

АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

DOI: 10.15372/RMAR20230103

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН
У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *TULIPA* (LILIACEAE)
ИЗ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Л.В. Герасимович

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия; gerasimovitch77@mail.ru

В статье представлены результаты морфологического исследования пыльников, а также живых и дегидратированных пыльцевых зерен у 9 видов рода *Tulipa* L. из 4 секций. На основании определения места прорастания пыльцевой трубки, которое располагается только на дистальной стороне и является порой у видов секций *Leiostemones*, *Spiranthera*, *Orithia* и бороздой у видов секции *Eriostemnes*, установлено, что пыльца у исследованных видов является дистально-1-апертурной. Апертура без оперкулума (*Leiostemones*) или с ним (*Spiranthera*, *Eriostemnes*, *Orithia*). Палиноморфологические особенности соответствуют секциям рода по классификации А.И. Введенского с дополнениями З.П. Бочанцевой. Полученные данные подтверждают целесообразность выделения секции *Spiranthera*.

Ключевые слова: *Tulipa*, палиноморфология, апертура, скульптура экзины, классификация.

Для цитирования: Герасимович Л.В. 2023. Морфологическое разнообразие пыльцевых зерен у некоторых видов рода *Tulipa* (Liliaceae) из Средней Азии. *Раст. мир Азиатской России*. 16(1):28–51. DOI 10.15372/RMAR20230103

ВВЕДЕНИЕ

Представители рода *Tulipa* L. не только имеют культурно-эстетическое и историческое значение, но и являются уникальным объектом ботанических исследований во всем мире. До настоящего времени исследователи обнаруживают и описывают новые виды рода *Tulipa* в Средней Азии (Лазыков, Пашинина, 2011; Эпиктетов, Белялов, 2013; Пережогин, 2013). Проводятся исследования в области генома рода (Zonneveld, 2009), систематики (Christenhusz et al., 2013), а также эколого-биологических особенностей растений (Яндовка, Лосева, 2015; Кашин и др., 2016).

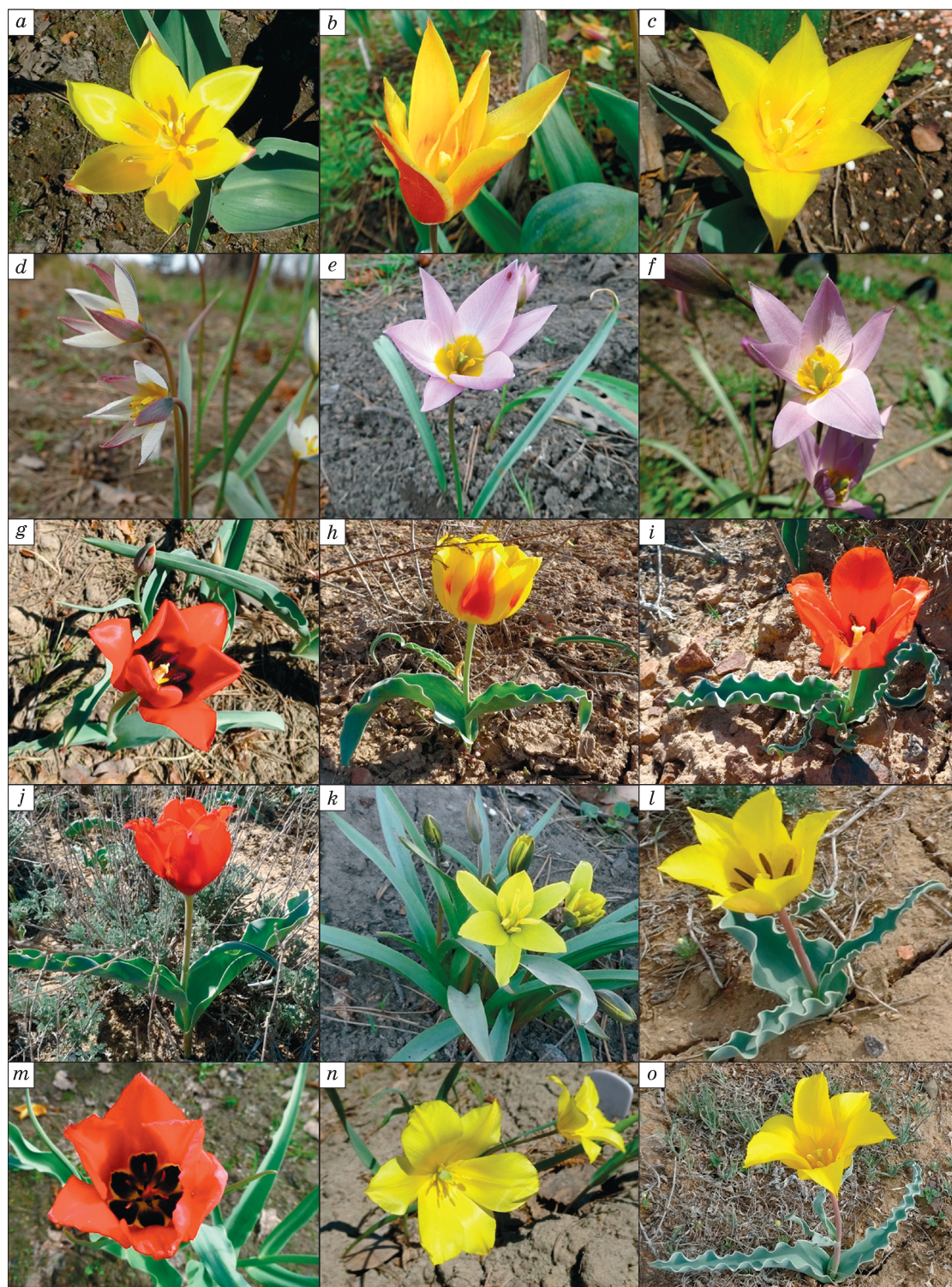
Многие современные авторы уделяют внимание морфологии и ультраструктуре пыльцевых зерен видов рода *Tulipa* (Куприянова, 1948; Данелия, Косенко, 1990; Kosenko, 1999; Handa Kumiko et al., 2001; Маассуми, 2005; Yang Luo et al., 2015), используя ацетолизный метод исследования в основном пыльцы с гербарных образцов.

Цель работы – исследование пыльцевых зерен в живом и дегидратированном состояниях у видов рода *Tulipa* для решения дискуссионных вопросов по их скульптуре и уточнения внутриродовой классификации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследован пыльцевой материал живых растений 9 среднеазиатских видов рода *Tulipa* из 4 секций по классификации, предложенной А.И. Введенским (1935) во “Флоре СССР” и усовершенствованной З.П. Бочанцевой (1962) (рис. 1; табл. 1): *T. kaufmanniana* Regel и *T. tschimganica* Botschantz. (Узбекистан, 2009); *T. kolpakowskiana* Regel, *T. alberti* Regel, *T. behmiana* Regel, *T. buhseana* Boiss. (Казахстан, 2014); *T. patens* Agardh ex Schult. & Schult. fil. (Казахстан, 2014; Алтайский край, 2017); *T. lanata* Regel (Таджикистан, 2009); *T. uniflora* (L.) Bess. ex Baker (Алтайский край, 2017). Растения собраны в дикой природе и привезены лично автором, растения *T. alberti* собраны из трех ценопопуляций. На момент сбора пыльцевого материала растения произрастали на коллекционном участке ЦСБС СО РАН (УНУ № USU 440534).

Пыльники исследовались под микроскопом SteREO Discovery.V12. Пророщенные пыльцевые зерна в живом состоянии, окрашенные водным раствором кармина, исследовались под световым микроскопом Carl Zeiss AxioLabA. Дегидратированные – под сканирующим электронным микро-

Рис. 1. Виды рода *Tulipa* L.Fig. 1. Species of the genus *Tulipa* L.

a – *T. tschimganica*; b, c – *T. kaufmanniana*; d – *T. buhseana*; e – *T. patens* 1.2 (Алтайский край/Altai region); f – *T. patens* 1.7 (Казахстан/Kazakhstan); g – *T. alberti* 1.8; h – *T. alberti* 1.11; i – *T. alberti* 2.2; j – *T. alberti* 1.9; k – *T. uniflora*; l – *T. behmiana* 2.1; m – *T. lanata*; n – *T. kolpakowskiana*; o – *T. behmiana* 1.10.

Таблица 1

Места произрастания исследуемых видов рода *Tulipa*Habitats of the studied species of the genus *Tulipa*

Вид	Место произрастания	Местообитание	Высота над ур. м., м
<i>T. kaufmanniana</i>	Узбекистан, южные отроги Кураминского хребта	Кустарниковые заросли караганы, арчи	1800
<i>T. tschimganica</i>	Узбекистан, северо-западная часть горного массива Большой Чимган	Кустарниковые заросли арчи, жимолости, степной склон	1700
<i>T. kolpakowskiana</i>	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл.	Степь песчано-глинистая	400–600
<i>T. alberti</i>	Казахстан, Алматинская обл., долина Жусандала	Полупустыня	400–600
<i>T. behmiana</i>	То же	То же	400–600
<i>T. buhseana</i>	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл.	Степь каменистая	400–600
<i>T. patens</i>	То же	То же	400–600
<i>T. patens</i>	Алтайский край, берег р. Иша	Склоны скальных выходов	250
<i>T. uniflora</i>	То же	То же	250
<i>T. lanata</i>	Таджикистан, Санглохский хребет, окр. обсерватории Санглох	Склон южный, степной	1000

скопом Hitachi TM-1000. Сухие зерна, расположенные на черном скотче, напыляли золотом с палладием, исследовали с помощью СЭМ Carl Zeiss EVO MA 10 с программой SmartSEM на базе Центра коллективного пользования микроскопического анализа биологических объектов ЦСБС СО РАН.

Собраны метрические данные для живых пыльцевых зерен и пыльников. Морфологическое описание пыльцевых зерен проводилось с использованием работ Л.А. Куприяновой и Л.А. Алешиной (1972), П.И. Токарева (2002), В.В. Головки (2004) и W. Punt et al. (2007). Статистический анализ сделан с использованием программы Microsoft Excel 2010. Исследовался пыльцевой материал живых растений, от 2 до 5 экземпляров одного вида (кроме *T. lanata*), у *T. kaufmanniana* и *T. kolpakowskiana* дополнительно был сделан анализ пыльцы у растений, выросших из семян на экспериментальном участке. Количество изученных зерен составляло от 20 до 50 штук. Все фотографии, представленные в статье, сделаны автором.

Для описания скульптуры эскины используется дополнительно введенный термин. **Лента** (tape) представляет собой образование на поверхности спородермы из верхнего (тектум) слоя эктезины, проходящее от одного экваториального полюса к противоположному. На проксимальной стороне ленты, по Л.А. Куприяновой (1948), будет называться килем.

Для решения вопроса, являются ли образования на латеральной стороне апертурами, учитывали информацию А.Е. Боброва, Л.А. Куприяновой и др. (1983, с. 149) о том, что “большинство культивируемых тюльпанов имеет 3-бороздный тип пыльцевого зерна”. Дополнительно исследована проросшая пыльца с бугорчатой эскиной двух со-

ртов тюльпанов и вида *T. kaufmanniana*. Проращивали пыльцу на субстрате из 1.5%-го агара и 20%-й сахарозы при комнатной температуре и естественном освещении.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфология пыльников. Пыльники представителей рода *Tulipa* имеют большое разнообразие (рис. 2), и их признаки являются одним из критериев для определения вида. Пыльники варьируют по длине от 3 до 23 мм при ширине 1.0–3.2 мм (табл. 2) и имеют различную окраску. Самые крупные пыльники имеют растения *T. kaufmanniana*, самые мелкие, с низким диапазоном варьирования размеров – растения *T. buhseana*. Корреляционный анализ размеров пыльников и пыльцевых зерен показал, что связь между ними отсутствует, т. е. размер пыльцы не зависит от размеров пыльника.

Таблица 2

Морфометрические параметры пыльников у видов рода *Tulipa*Morphometric parameters of anthers in species of the genus *Tulipa*

Вид	Длина, мм	Ширина, мм
<i>T. kaufmanniana</i>	11.0–23.5	1.0–1.7
<i>T. tschimganica</i>	8.7–13.5	1.9–2.6
<i>T. kolpakowskiana</i>	3.7–6.4	1.5–1.9
<i>T. alberti</i>	6.3–10.5	2.1–3.2
<i>T. behmiana</i>	4.1–9.3	1.1–2.2
<i>T. lanata</i>	8.7–9.5	1.2–2.1
<i>T. patens</i>	4.4–4.6	1.3–1.4
<i>T. buhseana</i>	3.2–3.9	1.3–1.5
<i>T. uniflora</i>	4.9–6.7	1.1–1.9



Рис. 2. Пыльники видов рода *Tulipa*.

