



УДК 582.757.2:581.96(235.222)(574.42)

***Euphorbia geltmanii* (Euphorbiaceae) – новый вид из Казахстанского Алтая**

И. А. Шестаков^{1,3*}, С. В. Смирнов^{1,4}, А. А. Кечайкин^{1,5}, В. Ф. Зайков^{1,6}, С. Ю. Панкратов^{1,7},
А. А. Баткин^{1,8}, М. В. Скапцов^{1,9}, Г. А. Болботов², А. И. Шмаков^{1,10}

¹ Алтайский государственный университет, пр. Ленина, д. 61, г. Барнаул, 656049, Россия

² Катон-Карагайский государственный национальный природный парк, ул. Жампейсова, д. 16А, с. Катон-Карагай, Восточно-Казахстанская область, 070908, Республика Казахстан. E-mail: g.bolbotov@mail.ru;
ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0009-1458-1161>

³ E-mail: ilya_shes_takov@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8493-5617>

⁴ E-mail: serg_sm_@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9657-3959>

⁵ E-mail: alekseikechaikin@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0754-4698>

⁶ E-mail: vz1703@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1641-9458>

⁷ E-mail: s-pankratov2000@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6518-7000>

⁸ E-mail: batkinaalexandr@yandex.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5628-0089>

⁹ E-mail: mr.skaptsov@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4884-0768>

¹⁰ E-mail: alex_shmakov@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1052-4575>

* Автор для переписки

Ключевые слова: Казахстан, молекулярная филогения, перевал Тиккабак, секвенирование, *Euphorbia alpina*.

Аннотация. Приводится описание нового вида с территории Казахстанского Алтая. *Euphorbia geltmanii* sp. nov. по морфологическим признакам наиболее близок к *E. alpina*, от которого отличается одиночными побегами, шаровидно утолщённым главным корнем и опушением, сходным с *E. pilosa*. От *E. pilosa* отличается парными листочками обёртки и формой срединных листьев. Представлены подробное таксономическое описание, географическое распространение и экология. Молекулярно-генетические исследования, в ходе которых было построено филогенетическое дерево на основе ITS-фрагмента ярдНК для части представителей секций *Helioscopia* и *Holophyllum*, также подтвердили обособленность нового вида.

***Euphorbia geltmanii* (Euphorbiaceae), a new species from the Kazakh Altai**

I. A. Shestakov¹, S. V. Smirnov¹, A. A. Kechaykin¹, V. F. Zaykov¹, S. Yu. Pankratov¹, A. A. Batkin¹,
M. V. Skaptsov¹, G. A. Bolbotov², A. I. Shmakov¹

¹ Altai State University, Lenina Pr., 61, Barnaul, 656049, Russian Federation

² Katon-Karagay State National Natural Park, Zhampeysov St., 16A, Katon-Karagay village, East Kazakhstan Region, 070908, Republic of Kazakhstan

Keywords: *Euphorbia alpina*, Kazakhstan, molecular phylogeny, sequencing, Tikkabak Pass.

Summary. A new species *Euphorbia geltmanii* sp. nov. is described from the Kazakh Altai. It is morphologically most similar to *E. alpina* but differs in having solitary shoots, a spherically thickened main root, and pubescence more reminiscent of *E. pilosa*. It differs from *E. pilosa* by paired bracts and the shape of the middle stem leaves. A detailed taxonomic description, data on geographical distribution and ecology are provided. Molecular phylogenetic analysis based on the ITS fragment of nuclear rDNA for selected members of sections *Helioscopia* and *Holophyllum* also confirmed the distinctness of the new species.

Введение

Род *Euphorbia* L. s. l. (молочай) относится к числу крупнейших родов среди покрытосеменных растений и насчитывает свыше 2 тысяч видов (Govaerts et al., 2000). На территории Алтайской горной страны (АГС) отмечено порядка 40 представителей рода (Baikov, 2007), которые в основном принадлежат к подроду *Esula* Pers. Особое видовое разнообразие на территории АГС демонстрирует секция *Helioscopia* Dumort., для которой характерны эндемичные для этой территории виды, в частности – *E. alpina* Ledeb. Этот вид широко распространён на территории АГС и отличается широким диапазоном морфологической изменчивости (Prokhanov, 1933; Baikov, 2007). Одним из варьирующих признаков является опушение: растения могут быть как совсем голыми или с редкими белыми волосками, так и плотно опушёнными. К. Ф. Ледебуром были описаны две формы: f. *glabra* – растения более низкие, с листьями более широкими, очень мелко зазубренными по краю, с почти всегда простыми, однородными веточками зонтика, и f. *pilosa* – растения обычно более высокие, более или менее густо покрытые короткими волосками, с цельными листьями, очень коротко реснитчатыми, с веточками зонтика чаще раздвоенными (Ledebour, 1850). К. С. Байковым с Онгудайского района описана разновидность *E. alpina* var. *rupicola* Baikov (Baikov, 2001), отличительными признаками которой являются низкие, голые, простые, до 10 см побеги, с сидячими, из едва оттянутого основания обратояйцевидными срединными листьями. Ещё одним признаком, демонстрирующим значительный диапазон морфологической изменчивости у *E. alpina*, выступает форма срединных листьев. Морфологическое разнообразие срединных листьев проявляется в переходе от обратояйцевидной и стеблеобъемлющей формы к широко-эллиптической с округлым основанием. Ранее ареал вида рассматривали более широко – от Ал-

