных и длинных клеток, конечная клетка заострена (рис. 2 г). Т-образные волоски, характерные для многих

представителей семейства *Asteraceae* [10], локализованы на адаксиальной стороне (рис. 2д). При приготовлении препарата поперечная клетка часто обламывается и может быть не видна. Краевые щетинистые волоски

располагаются как бы в три ряда. Два волоска находятся по бокам края листа, а третий – по середине между ними, но сдвинут немного вперед, в сторону следующей пары. Краевые щетинистые волоски в основном состоят

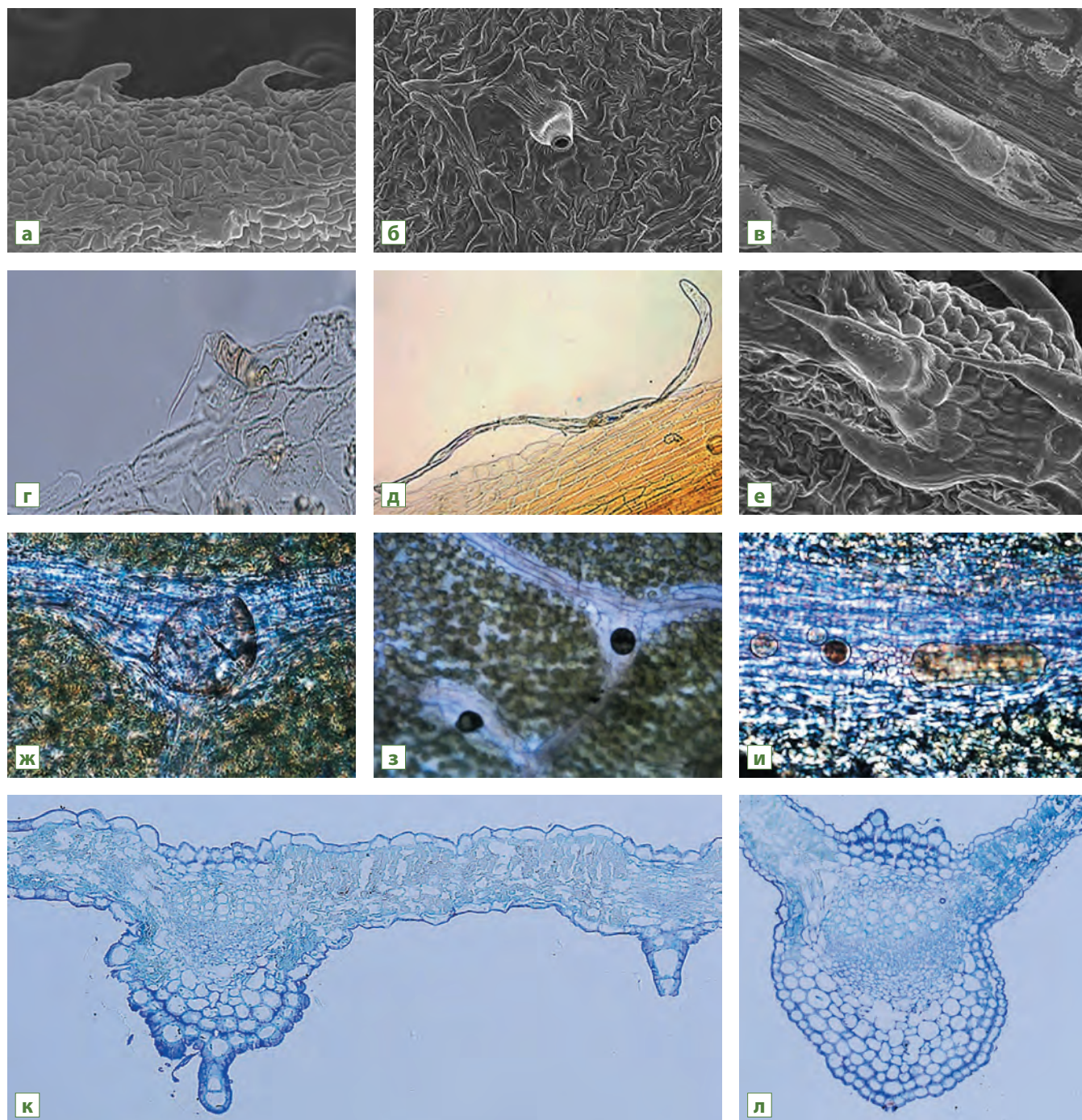


РИС. 2. Анатомия листа *S. canadensis* L. (а – $\times 250$; б – $\times 430$; в – $\times 700$; г, з – $\times 400$; д, к, л – $\times 200$; е – $\times 450$; ж, и – $\times 1000$): а) фрагмент адаксиальной эпидермы (СЭМ); б) фрагмент абаксиальной эпидермы (СЭМ); в) простой многоклеточный волосок (СЭМ); г) бичевидный волосок; д) Т-образный волосок; е) щетинистые волоски (СЭМ); ж) крупная железка; з) мелкие железки; и) железки с бурым эфирномасличным содержимым; к) лист на поперечном срезе; л) центральная жилка листа (поперечный срез)

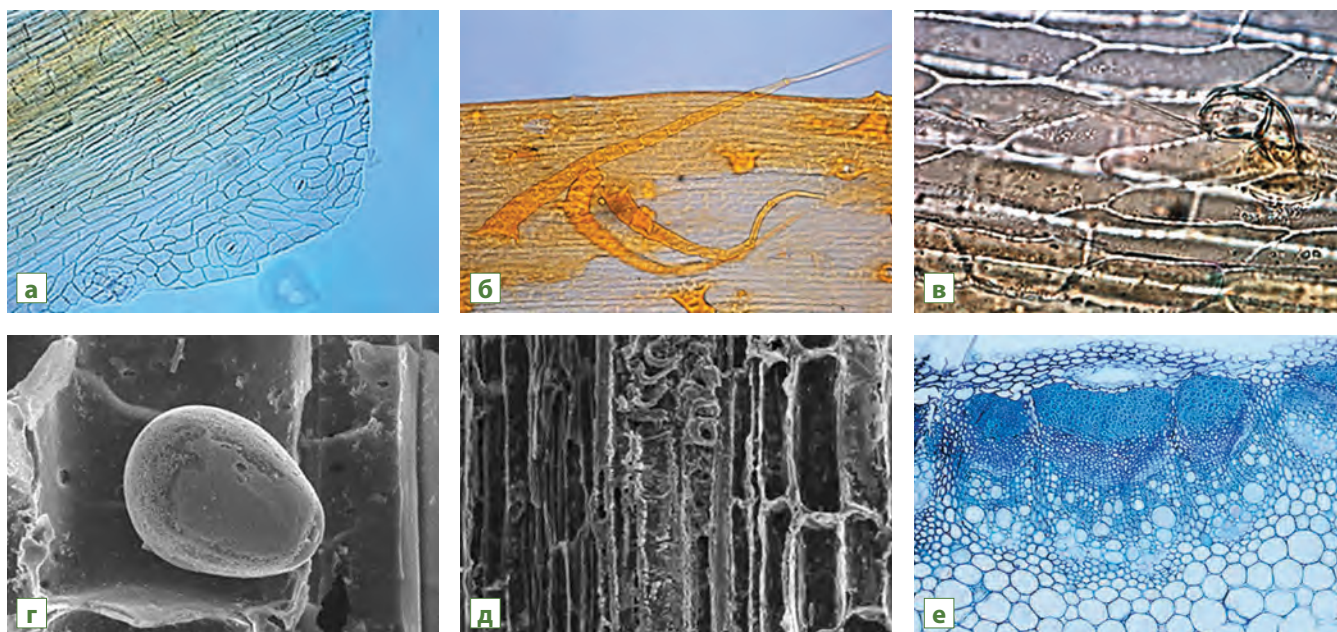


РИС. 3. Стебель *S. canadensis* L. (а, б, е – $\times 200$; в – $\times 1000$; г – $\times 2000$; д – $\times 550$): а) эпидерма с устьицами; б) многоклеточный конусовидный волосок; в) бичевидный волосок; г) железка (СЭМ); д) сосуды лестничного типа (СЭМ); е) поперечный срез

из трех клеток, конечная клетка заострена. Основные клетки эпидермы, окружающие основания щетинистых волосков, слегка приподняты, и создается впечатление, что они входят в состав волоска, образуя многоклеточное основание (рис. 2е).