Fig. 2. Anthers of species of the genus *Tulipa*.

a – *T. tschimganica*; b – *T. kaufmanniana*; c – *T. kolpakowskiana*; d – *T. behmiana*; e – *T. patens* 1.2; f – *T. patens* 1.7; g – *T. buhseana*; h – *T. uniflora*; i – *T. alberti* 1.8-1; j – *T. alberti* 1.8-2; k – *T. alberti* 1.9; l – *T. alberti* 1.11; m – *T. alberti* 2.2-1; n – *T. alberti* 2.2-2; o – *T. lanata*.

Дискуссионные вопросы морфологии пыльцевых зерен

Современные авторы (Маассуми, 2005) отмечают значительный полиморфизм в морфологии пыльцы тюльпанов и различают типы зерен по количеству апертур: дистально-1-бороздные, дистально-латерально-3-бороздные, безапертурные. Последние два типа присущи зернам с бугорчатой экзиной.

Результаты исследований вызвали сомнения в наличии дистально-латерально-3-бороздных зерен у тюльпанов, т.е. пыльцевых зерен с тремя апертурами. По Г. Эрдтман (1956), апертюра, или проростковая пора, – это любая несколько измененная часть общей поверхности споры, которая может участвовать в образовании отверстия для нормального выхода внутриэкзинного вещества. Позже исследователи не изменили смысл данного понятия. Например, по Л.А. Куприяновой и Л.А. Алешиной (1972), апертюра – тонкая или перфорированная часть поверхности пыльцевого зерна или споры, которая может служить местом выхода пыльцевой трубки или клеточного содержимого.

Все авторы, дающие определения апертуре, отмечают ее главную характеристику: апертюра у пыльцы является местом выхода пыльцевой трубки. Поэтому самым явным доказательством того, что данное место является апертурой, будет локализация там выхода пыльцевой трубки при прорастивании пыльцы. Это не ответит на вопрос о структуре аперттуры, но даст точный ответ на вопрос, является ли область на поверхности зерна апертурой.

В статье С.А. Furness и др. (2015: 707) на примере ультраструктуры пыльцевого зерна *Tulipa turkestanica* показано, что неапертурная экзина состоит из: 1) толстого подстилающего слоя; 2) колумеллы из коротких нечетких толстых столбиков; 3) толстого, волнистого, перфорированного тектума. Эндэкзина отсутствует. Неапертурная интина тонкая. Экзина к устью утончается, а интина утолщается под бороздой. Оперкулум состоит из неравномерного слоя волнистой экзины.

Увеличение толщины интины под апертурой отметили также П.И. Токарев (2002: 18), О.А. Волкова (2014). В.В. Головкин (2004: 10) в своей работе писал: “Спородерма в области апертур прежде всего отличается от остальных ее участков тем, что спорополление здесь никогда не откладывается сплошным слоем, а образует отдельные скопления, покоящиеся на толстом слое интины, вследствие чего мембраны апертур легко растягиваются...” То есть вторым признаком аперттуры является утолщенная интина.

Те авторы, которые называют изменения в экзине на латеральной стороне апертурами, не упоминают в своих работах об интине, делая акцент только на утончении экзины (Куприянова, 1948; Данелия, Косенко, 1990; Kosenko, 1999; Handa Kumiko et al., 2001; Yang Luo et al., 2015).

Следующим дискуссионным вопросом является структура лент. Л.А. Куприянова (1948: 224) у *Tulipa oculus-solis* St. отметила наличие “полос плотной экзины, чередующихся с участками фрагментированной экзины”. Но исследования указывают на некоторые несоответствия, касающиеся “плотной экзины”. Во-первых, наличие перфораций различной интенсивности (см. рис. 7, g; 9, g, h; 10, n; 12, f, g, h). Во-вторых, под лентой колумелла имеет структуру, идентичную с участком без ленты (рис. 3, l). В-третьих, ленты могут прилегать к колумелле плотно (см. рис. 3, k) или рыхло (см. рис. 3, l). Учитывая это и данные С.А. Furness et al. (2015), сделаны выводы, что ленты – это тектум (покров), который у 1-бороздных зерен покрывает их полностью, кроме аперттуры. У зерен с бугорчатой экзиной тектум прерывается на проксимальной стороне, и такие участки поверхности, на наш взгляд, не следует называть апертурами или бороздами.

К доказательствам 1-апертурности зерен с бугорчатой экзиной следует отнести наличие данных, полученных при прорастивании пыльцы. На рис. 3, m, n представлена пыльца сортов тюльпанов, которая, по мнению некоторых авторов (Бобров и др., 1983; Данелия, Косенко, 1990; Kosenko, 1999), относится к 3-бороздному типу пыльцевых зерен. У пыльцы *Tulipa ‘Slawa’* бугорчатая экзина имеет разную плотность и размер бугорков в пределах одного растения, что свойственно и видам с таким типом скульптуры экзины. При исследовании проросшей пыльцы сортов тюльпанов ‘Slawa’ и ‘Coeur Cardinal’ было выявлено место выхода пыльцевой трубки из зерна. Пыльца всегда прорастала через дистальную пору (рис. 4). Прорастивание пыльцы вида *T. kaufmanniana* (см. рис. 4) также подтвердило наличие одной аперттуры. Подобный опыт, но с другими видами двудольных, имеющими на пыльце псевдоборозды, был проведен О.А. Волковой (2014) и показал отсутствие прорастания пыльцы через псевдоборозды.

Косвенным доказательством 1-апертурности зерен с бугорчатой экзиной также может служить следующая их особенность. Пыльцевые зерна рода *Tulipa* легко меняют форму при изменении объема цитоплазмы, который зависит от количества воды (гармомегатия). Поровая мембрана за счет утолщенной интины становится очень эластичной, и при дегидратации зерна деформируются именно в месте мембраны поры и только на дистальной сто-

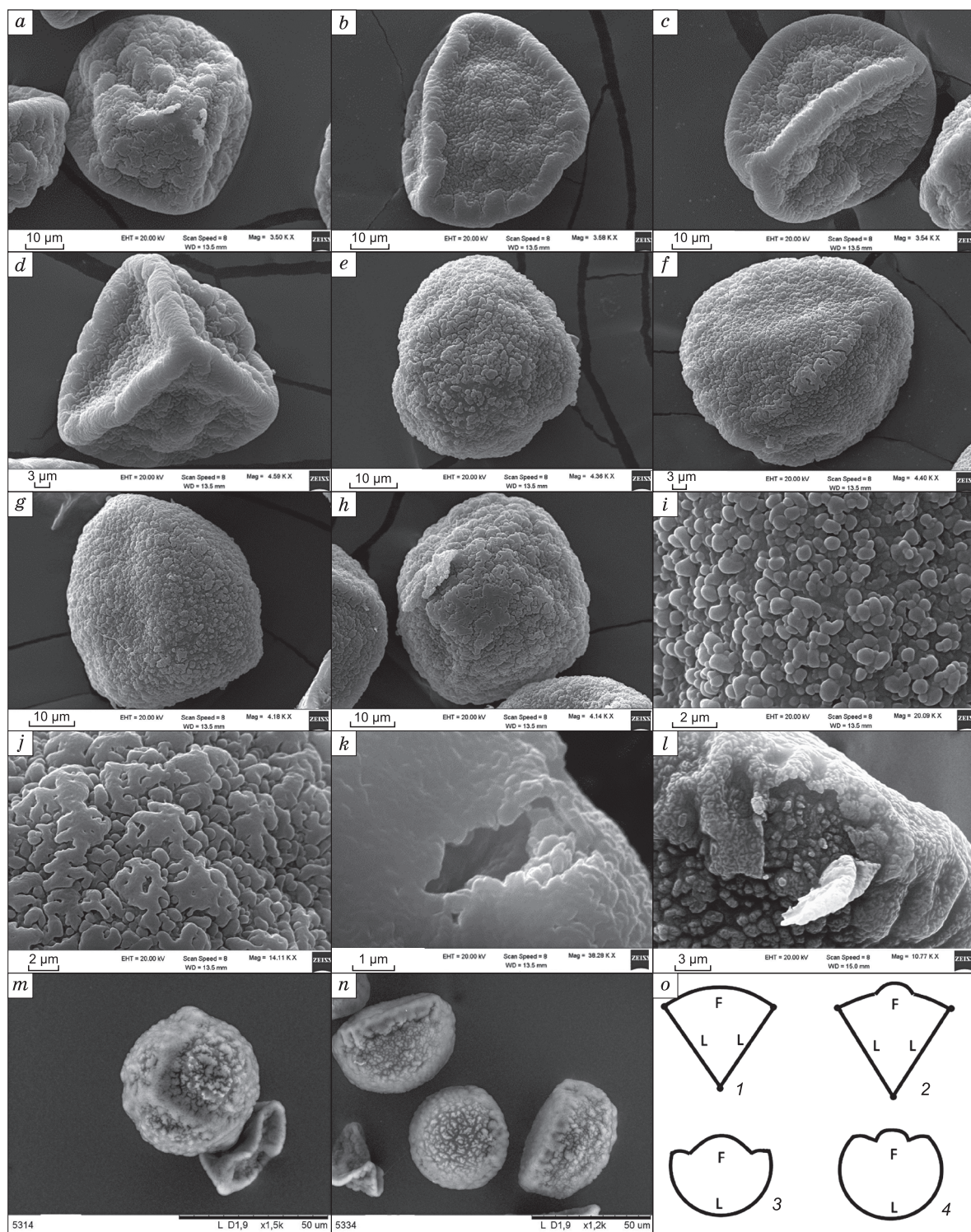


Рис. 3. Пыльцевые зерна *T. alberti*.

a–d – проба 1.8; *e–j* – проба 2.2; *a* – дистальная проекция (пора); *b, c* – проксимальная проекция; *d* – полюсная проекция; *i, j* – скульптура экзины; *k* – пыльцевое зерно *T. kolpakowskiana*, порыв в области ленты, где видно, как тектум отделен от колумеллы, при этом плотно прилегает к ней; *l* – пыльцевое зерно *T. tschimganica*, проксимальная проекция, где видна колумелла под тектумом ленты; *m* – пыльцевое зерно *T. 'Slawa'*; *n* – пыльцевое зерно *T. 'Coeur Cardinal'*; *o* – схематичные очертания полярных проекций гармомегатных пыльцевых зерен: 1 – пора без оперкулула, 2 – пора с оперкулулом; 3, 4 – борозда с оперкулулом; F – апертюра, L – проксимальная сторона зерна.

Fig. 3. Pollen grains of *T. alberti*.

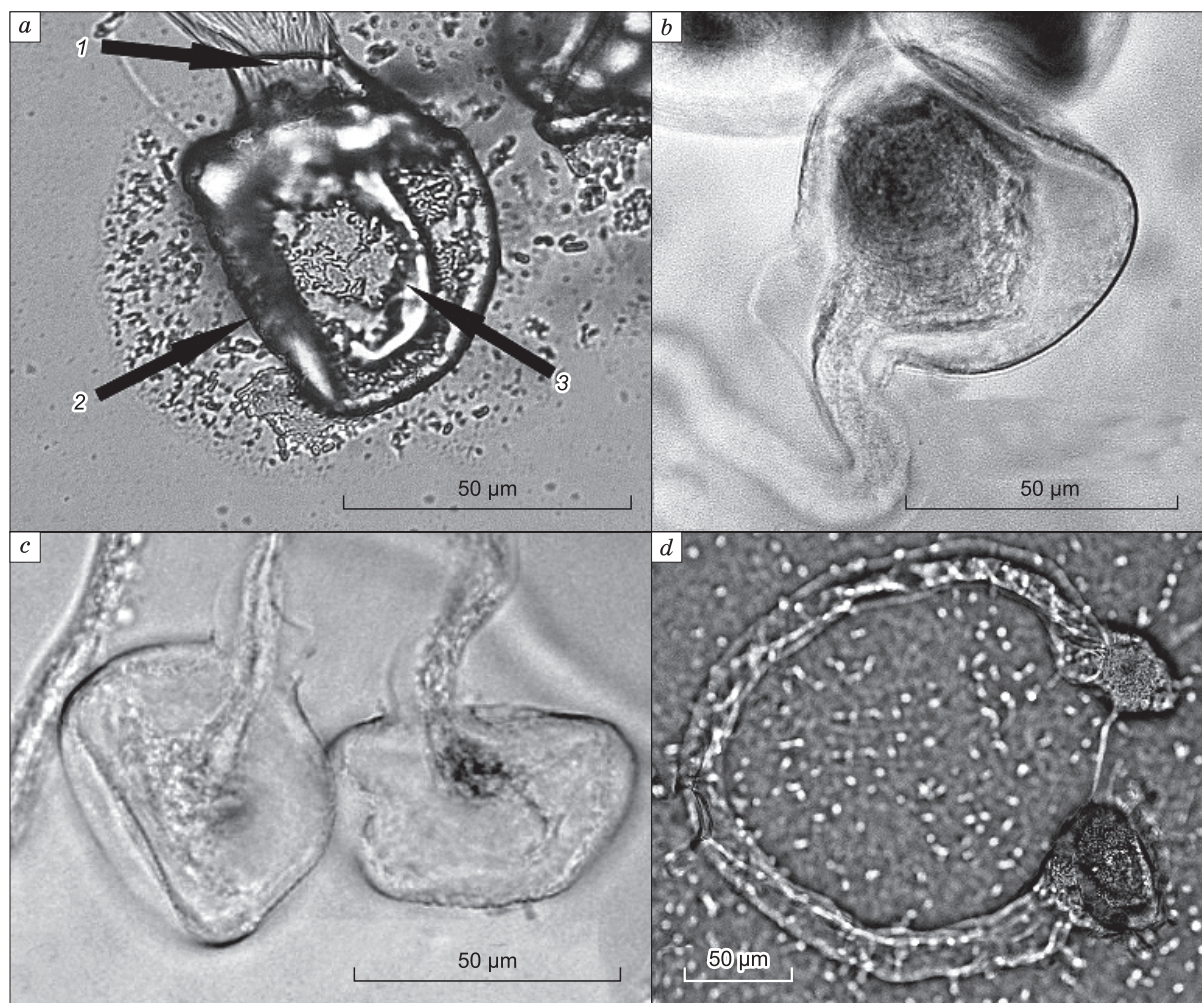
a-d – sample 1.8; *e-j* – sample 2.2; *a* – distal view (pore); *b, c* – lateral view; *d* – pole view; *i, j* – exine sculpture; *k* – pollen grain of *T. kolpakowskiana*, rupture in the region of the tape, where one can see how the tectum is separated from the columella, while closely adhering to it; *l* – pollen grain of *T. tschimganica*, lateral view, where the columella is visible under the tectum of the tape; *m* – pollen grain of *T. 'Slawa'*; *n* – pollen grain of *T. 'Coleur Cardinal'*; *o* – schematic outlines of polar projections of harmomegate pollen grains. 1 – pore without operculum, 2 – pore with operculum, 3, 4 – colpi with operculum; F – aperture, L – lateral side of the grain.