тайской горной страны до Байкала (Prokhanov, 1949); образцы *E. alpina* из Восточной Сибири были выделены в отдельную разновидность – *E. alpina* var. *baikalensis* Boiss. (Boissier, 1862). Позднее с территории Приенисейской Сибири и Прибайкалья К. С. Байковым (Baikov, 1996) был описан *E. jensseiensis* Baikov, а *E. alpina* var. *baikalensis* и *E. alpina* var. *pilosa* Ledeb. были сведены в синонимы к *E. jensseiensis* (Baikov, 2007). Широкий полиморфизм вегетативных признаков требует детального изучения *E. alpina* на протяжении всего ареала.

В ходе обработки молочаев Алтая были обнаружены сборы из Восточного Казахстана, которые привлекли наше внимание необычным сочетанием признаков. По морфологическим признакам: метельчатое соцветие с неразвитым верхушечным зонтиком, парные листочки обёрточки – эти образцы наиболее близки к *E. alpina*. По характеру опушения они сходны с *E. pilosa* L., однако отличаются от последнего парными листочками обёрточки и формой листьев. Кроме того, у выявленных образцов отмечен шаровидно утолщённый главный корень.

Целью настоящей работы было уточнение систематического положения обнаруженных образцов. Для этого решались следующие задачи: провести сравнительно-морфологический анализ изучаемых образцов и близких видов; оценить особенности их географического распространения; изучить филогенетические связи с использованием молекулярных данных; выявить нуклеотидные замены, отличающие новый вид от близкородственных представителей флоры Алтайской горной страны.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили гербарные образцы, хранящиеся в Гербарии АЛТВ (Алтайский государственный университет, г. Барнаул), материалы генбанка NCBI видов рода *Euphorbia* (табл. 1).

Таблица 1. Образцы, которые использовались в работе

Вид	Место сбора	Номер в генбанке NCBI и ссылка на источник
<i>E. alata</i> Boiss.	Киргизия, Ферганский хребет, подъём на горы Ак-Ташот перевала Урумбаш	GU953741.1 (Kryukov et al., 2010)
<i>E. alpina</i> Ledeb.	Россия	KC212167.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. alpina</i> Ledeb.	Россия	KC212168.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. alpina</i> Ledeb. (<i>E. alp</i> 4)	Россия, Республика Алтай, Чемальский р-н, долина р. Катунь у устья р. Бийка, прав. Берег, остепененные и луговые склоны, заросли кустарников и скалы, 51°09'50.61"N, 86°09'03.18"E	PZ458698 (this study)
<i>E. altaica</i> Ledeb.	Россия	KC212169.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. altaica</i> Ledeb.	Россия, Алтайский край, Чарышский р-н, между деревнями Сентелек и Березовка, луговая степь	GU979429.1 (Kryukov et al., 2010)
<i>E. altaica</i> Ledeb.	Россия	KC212170.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. buchtormensis</i> Ledeb.	Казахстан	KC212196.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. geltmanii</i> (<i>E. alp</i> 5)	ВКО, Маркакольский р-н, хр. Сарлытан, перевал Тиккабак, 48°42'49"N, 86°00'19.80"E, 1785 м над ур. м	PZ458697 (this study)
<i>E. lamprocarpa</i> (Prokh.) Prokh.	Киргизия, Дашман	GU953745.1 (Kryukov et al., 2010)
<i>E. lamprocarpa</i> (Prokh.) Prokh.	Казахстан	KC212294.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. macrorrhiza</i> Ledeb. (<i>Eup.</i> 3)	Россия, Алтайский край, Третьяковский р-н, Зап. Алтай, окр. с. Красное Раздолье, юго-зап. макросклон г. Черный Камень, степной склон с выходами скал и пойма; 50°54'34.85" с. ш. 82°20'51.08" в. д., 370–500 м над ур. м.	PZ458699 (this study)
<i>E. pachyrrhiza</i> Kar. et Kir.	Казахстан	KC212328.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. pilosa</i> L.	Россия	KC212337.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. pilosa</i> L.	Россия	KC212338.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. pilosa</i> L.	Россия	KC212339.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. pilosa</i> L.	Россия, Республика Алтай, Шебалинский р-н, вблизи пос. Черга	GU979435.1 (Kryukov et al., 2010)
<i>E. rapulum</i> Kar. et Kir.	Казахстан	KC212358.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. rapulum</i> Kar. et Kir.	Казахстан	KC212357.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. rupestris</i> Ledeb.	Россия	KC212364.1 (Riina et al., 2013)
<i>E. rupestris</i> Ledeb.	Россия, Республика Алтай, Онгудайский р-н, окр. пос. Белый Бом, на известняковых скалах, реже на степных участках	GU979440.1 (Kryukov et al., 2010)
<i>E. soongarica</i> Boiss. (<i>Eup.</i> 13)	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский р-н, горы Жагалбайлы у выхода р. Бугаз из гор, 47°55'27" с. ш. 82°04'15" в. д., Н = 760 м над ур. м.	PZ458700 (this study)
<i>E. soongarica</i> Boiss. (<i>Eup.</i> 5)	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., Зайсанский р-н; 47°44'16.33" с. ш. 84°56'57.52" в. д.	PZ458701 (this study)
<i>E. subamplexicaulis</i> Kar. et Kir.	Казахстан	KC212398.1 (Riina et al., 2013)
<i>Neoguillauminia cleopatra</i> (Baill.) Croizat	Новая Каледония	JN250099.1 (Horn et al., 2012)