Встречаются железки двух типов: крупные (диаметром до 30 мкм) и мелкие (до 10 мкм). Крупные железки имеют овальную форму, погружены в углубления эпидермы и локализованы вдоль жилок листа (рис. 2ж). Мелкие железки могут встречаться как вдоль жилок, так

и на адаксиальной стороне (рис. 2з). Часто они содержат коричневатое вещество, вероятно, эфирномасличной природы (рис. 2и).

На поперечном срезе листа видно, что лист дорсовентрального типа, с двухрядной палисадой (рис. 2к). Клетки эпидермы располагаются в один ряд. Непосредственно над жилками с проводящими пучками клетки верхней эпидермы более мелкие. На нижней стороне листа в районе жилок обнаруживаются основания простых многоклеточных волосков.



РИС. 4. Листочек обертки *S. canadensis* L. (а – $\times 200$; б – $\times 400$): а) листочек обертки с секреторным ходом; б) терминальная часть обертки с бичевидными волосками и устьицами

В центральной части жилки располагается пучок закрытого коллатерального типа. Проводящая система пучка представлена ксилемой и флоэмой. Между эпидермой и пучком располагаются клетки пластинчатой колленхимы. Остальная часть жилки состоит из крупных тонкостенных паренхимных клеток (рис. 2 л).

Стебель. Эпидермальные клетки стебля ориентированы вдоль его длинной оси. Встречаются единичные устьица аномоцитного типа с 3–5 околоустьичными клетками и замыкающими клетками почковидной формы (рис. 3а). На поверхности стебля обнаруживаются волоски 2 типов: многоклеточные (из 10 и более клеток) конусовидные волоски (рис. 3б) и бичевидные, сходные по строению

с бичевидными волосками листа (рис. 3в). Также встречаются железки диаметром 20–25 мкм (рис. 3 г), погруженные в эпидерму. Проводящая система представлена сосудами лестничного типа (рис. 3д).

На поперечном срезе стебля (рис. 3е), сделанном на расстоянии 7–8 см от цветоносной части, четко выделяются покровная ткань, кора и центральный осевой цилиндр.

Эпидерма стебля однорядная. Коровая часть представлена клетками угольной колленхимы, под которой находится однорядный слой слабо развитой эндодермы. В паренхимном слое клеток коры над эндодермой и наиболее крупными пучками располагаются вместилища схизогенного типа. Выстилающие