роне. Латеральные стороны остаются ровными – это признак отсутствия там утолщенной эластичной интины. Прочность этих областей достигается мощной двухслойной эктекизой (Данелия, Косенко, 1990: 296).

Третий спорный вопрос касается того, является ли апертура у исследованных тюльпанов порой

или бороздой. Чтобы однозначно на него ответить, следует напомнить определения понятий.

Пора – это более менее округлая, сквозная или покрытая мембраной апертура с отношением длины к ширине 1:1 (Куприянова, Алешина, 1972). П.И. Токарев (2002) дает сходное определение: пора – это округлая или почти округлая апертура,

**Рис. 4.** Пророщенная пыльца тюльпанов с бугорчатой экзиной.

a, d – *T. kaufmanniana*, *b* – *T. 'Slawa'*, *c* – *T. 'Coleur Cardinal'*; *b, c* – дистальная проекция (пора). 1 – выход пыльцевой трубки, 2 – киль, 3 – проксимальная проекция.

Fig. 4. Germinated tulip pollen with tuberculate exine.

a, d – *T. kaufmanniana*, *b* – *T. 'Slawa'*, *c* – *T. 'Coleur Cardinal'*; *b, c* – distal view (pore). 1 – pollen tube exit, 2 – tape, 3 – lateral (proximal) view.

у которой отношение длины к ширине меньше двух. Борозда – сильно вытянутая апертура, находящаяся в любом месте пыльцевого зерна, у которой отношение длины к ширине больше двух (Токарев, там же).

Учитывая явление гармомегатии, уделялось больше внимания живой пыльце. У живых зерен сферической формы в полюсной проекции хорошо просматриваются контуры лент (тектум) и оперкулум, если он есть (рис. 5). Апертура имеет соотношение длины к ширине 3:2 или 1:1, что характерно именно для пор. Также при гармомегатии может сохраняться круглая форма поры (см. рис. 3, *a, n*; 10, *a, h, i*; 11, *c*; 12, *e*). Так, зерна сферической формы имеют пору, а эллиптической – борозду.

Вызывает сомнение и наличие у тюльпанов безапертурных зерен. Наши исследования показали, что у тюльпанов таких нет. Хорошим примером является пыльца *T. uniflora* (рис. 6). Пыльцевые зерна у этого вида полностью покрыты тектумом, и апертура совсем не выражена (см. рис. 6, *a*), но дегидратация проявляет наличие поры (рис. 6, *c, d, e*). Также у *T. alberti* (проба 2.2) есть зерна, у которых полностью отсутствует тектум и поверхность представлена колумеллой (см. рис. 3, *e-h*). Поэтому “безапертурные” зерна, по нашему мнению, не имеют значительно выраженного тектума лент, на наличие и расположение которых многие исследователи опираются при определении апертуры и описании скульптуры пыльцевого зерна. Также следует учесть, что при микрокопировании зерно может быть расположено в дистальной проекции, из-за чего лент не видно, что и приводит к заблуждению. Для доказательства отсутствия у пыльцевых зерен тюльпанов апертуры необходимо исследование поперечных срезов анатомии пыльцевого зерна, но такие работы автору не известны.

Приведенные выше аргументы доказывают, что пыльцевые зерна тюльпанов следует разделять не на 1- или 3-апертурные, а на 1-бороздные и 1-поровые. Первый тип апертуры характерен для зерен вытянуто-эллипсоидной формы, второй – для сферической.

Морфология живых пыльцевых зерен

В результате исследования пыльцы под световым микроскопом установлено, что живые зерна размером от 40 до 78 мкм, в экваториальном очертании округлые или овальные (см. рис. 5). У некоторых видов прослеживается существенная корреляционная связь между длиной и шириной экваториальной проекции, например у *T. buhseana* коэффициент достигает значения 0.99 (табл. 3).

Также хорошо просматриваются ленты тектума, мембрана и оперкулум апертуры.

Характеристика гармомегатной пыльцы

Схематичные очертания пыльцевых зерен в поперечном сечении (полюсной проекции) можно разделить на 4 типа (см. рис. 3, *o*). Проксимальная сторона зерна может быть цельной (виды секций *Eriostemnes*, *Orithia*) или состоящей из двух частей, между которыми проходит лента-киль (виды секций *Spiranthera*, *Leiostemones*). Части могут быть плоскими или чуть выпуклыми. Ленты, проходящие вдоль краев апертуры на дистальной стороне, могут иметь ровные или бахромчатые края.

Ранее была исследована скульптура экины пыльцевых зерен (Герасимович, 2022). Скульптура сложная, представлена тремя типами: бугорчатая с лентами (*Spiranthera*, *Leiostemones*); сетчатая (*Orithia*); струйчатая с отверстиями (*Eriostemnes*).

Сводные данные по описанию пыльцевых зерен исследуемых видов приведены в табл. 4. Ниже приводятся описания некоторых особенностей пыльцы по секциям.

Секция *Spiranthera* Vved. Дистально-1-поровые пыльцевые зерна сферической формы. Апертура с четко выраженными краями, имеет оперкулум. Основная часть поверхности спородермы представлена разноразмерной бугорчатой экиной. Ленты различной ширины. Края лент со стороны апертуры слабобахромчатые, с латеральных сторон бахрома имеет различные размеры и формы. Встречаются зерна у которых один из углов вытянут (рис. 7, *e*). Киль у гармомегатных зерен более прямой, апертурные ленты имеют округлое направление.

T. kaufmanniana (см. рис. 7). Оперкулум четко выражен, разной длины и ширины. Редко встречаются зерна, где оперкулум сливается с лентами на экваторе. Сами ленты четкие, непрерывные. Орнамент анаколумеллы (дистальная колумелла) отличается от катаколумеллы (проксимальная колумелла). Первая мелкобугорчатая, на латеральной стороне бугорки частично сливаются между собой, образуя узор. Тектум оперкулума идентичен лентам по структуре, сильно мелкобугорчатый, мелко и редко перфорированный.

T. tschimganica (рис. 8). Зерна с нечетко выраженным оперкулумом, имеющим своеобразный орнамент. Такую пыльцу можно отнести к зернам, не имеющим крышечку. Однако поры имеют мембрану с мелкобугорчатой колумеллой из крупных бугорков, покрытых тектумом, отделяющую ленту от крышечки. На живой пыльце четко различим оперкулум (см. рис. 5, *d*), поэтому данные зерна причисляются к типу апертур с оперкулумом. Лен-

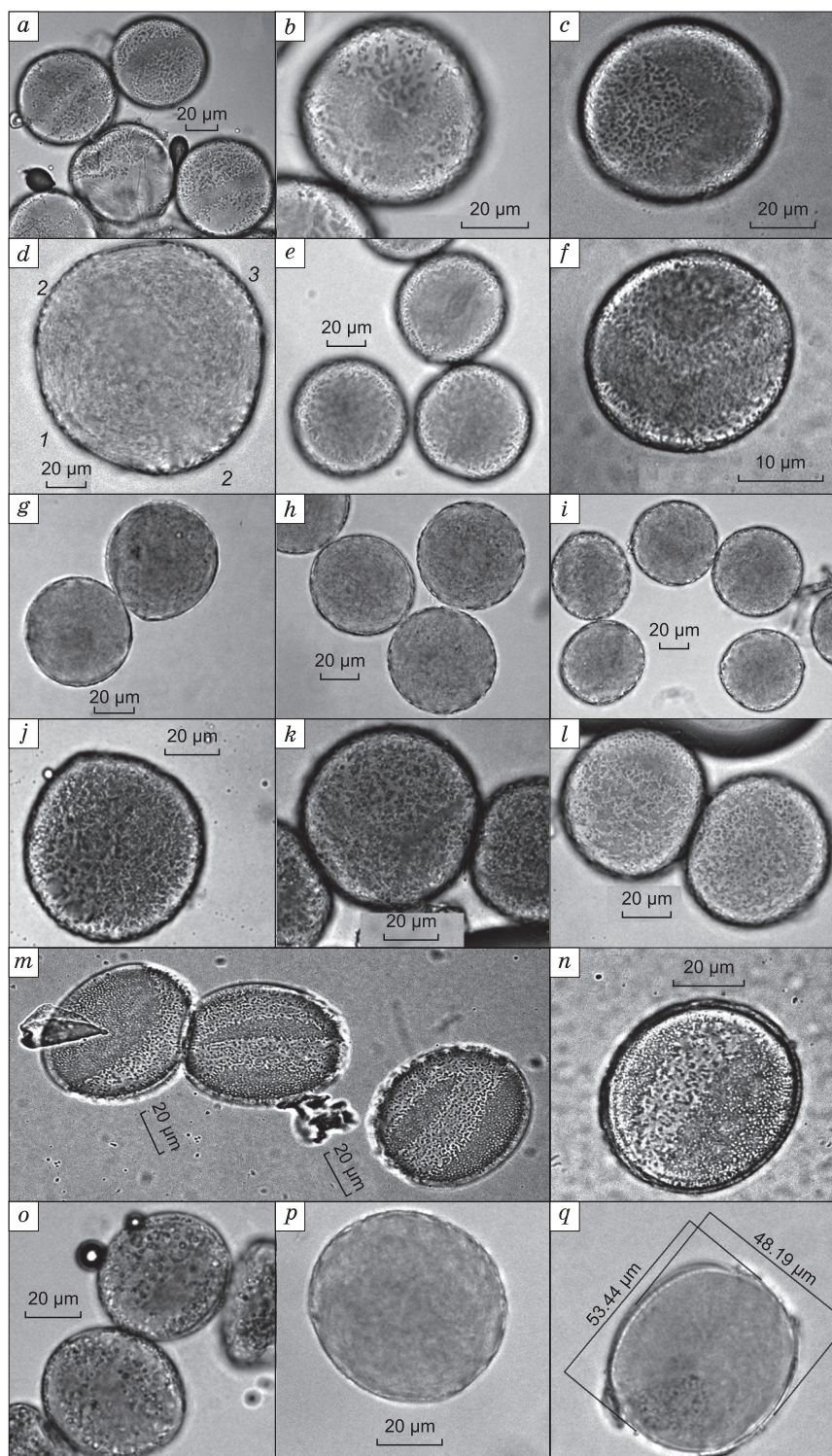


Рис. 5. Живая пыльца видов рода *Tulipa*.

Fig. 5. Live pollen of species of the genus *Tulipa*.

a, b – *T. kaufmanniana*; *c, d* – *T. tschimganica* (1 – лента-киль/tape-keel, 2 – ленты апертурные/aperture tapes, 3 – оперкулум/operculum); *e, f* – *T. kolpakowskiana*; *g-l* – *T. alberti*: *g* – 1.8-1, *h* – 1.8-2, *i* – 1.9, *j* – 2.2-1, *k* – 2.2-2, *l* – 1.11; *m* – *T. patens*; *n* – *T. uniflora*; *o, p* – *T. behmiana*: *o* – 1.10, *p* – 2.1; *q* – *T. buhseana*.