Изучение и фотографирование отдельных частей растений проводилось с помощью стереоскопического микроскопа Carl Zeiss Discovery V8. Измерения проводились в программе ImageJ.

В ходе работы был секвенирован ITS1-5.8S-ITS2 фрагмент ядерной ДНК 5 образцов, относящихся к 4 видам молочаев, и использованы данные работ по филогении и систематике подрода *Esula* (Kryukov et al., 2010; Riina et al., 2013). Исследования проводились в лаборатории биоинженерии Южно-Сибирского ботанического сада АлтГУ. Экстракция ДНК из гербарных образцов осуществлялась с использованием набора DiamondDNA (ООО «Научно-производственная фирма “Алтайбиотех”», г. Барнаул). Ядерный фрагмент ITS амплифицировали с использованием праймеров ITS-rew (5'-GGAATCCTTGTAAGTTTCTTT-3') и ITS-for (5'-CGTAACAAGGTTTCCGTAG-3') (Kutsev et al., 2014). Полимеразную цепную реакцию проводили в 50 мкл реакционной смеси с помощью набора для проведения ПЦР Биомастер HS-Taq ПЦР-Color 2x (ООО «Биолаб-микс», г. Новосибирск) в следующем составе на один образец: 25 мкл готовой PCR-смеси, 21 мкл H₂O, по 1 мкл 10 мМ соответствующих праймеров, 2 мкл тотальной ДНК, по следующему протоколу амплификации: 95 °C – 4 мин; 35 циклов: 95 °C – 20 с, 57 °C – 30 с, 72 °C – 1 мин; 72 °C – 7 мин. Очистку продуктов амплификации осуществляли с помощью микроколонок (ООО «Диаэм», г. Москва). Секвенирование проводилось в ЦКП «Геномика» (г. Новосибирск). Полученные нуклеотидные последовательности были выровнены с помощью алгоритма ClustalW в программе MEGA X (Kumar et al., 2024) с оценкой качества прочтения вручную.

Филогенетические схемы были построены с применением модели байесовской инференции (BI). Для анализа BI GTR+G4 была выбрана как наиболее подходящая в raxmlGUI 2.0 (Edler et al., 2020). MrBayes v.3.2.6 (Ronquist, Huelsenbeck, 2003) использовался для BI-анализа с 10 000 000 поколений (случайные деревья отбирались каждые 1000 поколений), отбрасывая первые 25 % деревьев как выгорающие, консенсусное дерево по правилу большинства было построено с указанием апостериорных вероятностей (PP).

Результаты и обсуждение

Данные морфологии и молекулярно-генетические исследования позволяют уверенно сде-

лать вывод о том, что образцы из Восточного Казахстана являются новым видом. Ниже приводится его описание.