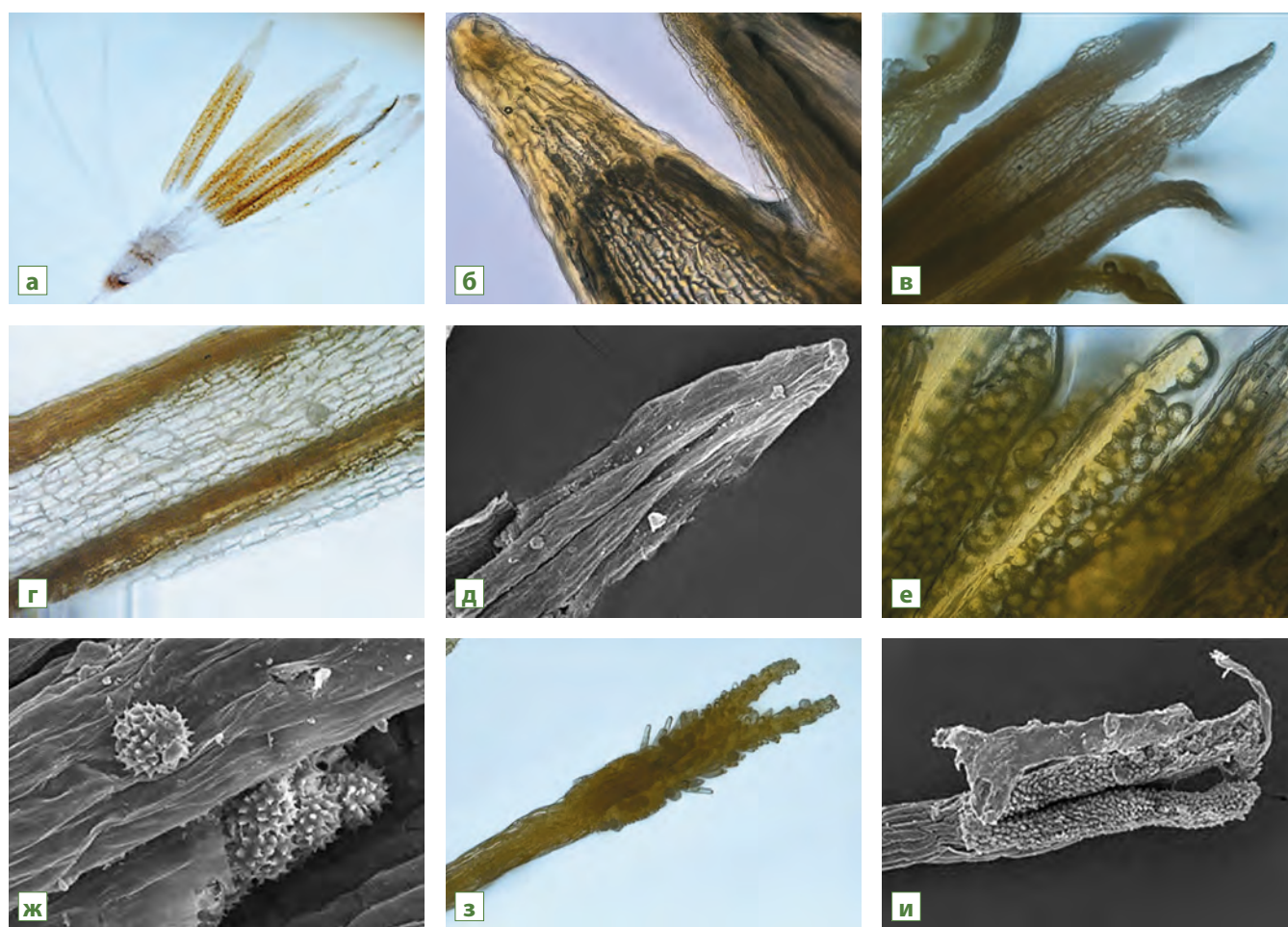


РИС. 5. Трубочатый цветок *S. canadensis* L. (а – $\times 50$; б, г, е, з – $\times 400$; в – $\times 200$; д – $\times 250$; ж – $\times 1400$; и – $\times 330$): а) общий вид; б) фрагмент венчика; в) фрагмент пыльцевой трубки; г) клетки эпидермы пыльцевой трубки; д) тычинка (СЭМ); е) пыльца в пыльнике; ж) общий вид пыльцы (СЭМ); з) фрагмент гинецея – рыльце со столбиком; и) рыльце (СЭМ)

клетки вместилищ изодиаметричны, располагаются в один ряд.

Центральный цилиндр содержит проводящие пучки коллатерального типа, располагающиеся радиально в один ряд. Более крупные проводящие пучки чередуются с мелкими. В верхней части пучков, а также в зоне вторичной ксилемы между сосудами находятся группы клеток механической ткани. Центральная часть стебля состоит из тонкостенной паренхимы.