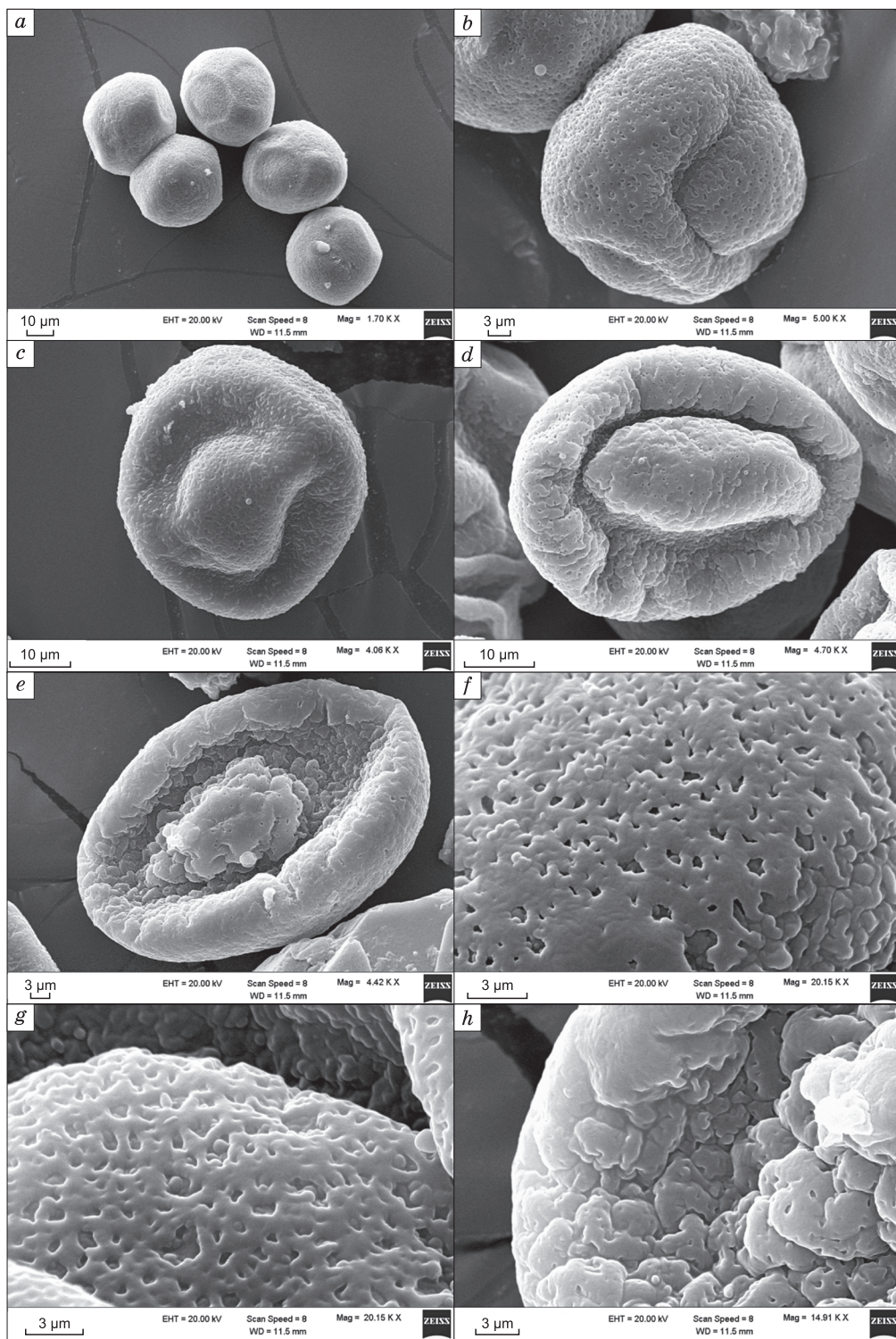


Рис. 6. Пыльцевые зерна *T. uniflora*.

a – группа зерен без признаков гармогегатии; *b* – полюсная проекция; *c* – дистальная проекция с контуром поры; *d, e* – дистальная проекция с четко обозначенной порой; *f* – орнамент тектума; *g* – орнамент тектума поры; *h* – деформированный тектум.

Fig. 6. Pollen grains of *T. uniflora*.

a – a group of grains without signs of harmomegaly; *b* – pole view; *c* – distal view with pore contour; *d, e* – distal view with a clearly defined pore; *f* – tectum ornament; *g* – ornamentation of the tectum of the pore; *h* – deformed tectum.

Таблица 3

Морфометрические данные живых пыльцевых зерен у видов рода *Tulipa*Morphometric data of live pollen grains in species of the genus *Tulipa*

Параметры	<i>x</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>S</i> _{<i>x̄</i>}	<i>r</i>	min-max	Очертания
<i>T. kaufmanniana</i>							
Ширина	51.6	4.7	9.0	0.5	0.90	44.2–66.0	округлое
Длина	54.0	5.2	9.6	0.6		45.1–70.5	
<i>T. tschimganica</i>							
Ширина	57.6	3.1	5.3	0.3	0.68	50.1–65.1	округлое
Длина	60.2	3.0	5.0	0.3		51.9–70.4	
<i>T. alberti</i> 1.8 (красная форма)							
Ширина	55.1	3.5	6.3	0.3	0.76	45.7–64.8	округлое
Длина	58.1	3.4	5.9	0.3		50.7–67.8	
<i>T. alberti</i> 1.11 (желтая форма)							
Ширина	57.4	4.5	7.6	0.8	0.89	49.4–66.4	округлое
Длина	60.3	5.5	9.2	1.0		51.6–70.4	
<i>T. alberti</i> 1.9 (красная форма)							
Ширина	53.6	2.6	4.6	0.3	0.52	48.0–60.9	округлое
Длина	57.1	2.9	5.1	0.4		51.7–63.8	
<i>T. alberti</i> 2.2 (красная форма)							
Ширина	63.1	5.5	8.7	1.0	0.79	49.7–71.9	округлое
Длина	65.8	5.6	8.5	1.1		52.5–77.9	
<i>T. behmiana</i> 1.10 (пыльник черный)							
Ширина	44.0	3.3	7.5	0.8	0.65	34.3–48.4	округлое
Длина	48.8	3.5	7.1	0.8		40.4–53.6	
<i>T. behmiana</i> 2.1 (пыльник желтый)							
Ширина	46.4	4.2	9.0	0.9	0.82	39.5–56.2	округлое
Длина	50.1	4.7	9.2	1.0		44.4–61.7	
<i>T. kolpakowskiana</i>							
Ширина	51.8	4.4	8.5	1.6	0.97	46.1–56.9	округлое
Длина	53.3	3.9	7.3	1.4		49.4–58.7	
<i>T. patens</i>							
Ширина	46.9	5.4	11.5	1.4	0.64	42.3–59.8	эллиптическое
Длина	55.8	4.9	8.7	1.2		48.8–67.7	
<i>T. buhseana</i>							
Ширина	48.8	4.3	8.8	1.9	0.99	43.1–53.0	эллиптическое
Длина	54.7	4.8	8.8	2.14		48.6–61.2	
<i>T. uniflora</i>							
Ширина	52.2	6.5	12.4	1.3	0.85	44.0–65.0	округлое
Длина	59.0	7.8	13.1	1.5		48.0–70.0	

Примечание. Измерения длины и ширины в экваториальной проекции, мкм; x – среднее арифметическое; S – стандартное отклонение; V (%) – коэффициент вариации (до 10 % – незначительная изменчивость, 10–20 % – средняя, выше 20 % – значительная); $S_{\bar{x}}$ – ошибка среднего арифметического; r – коэффициент корреляции.

Note. Measurements of the length and width in the equatorial projection, μm ; x – arithmetic mean; S – standard deviation; V (%) – coefficient of variation (up to 10 % – insignificant variability, 10–20 % – average, above 20 % – significant); $S_{\bar{x}}$ – arithmetic mean error; r – the correlation coefficient.

ты нечеткие, могут прерываться. Колумелла раз-
нобугорчатая, крупные бугорки с тектальным узо-
ром. Колумелла поры часто образует орнамент из
крупных бугорков, кардинально отличая анаку-
меллу от катаколумеллы. Тектум коротко-мелко-
морщинистый.

Секция *Leiostemon* Boiss. Дистально-1-поро-
вые пыльцевые зерна сферической формы. У апер-
туры отсутствует оперкулум. Основная часть по-
верхности спородермы представлена разно-раз-
мерной бугорчатой экзиной. В основном зерна
схожи по строению с вышеописанными. Секция

Таблица 4

**Сравнительная характеристика некоторых морфологических признаков пыльцевых зерен
у видов рода *Tulipa***

Comparative characteristics of some morphological features of pollen for species of the genus *Tulipa*

Вид	Размер*	Тип апертуры	Наличие оперкулула	Скульптура экзины	Особенности тектума
Секция / Section <i>Spiranthera</i>					
<i>T. kaufmanniana</i>	ср., кр.	пора	+	бугорчатая	ленты
<i>T. tschimganica</i>	кр.	пора	+	бугорчатая	ленты
Секция / Section <i>Leiostemones</i>					
<i>T. kolpakowskiana</i>	ср., кр.	пора	–	бугорчатая	ленты
<i>T. alberti</i>	кр.	пора	–	бугорчатая	ленты
<i>T. behmiana</i>	ср., кр.	пора	–	бугорчатая	ленты
<i>T. lanata</i>	–	пора	–	бугорчатая	ленты
Секция / Section <i>Eriostemnes</i>					
<i>T. patens</i>	ср., кр.	борозда	+	струйчатая	отверстия
<i>T. buhseana</i>	ср., кр.	борозда	+	струйчатая	отверстия
Секция / Section <i>Orithia</i>					
<i>T. uniflora</i>	–	пора	+++	сетчатая	отверстия

Примечание. Размер пыльцевых зерен ср. – средний (media), 20–50 мкм; кр. – крупный (magna) 50–100 мкм.

* Живой пыльцы.

** Проявляется при гармомегатии.

Note. Pollen grain size ср. – average (media), 20–50 µm; кр. – large (magna) 50–100 µm.

* Live pollen.

** Appears with harmomegathy.

отличается наличием лент, различно выраженных даже в пределах одного растения. Катаколумелла чаще имеет менее крупные бугорки.

T. kolpakowskiana (рис. 9). Зерна отличаются четко выраженными лентами. Встречаются зерна с вытянутым углом у латеральных сторон. Тектум лент имеет типичный рифленый (rugulate) орнамент. Колумелла разнобугорчатая, бугорки располагаются неплотно, хорошо просматривается подстилающий слой, на бугорках у катаколумеллы наблюдаются узоры тектума. У гармомегатных зерен на поверхности поры часто можно заметить, как ее мембрана очерчивает область выхода пыльцевой трубки (см. рис. 9, с, е). Также у зерен данного вида можно наблюдать своеобразную особенность – появление около поры места, где тектум прерывается (см. рис. 9, а).

T. alberti (см. рис. 3, 10). Пыльца данного вида имеет большое морфологическое разнообразие. Зерна отличаются узкими лентами. Встречаются зерна с одинаковой экзиной на апертуре и латеральной стороне. На экваторе апертура имеет вытянутые углы. Колумелла разнобугорчатая, дистальная чаще образует крупные бугорки, покрытые тектумом. Сам тектум слабо-морщинисто-перфорированный. В узоре между бугорками можно увидеть подстилающий слой. Нередко

наблюдается явление “выпячивания” поры (см. рис. 10, h). Проба 2.2 имеет отличимые от других проб зерна (см. рис. 3, e–h): в ней встречаются зерна со слабо выраженными лентами, тектум сильно или полностью редуцирован, и вся поверхность представлена колумеллой.

T. behmiana (рис. 11). Ленты четко выраженные, тектум морщинисто-редкоперфорированный. Колумелла разнобугорчатая, с дистальной стороны бугорки более крупные. У тектума есть своеобразные образования в виде длинных выростов (см. рис. 11, f).

T. lanata (рис. 12). Ленты рыхлые, края нечеткие. Анаколумелла и катаколумелла идентичны. Иногда на поверхности поры встречаются крупные бугорки разных форм и размеров. Тектум морщинисто-разноперфорированный.