Описание нового вида

Euphorbia geltmanii I. Shestakov et Shmakov, **sp. nov.**

Description. Perennial herb, 15–35 cm tall, unevenly pubescent with white simple hairs, the density increasing toward stem apex. Stems 1–3, erect, unbranched, generative only. Main root spherically thickened in upper part, thickening up to 2.5 cm in diam. Stem slender, up to 4 mm in diam., distinctly grooved. Lower leaves brown, scale-like, persistent at fruiting. Middle leaves oblong, densely pubescent beneath with stiff white hairs, amplexicaul, with cordate base, 1–1.5 cm long, 0.3–0.6 cm wide, emarginate at apex. Raylet-leaves paired, lanceolate, 4–10 mm long, 2–5 mm wide, also pubescent beneath. Terminal umbel absent; lateral rays mostly once dichasially branched, rarely twice branched or simple, 10–20 in number. Cyathium involucre campanulate, glabrous outside, pubescent inside with long white hairs. Nectaries 4, elliptic, pale brown. Capsules observed only when immature, densely covered with conical outgrowths. Styles fused for 1/3 of their length, bifid at apex. Stigmas terminal, small, dark.

Type: “Republic of Kazakhstan, East Kazakhstan Region, Markakol District, Sarytan Ridge, Tikkabak Pass, 48°42'49"N, 86°00'19.80"E, 1785 m a. s. l. 28 V 2025. G. A. Bolbotov” (Fig. 1) (holo – ALTB1100086100; iso – ALTB1100081022, ALTB1100086466, ALTB1100086449, ALTB1100084343).

Ecology. In open *Larix* woodlands with subalpine meadows.

Distribution. *Euphorbia geltmanii* is currently known only from the type locality in East Kazakhstan. It occurs on the Sarytan Ridge. Notably, the species is found near the southern limit of the ranges of *E. pilosa* and *E. alpina* (Fig. 2).

Affinity. From the most closely related species, *E. alpina*, it differs in pubescence (Fig. 3), particularly in trichome length, in having few shoots (1–3), and in the spherically thickened main root (Fig. 4). From *E. pilosa* it differs in having paired bract leaves and in leaf shape (Table 2).

Etymology. The species is named in honor of Dr. Dmitry V. Geltman, a leading specialist in the systematics of the genus *Euphorbia* in Russia.

Описание. Травянистое многолетнее растение 15–35 см высотой, неравномерно опушённое



Рис. 1 / Fig. 1. Голотип *Euphorbia geltmanii* I. Shestakov et Shmakov, sp. nov.