Соцветия – корзинки. Обертка представлена листочками, пронизанными секреторными ходами (рис. 4а). Эпидерма листочка обертки состоит из тонкостенных паренхимных клеток. Устьица аномоцитного типа, с замыкающими клетками почковидного типа и 3–4 околоустьичными клетками, погруженными в эпидерму. В терминальной части листочка обнаруживаются бичевидные волоски, основание которых чаще всего представлено 4 клетками, в отличие от аналогичных волосков листа и стебля (рис. 4б).

Трубчатые цветки (рис. 5а) занимают центральную часть соцветия и имеют пятичленный венчик и андроцей. Клетки венчика многоугольной формы, без видимых включений (рис. 5б). Тычинки нижними частями прикреплены к венчику. Тычиночные нити свободные, пыльники срастаются, образуя трубку (рис. 5в). Клетки трубки изодиаметричные, клеточные стенки равномерно утолщены (рис. 5 г, д). Устьиц, волосков и вместилищ не обнаружено. Пыльца многочисленная, шиповатая, локализована внутри пыльцевой трубки (рис. 5е, ж). Гинецей – из одного пестика (рис. 5з), удлинненный столбик которого состоит из полигональных клеток. На поверхности рыльца локализованы сосочковидные клетки эпидермы (рис. 5и).

Ложноязычковые цветки (рис. 6а) занимают в соцветии краевое положение. Венчик представлен тремя сросшимися лепестками, расходящимися лишь в терминальной части. Клетки венчика овальной формы, располагаются в 2–3 ряда. В терминальной части лепестков