Секция ***Eriostemnes*** Boiss. Дистально-1-бороздные пыльцевые зерна вытянутой эллипсоидной формы. Пыльцевые зерна видов этой секции отличаются сплошным тектумом, не покрывающим только мембрану борозды. Тектум струйчатый, струйки одинаковой ширины (0.2 мкм), но имеют различную длину и направление, редко параллельны. Виды отличаются между собой размерами и числом отверстий в тектуме на 100 мкм² (Герасимович, 2022); края отверстий неровные,

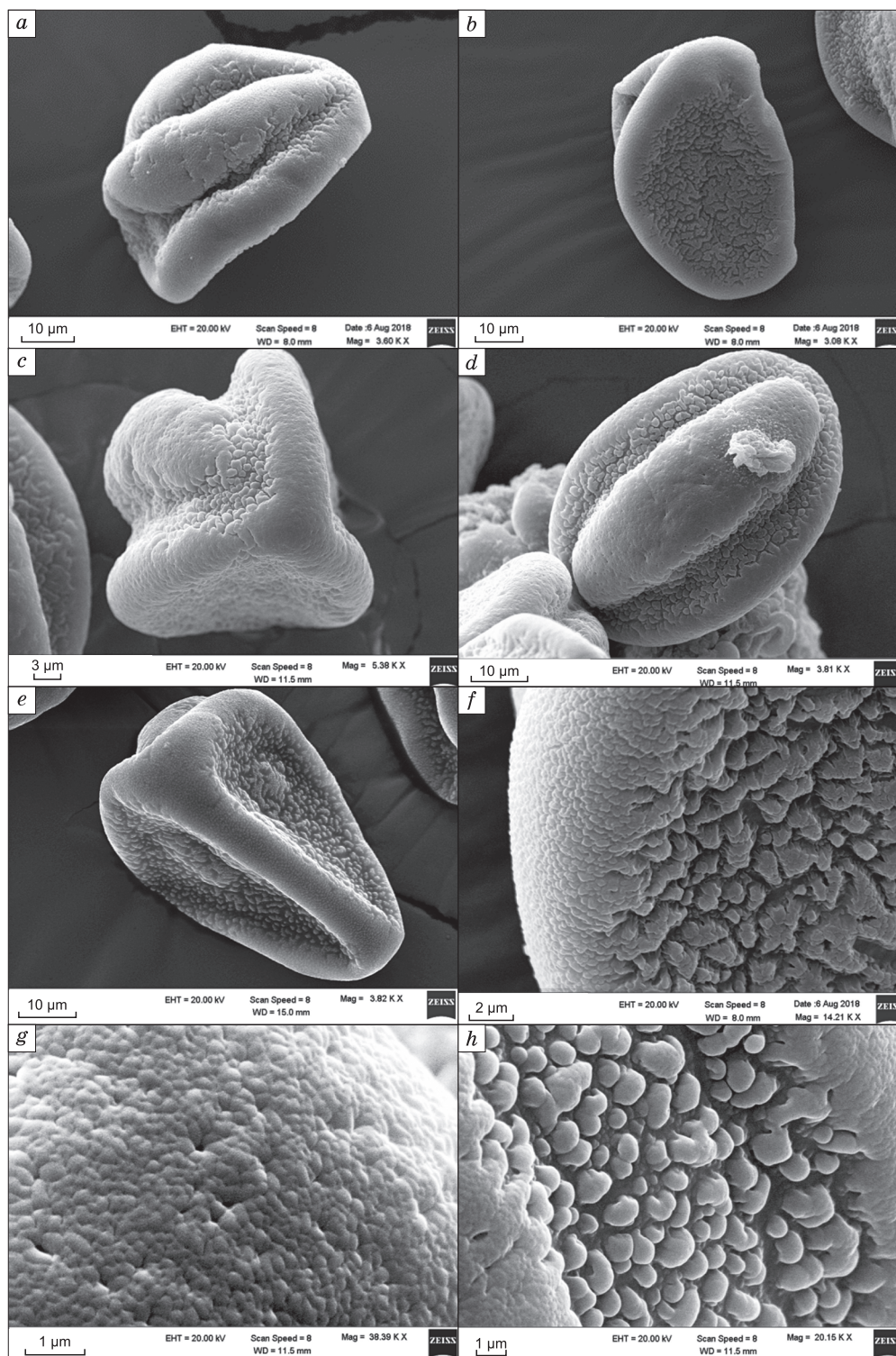


Рис. 7. Пыльцевые зерна *T. kaufmanniana*.

a, d – дистальная проекция (пора); *b, e, f* – проксимальная проекция; *c* – полюсная проекция; *g* – тектум ленты; *h* – экзина апертур.

Fig. 7. Pollen grains of *T. kaufmanniana*.

a, d – distal view (pore); *b, e, f* – lateral view; *c* – pole view; *g* – tectum of tape; *h* – exine of aperture.

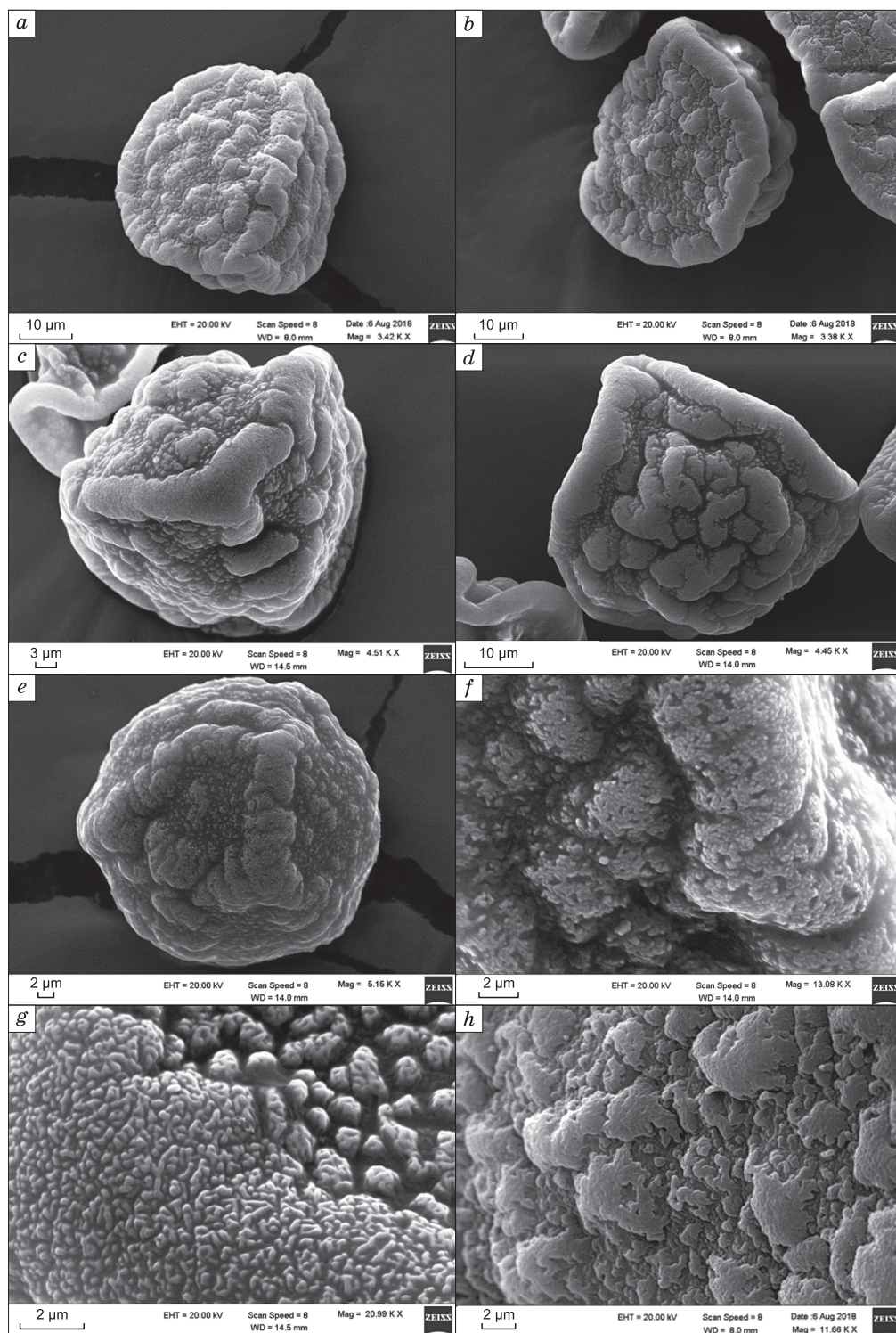


Рис. 8. Пыльцевые зерна *T. tschimganica*.

a, b – проксимальная проекция; *c, e* – полюсная проекция; *d* – дистальная проекция; *f* – анаэксина и тектум ленты; *g* – тектум ленты с латеральной проекции; *h* – катаэксина.

Fig. 8. Pollen grains of *T. tschimganica*.

a, b – lateral view; *c, e* – pole view; *d* – distal view; *f* – anaexine and tectum of tape; *g* – tectum of the ribbon from the lateral projection; *h* – cataexine.

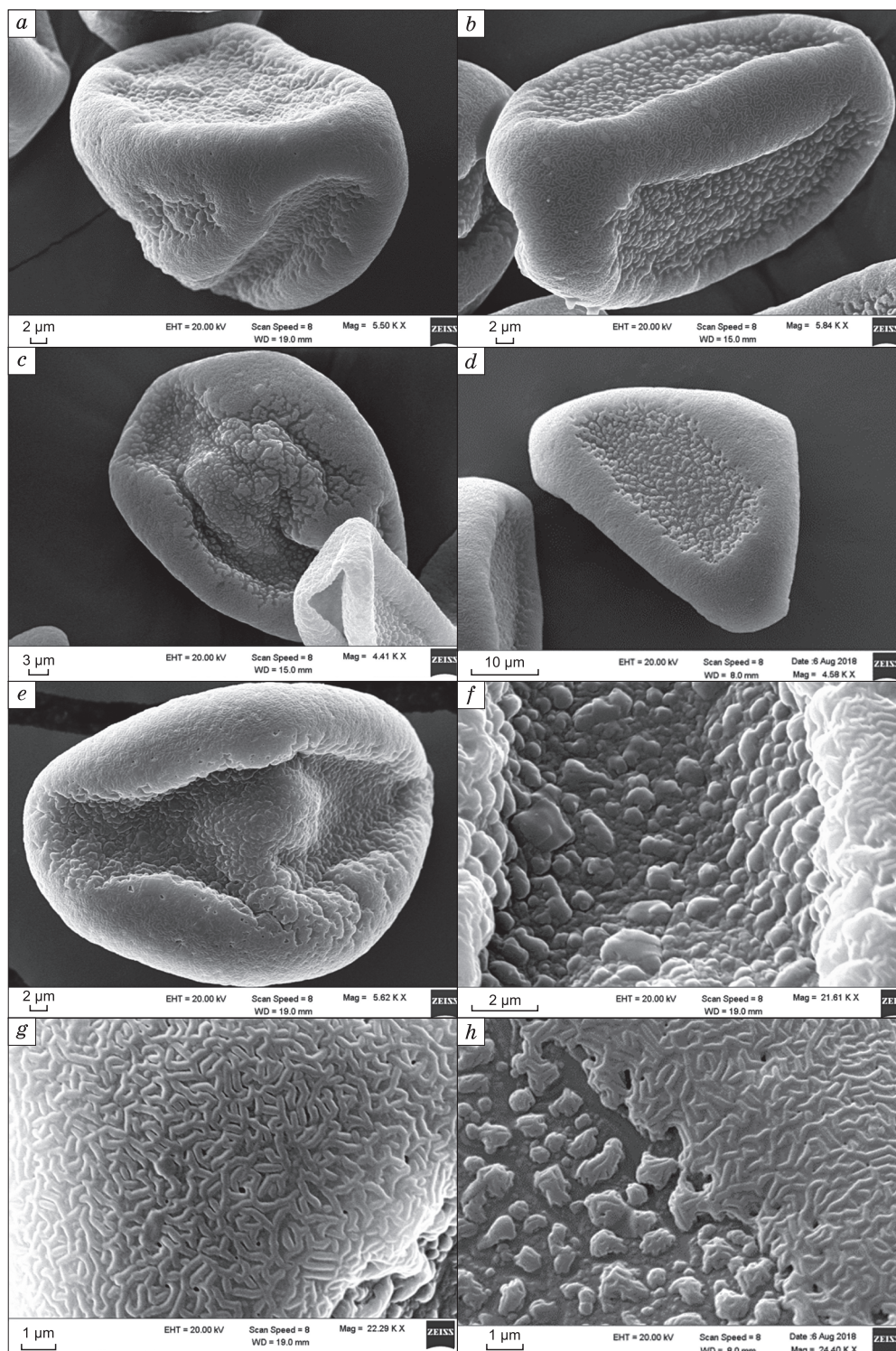


Рис. 9. Пыльцевые зерна *T. kolpakowskiana*.

a – полюсная проекция; *b, d* – проксимальная проекция; *c, e* – дистальная проекция (пора); *f* – экзина мембраны поры (колумелла с элементами тектума); *g* – тектум ленты; *h* – катаэкзина и тектум ленты.

Fig. 9. Pollen grains of *T. kolpakowskiana*.

a – pole view; *b, d* – lateral view; *c, e* – distal view (pore); *f* – exine of pore membrane (columella with elements of tectum); *g* – tectum of tape; *h* – cataexine and tectum of tape.