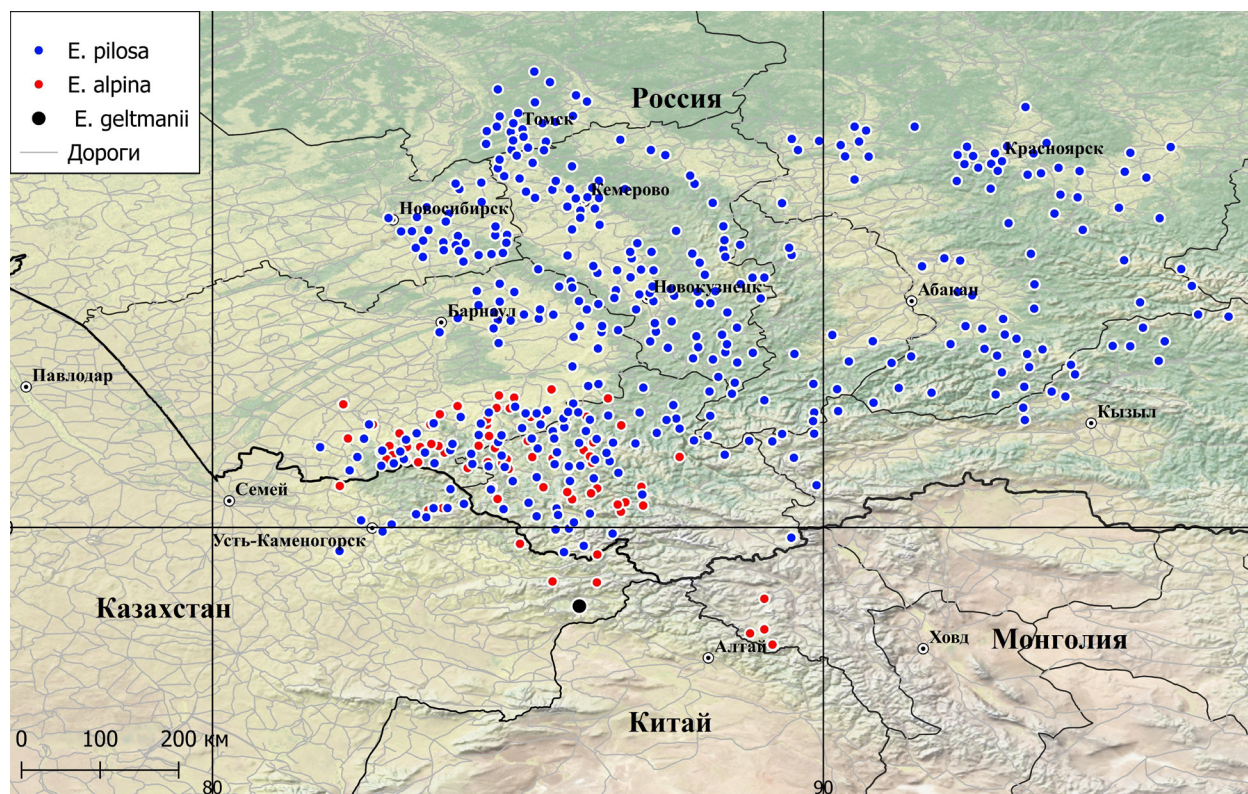


Рис. 2 / Fig. 2. Картограмма распространения *Euphorbia geltmanii*, *E. pilosa* и *E. alpina*.

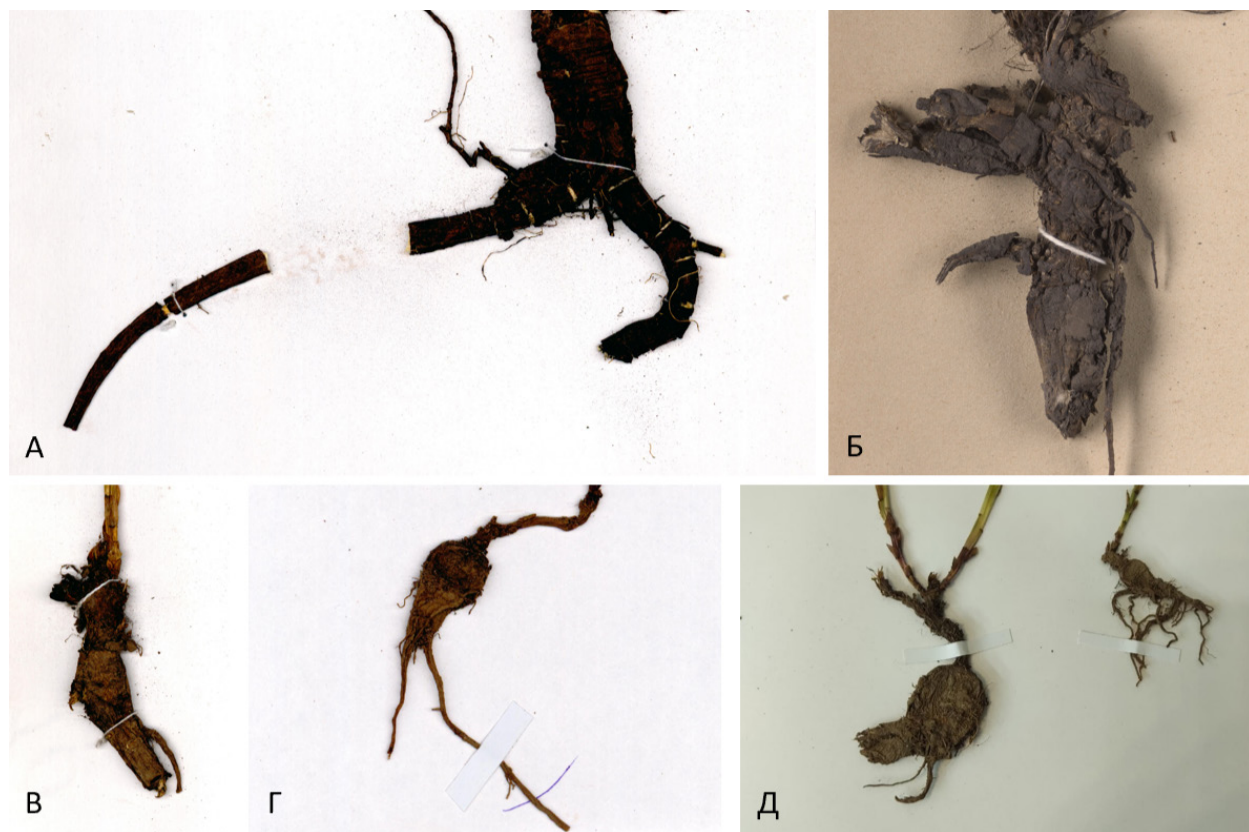


Рис. 3 / Fig. 3. Форма главного корня сравниваемых видов рода *Euphorbia*: А – *E. alpina*; Б, В – *E. pilosa*; Г, Д – *E. geltmanii*.