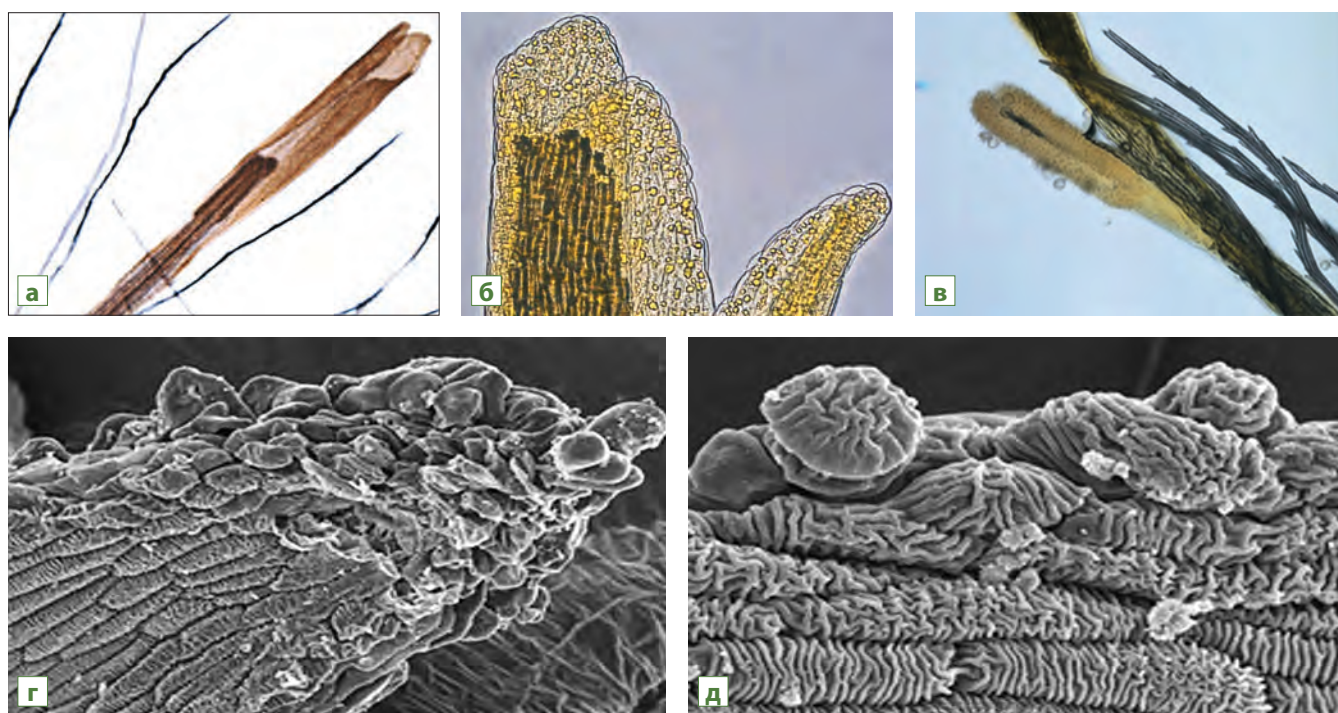


РИС. 6. Ложноязычковый цветок *S. canadensis* L. (а – $\times 100$; б – $\times 400$; в – $\times 200$; г – $\times 700$; д – $\times 1900$): а) общий вид; б) терминальная часть венчика; в) фрагмент гинецея – рыльце со столбиком; г) терминальная часть рыльца (СЭМ); д) часть рыльца с железками (СЭМ)

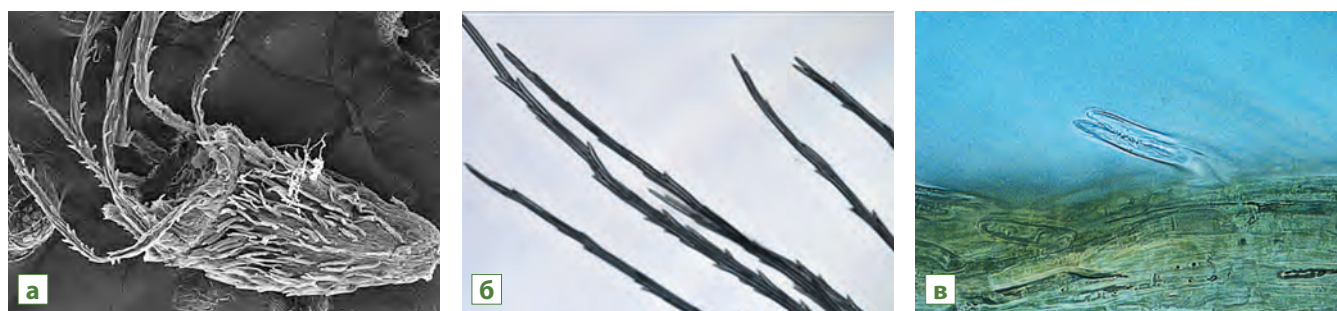


РИС. 7. Семянки *S. canadensis* L. (а – $\times 180$; б – $\times 200$; в – $\times 1000$): а) общий вид (СЭМ); б) фрагменты трихом хохолка; в) сдвоенный волосок

обнаруживаются клетки с многочисленными золотисто-желтыми каплями, содержащими, предположительно, эфирное масло (рис. 6б).

Гинецей представлен одним пестиком с сомкнутыми лопастями рыльца и коротким столбиком, прирастающим основанием к венчику (рис. 6в). Поверхность клеток эпидермы рыльца складчатая. В терминальной части рыльца находятся папиллы (рис. 6 г). Железки выступают над поверхностью эпидермы (рис. 6д).

Семянки цилиндрические, туповато-ребристые, среднеопушенные (рис. 7а). Хохолок состоит из многоклеточных трехрядных волосков, расположенных в один круг (рис. 7б). На поверхности сеянки обнаружены сдвоенные волоски, типичные для *Asteraceae* [11]. Клетки волосков плотно сомкнуты, с заостренными концами (рис. 7в). Железистых трихом не обнаружено.