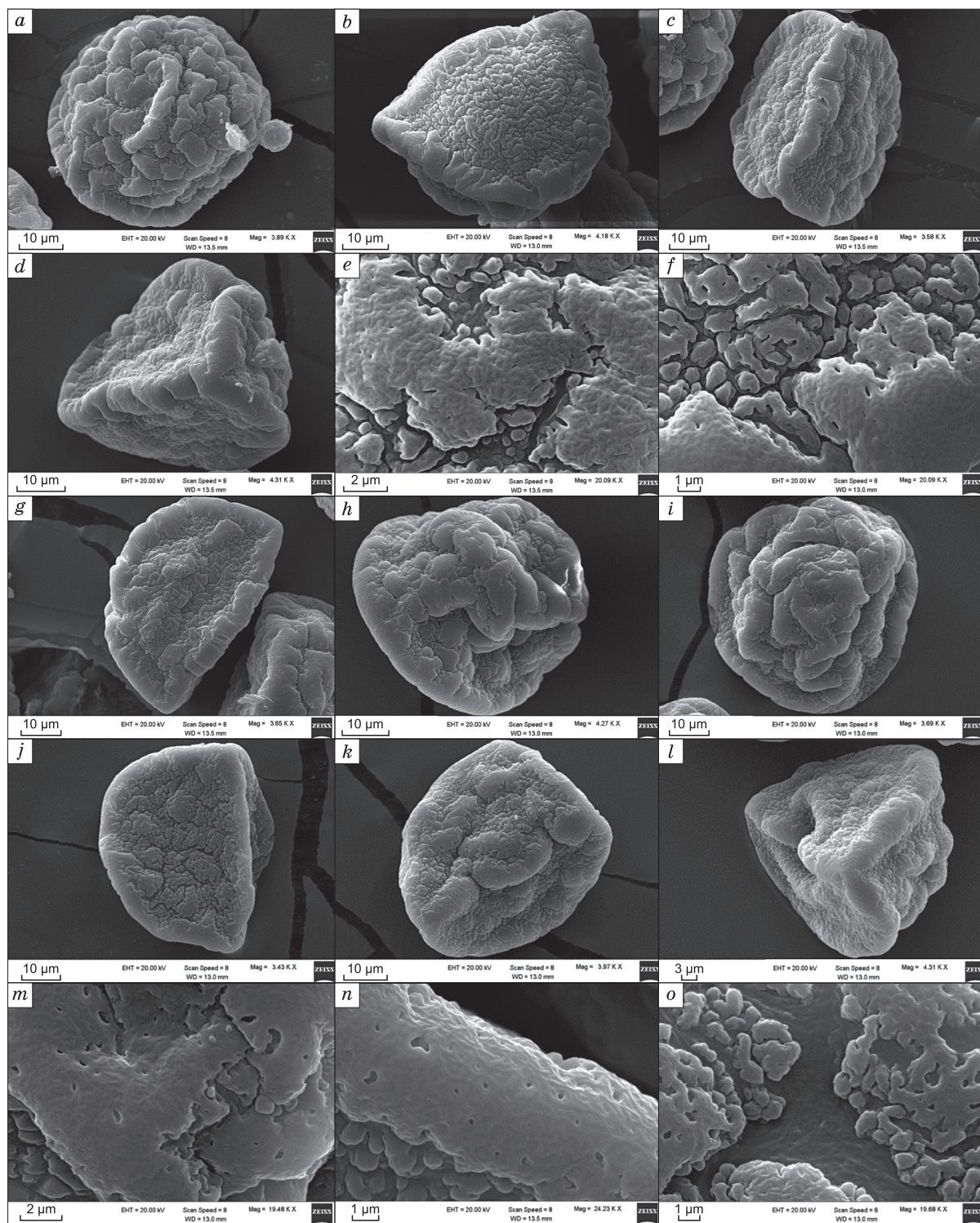


Рис. 10. Пыльцевые зерна *T. alberti*.

a-f – проба 1.11, *g-o* – проба 1.9; *a, h, i* – дистальная проекция (пора); *b, c, g, j, k* – проксимальная проекция; *d, l* – полюсная проекция; *e, m* – анаэксина; *f, o* – катаэксина; *n* – тектум ленты.

Fig. 10. Pollen grains of *T. alberti*.

a-f – sample 1.11, *g-o* – sample 1.9; *a, h, i* – distal view (pore); *b, c, g, j, k* – lateral view; *d, l* – pole view; *e, m* – anaexine; *f, o* – cataexine; *n* – tectum of tape.

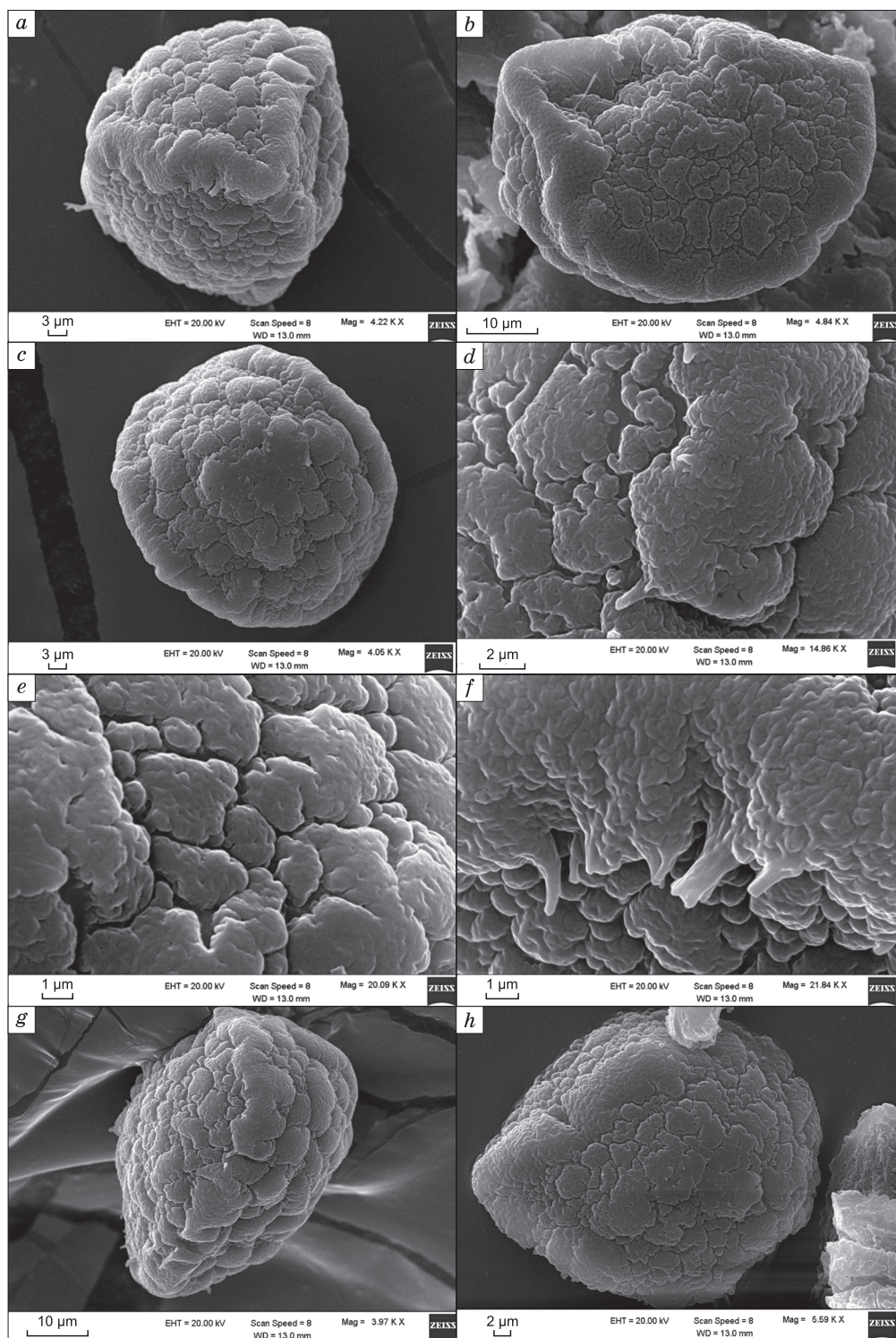


Рис. 11. Пыльцевые зерна *T. behmiana*.

a – полюсная проекция; *b* – проксимальная проекция; *c*, *h* – дистальная проекция (пора); *d* – катаэксина и тектум ленты; *e* – анаэксина; *f* – выросты на тектуме ленты; *g* – проксимально-дистальная проекция: катаэксина, тектум ленты, анаэксина.

Fig. 11. Pollen grains of *T. behmiana*.

a – pole view; *b* – lateral view; *c*, *h* – distal view (pore); *d* – cataexine and tectum of tape; *e* – anaexine; *f* – outgrowths on the tectum of tape; *g* – lateral-distal view: cataexine, tectum of tape, anaexine.

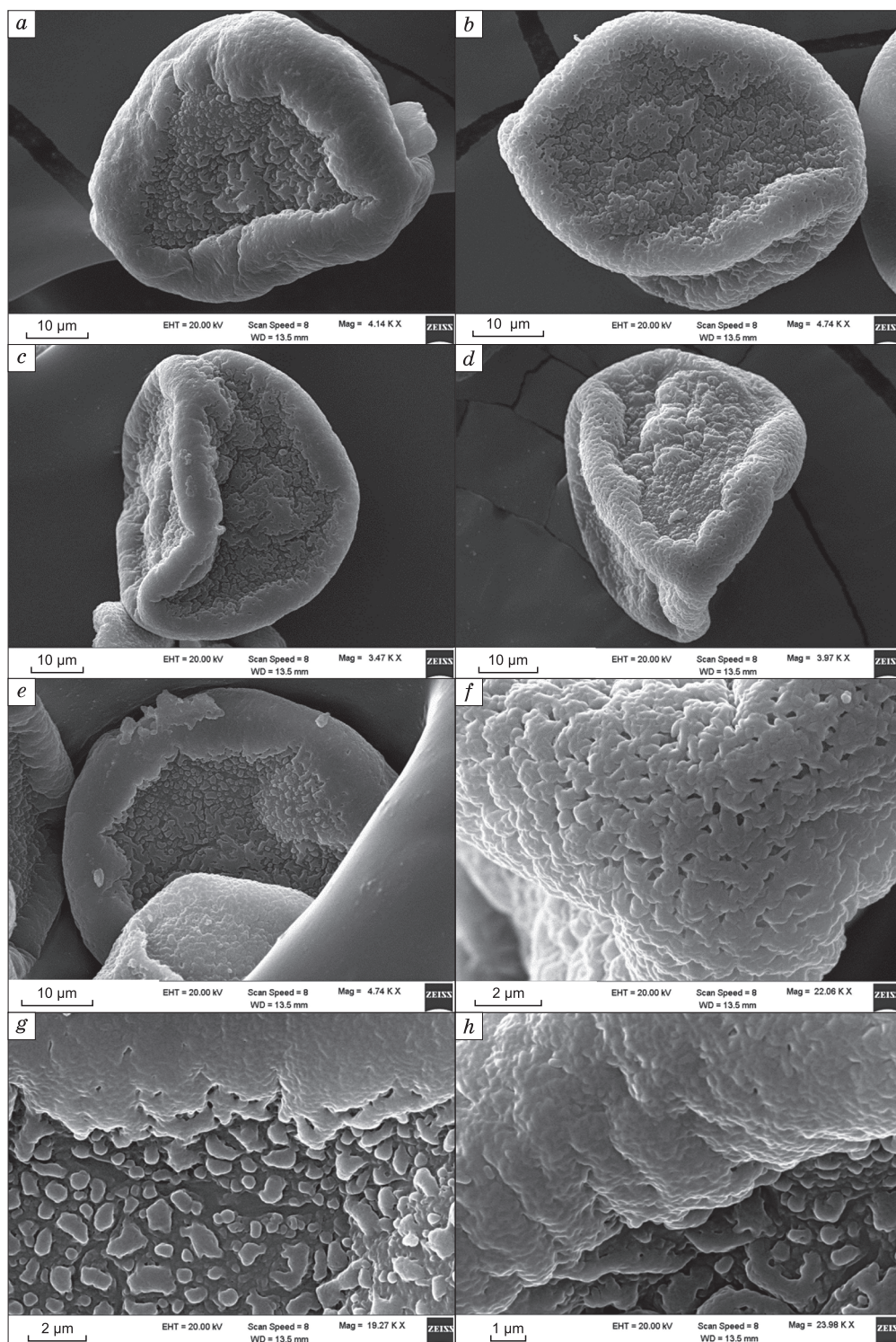


Рис. 12. Пыльцевые зерна *T. lanata*.

a, b, c – проксимальная проекция; *d* – полюсная проекция; *e* – дистальная проекция (пора); *f* – тектум ленты на полюсе; *g* – анаэксина; *h* – катаэксина и тектум ленты.