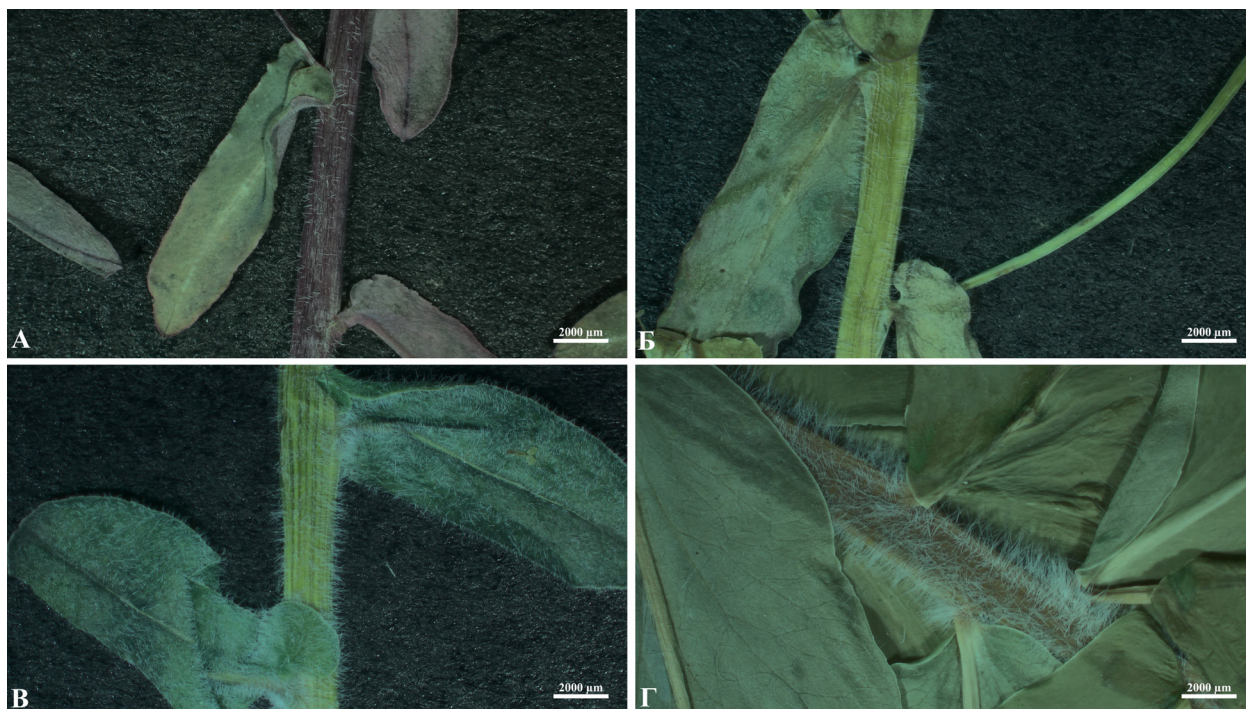


Рис. 4 / Fig. 4. Опушение побега в срединной части видов рода *Euphorbia*: А – *E. alpina*; Б, В – *E. geltmanii*, Г – *E. pilosa*.

белыми простыми волосками, количество которых постепенно увеличивается к верхушке побега. Побеги в числе 1–3, прямые, не образующие боковых ветвей, только генеративные. Главный корень шаровидно утолщён в верхней части. Утолщения корня диаметром до 2,5 см. Стебель тонкий, до 4 мм в диаметре, с явными бороздками. Нижние листья бурые, чешуевидные, при плодоношении остающиеся. Срединные листья продолговатые, снизу обильно опушены жёсткими белыми волосками, стеблеобъемлющие, из сердцевидного основания, 1–1,5 см длиной, 0,3–0,6 см шириной, на верхушке выемчатые. Листочки обёрточки парные, ланцетные, 4–10 мм длиной и 2–5 мм шириной, также опушённые с нижней стороны. Верхушечный зонтик не развит, боковые лучи в основном однажды дихазиально разветвленные, реже таких ветвлений 2 или лучи вовсе простые, в количестве от 10 до 20. Обертка цитатия колокольчатая, снаружи голая, внутри опушённая белыми длинными волосками. Нектарники в числе 4, эллиптические, светло-бурые. Коробочки известны только незрелые, густо усаженные коническими выростами. Столбики на $\frac{1}{3}$ длины сросшиеся, наверху двунадрезанные. Рыльца верхушечные, мелкие, тёмные.

Тип: «Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Маркакольский район,

хребет Сарлытан, перевал Тиккабак, 48°42'49"N, 86°00'19.80"E, 1785 м над ур. м. 28 V 2025. Г. А. Болботов» (рис. 1) (голо – ALTB1100086100; изо – ALTB1100081022, ALTB1100086466, ALTB1100086449, ALTB1100084343).

Экология. Лиственничные редколесья с субальпийскими луговинами.

География. *Euphorbia geltmanii* в настоящее время известен только из типового местонахождения в Восточном Казахстане. Он произрастает на хребте Сарлытан. Интересно, что этот вид встречается близ южной границы ареалов *E. pilosa* и *E. alpina* (рис. 2).