ВЫВОДЫ

В процессе исследования гербарных образцов цветоносных побегов *Solidago canadensis* L. с использованием светового и сканирующего микроскопов были расширены и дополнены особенности морфологического и анатомического строения листьев, стеблей, листочков обертки, цветков и семянок этого вида. Были подтверждены ранее описанные в литературе [8,12] признаки этого вида: устьица

аномоцитного типа в эпидерме листьев, стеблей и листочков обертки, наличие простых многоклеточных волосков и эфирномасличных структур – железок, названных в предыдущих работах вместилищами [12]. Впервые установлено наличие Т-образных волосков у листьев, бичевидных волосков у листьев, стеблей и листочков обертки, наличие вместилищ схизогенного типа над крупными пучками стебля, папилл и железок на эпидерме гинецея ложноязычкового цветка. Конкретизирована природа краевых волосков листа и волосков семянок.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать ввести в фармакопейную статью на сырье «Золотарника канадского трава» дополнительные морфологические и анатомические данные по строению листьев, стеблей, листочков обертки, цветков и семянок для идентификации сырья.

Благодарность: Исследования выполнены с использованием оборудования отделения сканирующей электронной микроскопии Центра коллективного пользования БИН РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев А.П. Воздействие инвазии золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) на восстановительную сукцессию на залежах (юго-восток Беларуси) // Российский журнал биологических инвазий. – 2015; 1: 10–16.

2. Abhilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J. Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain in native European flora? // *Journal of Ecology*. – 2008; 96: 993–1001. doi: 10.1111/J.1365–2745.2008.01413. X.
3. Федотова В.В., Челомбитько В.А. Виды рода золотарник (*Solidago*): значение для медицинской практики, перспективы изучения // *Научные ведомости*. – 2012; 16 (135): 136–145.
4. Deng Y., Zhao Y., Padilla-Zakour O., Yang G. Polyphenols, antioxidant and antimicrobial activities of leaf and bark extracts of *Solidago canadensis* L. // *Industrial crops and products*. – 2015; 74: 803–809.
5. Ravichandiran V., Deepa N. In vitro anti-cancer activity of *Solidago canadensis* L. // *International journal of research in pharmaceutical sciences*. – 2012; 3 (1): 158–162.
6. Liu Sh., Shao X., Wei Y., Li Y., Xu F., Wang H. *Solidago canadensis* L. essential oil vapor effectively inhibits *Botrytis cynnerea* Growth and preserves postharvest quality of strawberry as a food model system // *Frontiers in microbiology*. – 2016; 7: 1119. doi: 10.3389/fmicb.2016.01179.
7. Mishra D., Joshi S., Bisht G., Pilkhwal S. Chemical composition, analgesic and antimicrobial activity of *Solidago canadensis* essential oil from India // *Journal of Pharmacy Research*. – 2011; 4 (1): 63–66.
8. ФС 42-2777–91. Фармакопейная статья «Трава золотарника канадского».
9. Сулоев И.С., Дудецкая Н.А., Теслов Л.С., Лужанин В.Г., Яковлев Г.П. О некоторых видах рода Золотарник (обзор) // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2019; 21 (6): 68–76. <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2019-21-6-68-76>.
10. Ханина М.А., Серых Е.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Результаты химического исследования *Artemisia gmelinii* Web. ex Stecht. флоры Сибири // *Химия растительного сырья*. – 2000; 3: 85–94.
11. Бойко Э.В. Трихомы семян видов *Asteraceae*. I. Крючущие волоски // *Turchaninowia*. – 2011; 14 (2): 130–144.
12. Сулейманова Ф.Ш., Нестерова О.В., Матюшин А.А. Микроскопическое изучение травы золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) // *Сеченовский вестник*. – 2017; 3 (29): 57–64.

MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL INVESTIGATION OF THE HERB OF CANADIAN GOLDENROD (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.)

I.S. Suloev¹, O.V. Yakovleva², N.A. Dudetskaya¹, V.G. Luzhanin¹

¹ Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University, Saint Petersburg, Russia

² V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

*In this work the morphological description of the herb of Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) and microscopic description of all included parts (leaves, stems, wrapper leaves, flowers and achenes) are presented. The characteristic morphological and anatomical diagnostic signs are revealed. The obtained results are proposed to be used to improve the regulatory documentation for the herb of Canadian goldenrod.*

Keywords: herb of Canadian goldenrod, *Solidago canadensis* L., morphological and anatomical signs, medicinal plant raw material