Fig. 12. Pollen grains of *T. lanata*.

a, b, c – lateral view; *d* – pole view; *e* – distal view (pore); *f* – tectum of tape at the pole; *g* – anaexine; *h* – cataexine and tectum of tape.

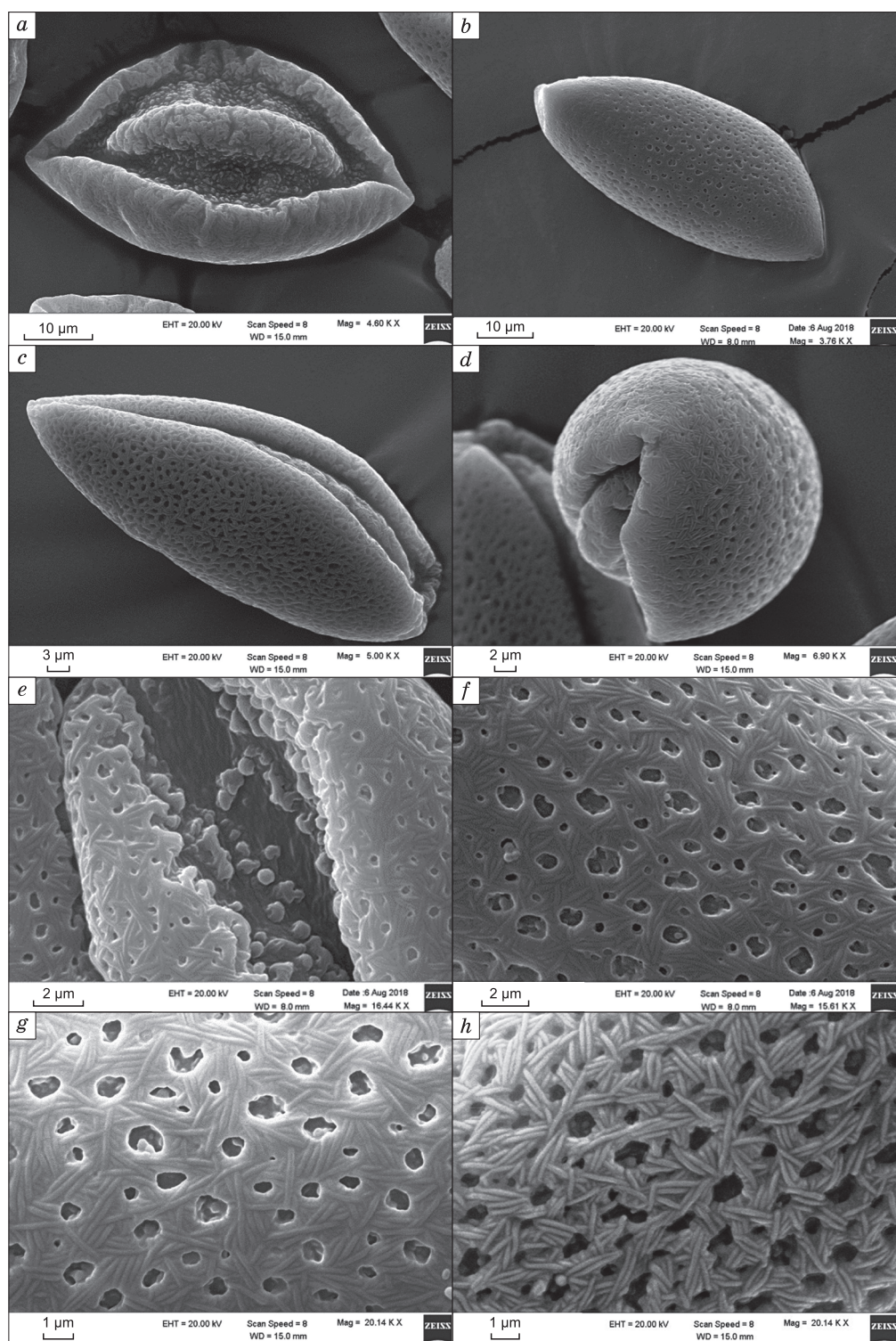


Рис. 13. Пыльцевые зерна *T. patens*, проба 1.7 (Казахстан).

a – дистальная проекция (пора); *b* – проксимальная проекция; *c* – края латеральной стороны; *d* – полюсная проекция; *e* – экзина апертур; *f, g, h* – орнамент тектума.

Fig. 13. Pollen grains of *T. patens*, sample 1.7 (Kazakhstan).

a – distal view (pore); *b* – lateral view; *c* – edges of the lateral side; *d* – pole view; *e* – aperture exine; *f, g, h* – tectum ornament.

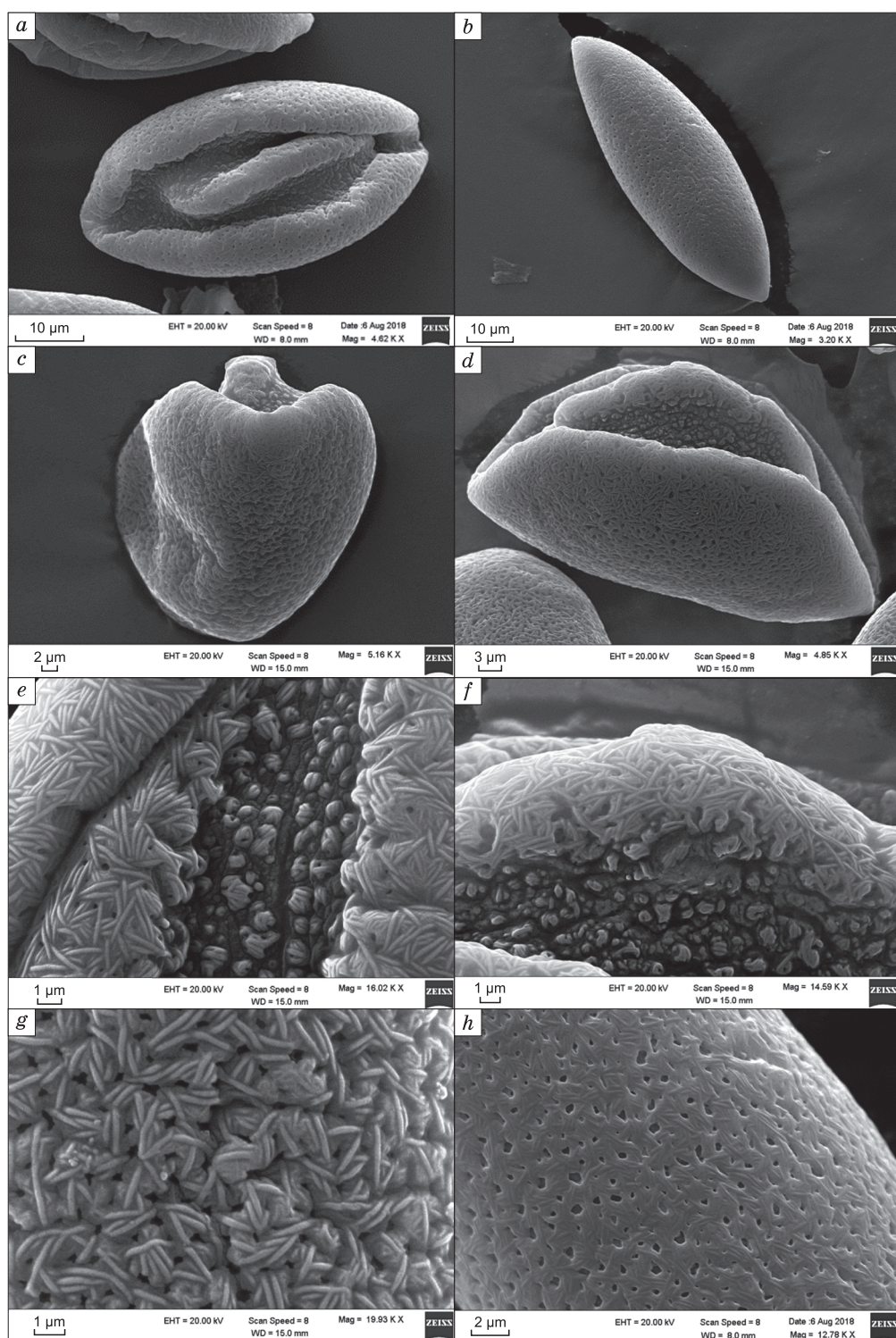


Рис. 14. Пыльцевые зерна *T. patens*, проба 1.2 (Алтайский край).

a – дистальная проекция (пора); *b* – проксимальная проекция; *c* – полюсная проекция; *d* – края латеральной стороны; *e, f* – экзина апертур; *g, h* – орнамент тектума.

Fig. 14. Pollen grains of *T. patens*, sample 1.2 (Altai region).

a – distal view (pore); *b* – lateral view; *c* – pole view; *d* – edges of the lateral side; *e, f* – aperture exine; *g, h* – tectum ornament.

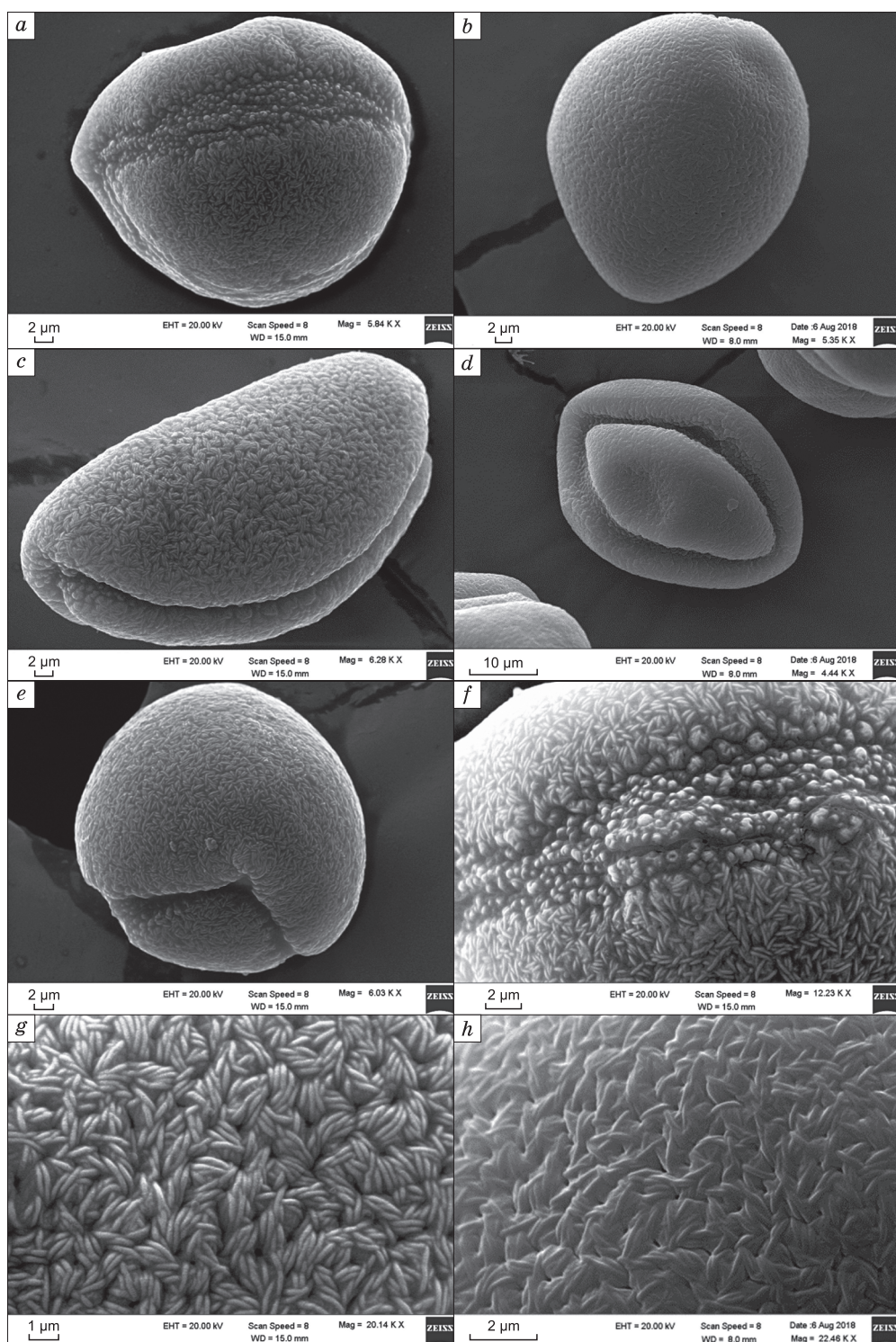


Рис. 15. Пыльцевые зерна *T. buhseana*.

a, d – дистальная проекция (пора); *b* – проксимальная проекция; *c* – края латеральной стороны; *e* – полюсная проекция; *f* – экзина апертур; *g, h* – орнамент тектума.