Родство. От наиболее близкого *E. alpina* отличается характером опушения (рис. 3), в частности длиной волосков, малочисленными побегами (1–3), а также шаровидным утолщением главного корня (рис. 4). От *E. pilosa* отличается парными листочками обёрточки и формой листьев (табл. 2).

Этимология. Вид назван в честь д. б. н. Дмитрия Викторовича Гельтмана, крупнейшего специалиста по систематике рода *Euphorbia* в России.

Молекулярно-генетическое исследование

Морфологически *E. geltmanii* демонстрирует признаки секции *Helioscopia*, но шаровидно-

утолщённый главный корень – признак, более типичный для видов секции *Holophyllum*.

Для филогенетического исследования нами были взяты морфологически близкие к *E. geltmanii* виды (представители секции *Helioscopia*) с территории Алтайской горной страны, а также представители секции *Holophyllum*, в частности *E. rapulum*, имеющий схожий шаровидно утолщённый главный корень (рис. 5).

Полученное филогенетическое дерево разделилось на две клады, которые соответствуют секциям *Holophyllum* и *Helioscopia*. В кладе секции *Helioscopia* сразу же обособляется *E. altaica*. Стоит заметить, что в молекулярно-генетических работах по подроду *Esula* (Kryukov et al., 2010; Riina et al., 2013) этот вид также обособляется и уходит в подкладу к средиземноморским видам. Филогенетические связи *E. altaica* подробно обсуждаются в работе, посвящённой *E. carniolica* (Kirschner et al., 2023). Ранее К. С. Байков, ос-

новываясь на морфологических признаках, выделял этот вид в отдельную подсекцию *Altaicae* Baikov (Baikov, 1994). Следующим на дереве обособляется *E. alataunica*. Далее мы наблюдаем три кластера. Первый кластер объединяет виды, распространённые в Западном Тянь-Шане и горных хребтах Восточного Казахстана и Западного Сибиря: *E. buchtormensis*, *E. subamplexicaulis* и *E. pachyrrhiza*. Второй представлен двумя эндемиками АГС – *E. alpina* и *E. macrorrhiza* – и *E. pilosa*. Для этой группы характерно отсутствие верхушечного зонтика. В третий кластер входят два алтае-тяньшанских вида – *E. soongarica* и *E. lamprocarpa*; это очень крупные, от 50 до 200 см, голые растения с развитым верхушечным зонтиком и ланцетными листьями. *Euphorbia geltmanii* на представленном филогенетическом дереве обособляется от морфологически близких видов, однако его положение остается неопределённым: в байесовском анализе он поа-

Таблица 2 / Table 2. Отличительные признаки *Euphorbia alpina*, *E. pilosa* и *E. geltmanii*

Признаки	<i>E. alpina</i>	<i>E. pilosa</i>	<i>E. geltmanii</i>
Опушение	Растения голые или опушённые короткими белыми волосками 0,2–0,5 мм дл. Срединные листья также могут быть опушёнными.	Растения опушены белыми длинными волосками 0,8–1,5 мм дл., количество которых постепенно увеличивается к верхушке побега. Листья в нижней опушены длинными белыми волосками.	Растения опушены длинными белыми волосками 0,5–1 мм дл., количество которых постепенно увеличивается к верхушке побега. Листья и листочки обёртки опушены с нижней части, на верхней стороне могут попадаться единичные волоски.
Главный корень	Корни веретеновидно утолщённые, одревесневающие	Корни слабо утолщённые, б. м. одревесневающие, веретеновидные. Изредка встречаются формы с шаровидным утолщением главного корня.	Главный корень шаровидно утолщённый.
Листочки обёртки	Все листочки обёртки парные, из округлого или слегка сердцевидного основания широкояйцевидные или почти округлые.	Наружные листочки обёртки тройчатые, из клиновидного основания обратнояйцевидные. Верхние – парные, эллиптические.	Все листочки обёртки парные, ланцетные.
Форма срединных листьев	Срединные листья варьируют от обратнояйцевидных и стеблеобъемлющих к широкоэллиптическим с округлым основанием.	Срединные листья продолговато-обратнояйцевидные или обратоланцетные, наиболее широкие выше середины, из округленного или ширококлиновидного основания.	Срединные листья продолговатые, стеблеобъемлющие, из сердцевидного основания.
Число побегов	Побеги многочисленные, от 3 до 12 шт.	Побеги как одиночные, так и многочисленные, в числе 3–5.	Побеги в числе 1–3.