Fig. 15. Pollen grains of *T. buhseana*.

a, d – distal view (pore); *b* – lateral view; *c* – edges of the lateral side; *e* – pole view; *f* – aperture exine; *g, h* – tectum ornament.

различных очертаний. Ширина борозды с оперкулумом варьирует. Мембрана борозды с бугорчатой колумеллой с разной плотностью и расположением. У *T. patens* оперкулум в широкой части имеет ширину меньше, чем мембрана, у *T. buhseana* оперкулум в несколько раз шире мембраны.

T. patens (рис. 13, 14). Струйки тектума 0.4–3.5 мкм длиной, перфорации крупные, их плотность может резко меняться – по этим критериям пыльца двух проб имеет отличия между собой. Оперкулум относительно апертуры короткий и узкий: в пробе 1.2 его длина и ширина составили 36–44 и 4–7 мкм соответственно, в пробе 1.7 – 41–52 и 5–10 мкм.

T. buhseana (рис. 15). Зерна в экваториальной проекции имеют своеобразные угловатые заострения. Тектум образован плотным сплетением струек 0.3–1.5 мкм длиной. Перфорации очень мелкие, практически не заметные и частые. Колумелла мембраны мелкобугорчатая, редкая. Оперкулум имеет анатектум, идентичный кататектуму, широкий, 30–37 мкм длиной и 13–18 мкм шириной. Пыльца устойчива к гармомегатию.

Секция *Orithia* Baker. ***T. uniflora*** (см. рис. 6). Пыльцевые зерна дистально-1-поровые, сферической формы. Тектум почти гладкий, сетчатый, полностью покрывает зерно. Перфорации неровные, местами по площади больше, чем ткань тектума, или, наоборот, очень мелкие и редкие. Оперкулума как такового нет, он может появляться при гармомегатию в результате деформации тектума над поровым отверстием. Встречаются зерна, где участки тектума при гармомегатию деформируются, повторяя рельеф колумеллы из плотных бугорков (см. рис. 6, h).

Вопросы классификации

Автор придерживается внутриродовой классификации, предложенной А.И. Введенским (1935) и дополненной З.П. Бочанцевой (1962). Изложенные в статье результаты палинологических исследований подтверждают выводы, сделанные при изучении объема ядерного генома у тюльпанов В.Ж.М. Zonneveld (2009). Классификация рода, предложенная Zonneveld, дополнена тем, что секции *Leiostemones* и *Spiranthera* выделены в подрод *Tulipa*. В современной классификации, предложенной М.Ж.М. Christenhusz et al. (2013), секция *Spiranthera* упразднена и ее представители вошли в секцию *Leiostemones*. Как показывают результаты палиноморфологического исследования двух видов из секции *Spiranthera*, есть существенный диагностический признак (наличие у апертуры оперкулума), который является аргументом, подтверждающим правильность выделения этих видов в от-

дельную секцию. Также тектум эктекизины этих видов отличается от исследованных видов из секции *Leiostemones*.

ВЫВОДЫ

По результатам палиноморфологического исследования и определения места прорастания пыльцевой трубки, которое располагается только на дистальной стороне и является порой (pore) у видов секций *Leiostemones*, *Spiranthera*, *Orithia* и бороздой (colpi) у видов секции *Eriostemnes*, можно сделать следующие выводы:

1. Пыльцевые зерна тюльпанов с дистальной (sulcus) апертурой: дистально-1-бороздные или дистально-1-поровые.
2. Апертура без оперкулума характерна для секции *Leiostemones*. Апертура с оперкулумом – для секций *Spiranthera*, *Eriostemnes*, *Orithia*, при этом оперкулум различается по форме и размерам.
3. В живом состоянии зерна имеют сферическую или вытянуто-эллипсоидальную форму и размер от 40 до 78 мкм. Для сферической формы характерен тип апертуры – пора, а для эллипсоидной – борозда.
4. В секции *Spiranthera* выявлены признаки, которые могут служить дополнительным аргументом для признания ее самостоятельности.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А21-121011290025-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. 1983. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л. 208 с. [Bobrov A.E., Kupriyanova L.A., Litvintzeva M.V., Tarasevich V.F. 1983. Spores of ferns and pollen of gymnosperms and monocotyledons of flora of the European part of the USSR. Leningrad. 208 p. (in Russian)]
- Бочанцева З.П. 1962. Тюльпаны. Морфология, цитология и биология. Ташкент. 433 с. [Botschantzeva Z.P. 1962. Tulips: morphology, cytology, and biology. Tashkent. 433 p. (in Russian)]
- Введенский А.И. 1935. Род *Tulipa* L. В: Флора СССР. Т. 4. Л. 246–280. [Vvedenskiy A.I. 1935. Genus *Tulipa* L. In: Flora of the USSR. Vol. 4. Leningrad, 246–280. (in Russian)]
- Волкова О.А. 2014. Структура, развитие и возможные пути становления псевдоборозд пыльцевых зерен двудольных растений: Дис. ... канд. биол. наук. МГУ, Москва. С. 118. [Volkova O.A. 2014. Structure, development and possible ways of forma-

- tion of pseudofurrows in pollen grains of dicotyledonous plants: Dis. ... cand. biol. sciences. Moscow State University, Moscow. P. 118. (in Russian)]
- Головко В.В. 2004.** Экологические аспекты аэропаллинологии. Новосибирск. 107 с. [Golovko V.V. 2004. Environmental aspects of aeropalynology. Novosibirsk. 107 p. (in Russian)]
- Герасимович Л.В. 2022.** Скульптура поверхности пыльцевых зерен некоторых видов рода *Tulipa* (Liliaceae) из коллекции ЦСБС СО РАН. *Бот. журн.* 107(7):680-686. DOI: 10.31857/S0006813622070043. [Gerasimovich L.V. 2022. Surface sculpture of pollen grains of some species of the genus *Tulipa* (Liliaceae) in the collection of the CSBG SB RAS. *Botanicheskii Zhurnal = Botanical Journal*. 107(7):680-686. DOI: 10.31857/S0006813622070043. (in Russian)]
- Данелия И.М., Косенко В.Н. 1990.** Морфология пыльцы кавказских видов *Tulipa* (Liliaceae). *Бот. журн.* 75(3):293-298. [Danelia I.M., Kosenko V.N. 1990. Pollen morphology in Caucasian species of the genus *Tulipa* (Liliaceae). *Botanicheskii Zhurnal = Botanical Journal*. 75(3):293-298. (in Russian)]
- Кашин А.С., Петрова Н.А., Шилова И.В. 2016.** Состояние ценопопуляций и морфологическая изменчивость *Tulipa gesneriana* (Liliaceae) на севере Нижнего Поволжья. *Бот. журн.* 101(12):1430-1463. [Kashin A.S., Petrova N.A., Shilova I.V. 2016. State of cenopopulation and morphological variability of *Tulipa gesneriana* (Liliaceae) in the northern Lower Volga region. *Botanicheskii Zhurnal = Botanical Journal*. 101(12):1430-1463. (in Russian)]
- Куприянова Л.А. 1948.** Морфология пыльцы однодольных растений (материалы к филогении класса). В: Флора и систематика высших растений. Вып. 7. М., Л. 163-262. [Kupriyanova L.A. 1948. Pollen morphology of monocotyledonous plants (materials for the phylogeny class)]. In: Flora and taxonomy of higher plants. Iss. 7. Moscow, Leningrad. 163-262. (in Russian)]
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1972.** Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л. 171 с. [Kupriyanova L.A., Alyoshina L.A. 1972. Pollen and spores of plants from the flora of European part of the USSR. Vol. 1. Leningrad. 171 p. (in Russian)]
- Лазьков Г.А., Пашинина Т.Г. 2011.** Новые виды *Tulipa* и *Eremurus* (Liliaceae) из Киргизии. *Turczaninowia*. 14(3):11-13. [Laz'kov G.A., Pashinina T.G. 2011. New species of *Tulipa* and *Eremurus* (Liliaceae) from Kyrgyzstan. *Turczaninowia*. 14(3):11-13. (in Russian)]
- Маассуми С.М. 2005.** Ультраструктура и ультра-скульптура оболочки пыльцевых зерен представителей семейства Liliaceae Juss. в связи с вопросами их систематики: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 22 с. [Maassumi S.M. 2005. Ultrastructure and ultrasculpture of the shell of pollen grains of representatives of the family Liliaceae Juss. in connection with questions of their systematic: Abstract of Diss. Cand. Sci. Moscow. 22 p. (in Russian)]
- Пережогин Ю.В. 2013.** Новые виды тюльпанов из Северного Казахстана. *Бот. журн.* 98(12):1558-1563. [Perezhogin Yu.V. 2013. New species of the genus *Tulipa* from Northern Kazakhstan. *Botanicheskii Zhurnal = Botanical Journal*. 98(12):1558-1563. (in Russian)]
- Токарев П.И. 2002.** Морфология и ультраструктура пыльцевых зерен. М. 51 с. [Tokarev P.I. 2002. Morphology and ultrastructure of pollen grains. Moscow. 51 p. (in Russian)]
- Эпиктетов В.Г., Беялов О.В. 2013.** Новый вид рода *Tulipa* L. (Liliaceae) из Казахстана. *Turczaninowia*. 16(3):5-7. [Epiktetov V.G., Belyalov O.V. 2013. New species of *Tulipa* L. (Liliaceae) from Kazakhstan. *Turczaninowia*. 16(3):5-7. (in Russian)]
- Эрдтман Г. 1956.** Морфология пыльцы и систематика растений. М. 486 с. [Erdtman G. 1956. Pollen morphology and plant systematics. Moscow. 486 p. (in Russian)]
- Яндовка Л.Ф., Лосева Т.А. 2015.** Биология цветения *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae). *Раст. ресурсы*. 51(1):12-28. [Yandovka L.F., Loseva T.A. 2015. Biology of *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae) florification. *Rastitel'nye Resursy = Plant Resources*. 51(1):12-28. (in Russian)]
- Christenhusz M.J.M., Govaerts R., David J.C., Hall T., Borland K., Roberts P.S., Tuomisto A., Buerki S., Chase M.W., Fay M.F. 2013.** Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 172(3):280-328. <https://doi.org/10.1111/boj.12061>
- Furness C.A., Gregory T., Rudall P.J. 2015.** Pollen Structure and Diversity in Liliales. *International Journal of Plant Sciences*. 176(8):697-723. DOI: 10.1086/682211
- Handa Kumiko, Seiichiro Tsuji, Minoru N. Tamura. 2001.** Pollen morphology of Japanese Asparagales and Liliales (Liliana). *Japanese Journal of Historical Botany*. 9(2):85-125.
- Kosenko V.N. 1999.** Contributions to the pollen morphology and taxonomy of the Liliaceae. *Grana*. 38(1):20-30. DOI: 10.1080/001731300750044672
- Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Le Thomas A. 2007.** Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 143(1-2): 1-81. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.06.008>
- Yang Luo, Lu Lu, Alexandra H. Wortley, De Zhu Li, Hong Wang, Stephen Blackmore. 2015.** Evolution of Angiosperm Pollen. 3. Monocots. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 101:406-455.
- Zonneveld B.J.M. 2009.** The systematic value of nuclear genome size for “all” species of *Tulipa* L. (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*. 281:217-245. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0203-7>

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF POLLEN GRAINS IN SOME SPECIES OF THE GENUS *TULIPA* (LILIACEAE) FROM CENTRAL ASIA

Lyudmila V. Gerasimovich

Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
Novosibirsk, Russia; gerasimovitch77@mail.ru

The article presents the results of morphological studies of anthers, as well as live and dehydrated pollen grains of 9 species of the genus *Tulipa* L. from 4 sections. In the living state, the grains are spherical or elongated-ellipsoidal in shape, ranging in size from 40 to 78 μm . For a spherical shape, the type of aperture is characteristic – a pore, and for an ellipsoid – a colpi. Based on the determination of the place of germination of the pollen tube, which is located only on the distal side and is pore in the species of the sections *Leiostemones*, *Spiranthera*, *Orithia* and a furrow in the species of the section *Eriostemnes*, it was found that the pollen in the studied species is distal-1-aperture. Aperture without operculum (*Leiostemones*) or with it (*Spiranthera*, *Eriostemnes*, *Orithia*). The palynomorphological features correspond to the sections of the genus according to the classification of A.I. Vvedensky with additions by Z.P. Bochantseva. The data obtained do not confirm the expediency of including the section *Spiranthera*.

Key words: *Tulipa*, palynomorphology, aperture, exine sculpture, classification.

For citation: Gerasimovich L.V. 2023. Morphological diversity of pollen grains in some species of the genus *Tulipa* (Liliaceae) from Central Asia. *Rastitel'nyy Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 16(1): 28-51. DOI 10.15372/RMAR20230103

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS. No. AAAA-A21-121011290024-5.

ORCID ID

L.V. Gerasimovich 0000-0003-1884-1206

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict interest. Author declares no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received by editors 27.09.2022

Принята к публикации / Accepted for publication 23.12.2022