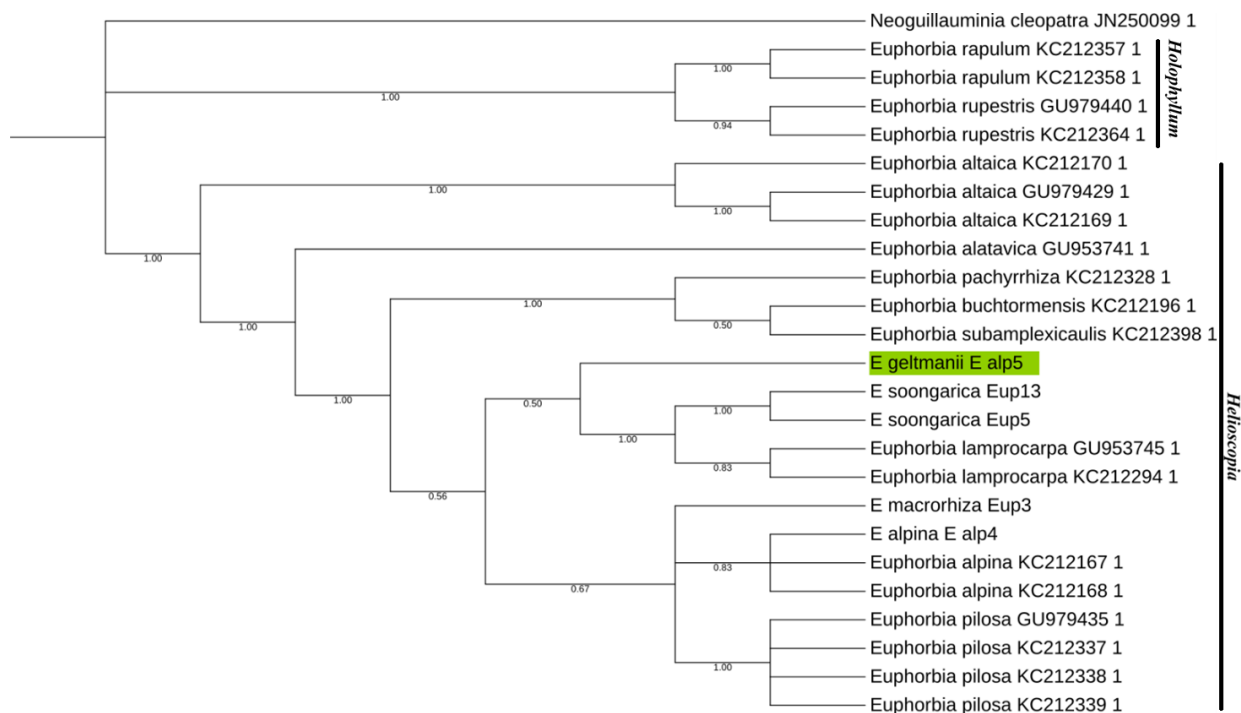


Рис. 5 / Fig. 5. Филогенетическое дерево, построенное на основе фрагмента ITS ядерной ДНК для образцов рода *Euphorbia* (MrBayes, под узлами указана апостериорная вероятность, PP).

дает в кластер с *E. soongarica* и *E. lamprocarpa*, однако апостериорная вероятность этого узла крайне низка (PP = 0,54). Таким образом, несмотря на морфологическую близость к *E. alpina*, молекулярные данные свидетельствуют о генетической обособленности *E. geltmanii*, которая, однако, не позволяет однозначно определить его филогенетические связи в пределах секции *Helioscopia*.

При анализе ITS-последовательностей морфологически близких видов, а также *E. soongarica* и *E. lamprocarpa* было обнаружено, что у *E. geltmanii* имеются единичные нуклеотидные замены (табл. 3). Секвенированный в ходе работы ITS-фрагмент варьировал от 668 до 718 нуклеотидов. При сравнении выявлена одна стабильная нуклеотидная замена (поз. 537, транзигция), уникальная для *E. geltmanii*, а также две позиции (поз. 142, 189), в которых *E. geltmanii* отличается от большинства образцов, однако у некоторых родственных видов отмечены позиции с двойным сигналом. С наиболее близким по морфологическим признакам видом – *E. alpina* – выявлена 1 трансверсия (поз. 142) и 5 транзигций (поз. 189, 485, 537, 539, 578). При сравнении с *E. pilosa* у *E. geltmanii* выявлены две трансверсии (поз. 127, 142), однако в позиции 142 у образцов *E. pilosa* KC212338.1 и

KC212339.1 отмечен двойной сигнал (S = C/G), тогда как у остальных исследованных образцов этого вида в данной позиции находится G, а у *E. geltmanii* – C, и 5 транзигций (поз. 189, 485, 537, 539, 578). Кроме того, в позициях 471, 482 и 579 у двух образцов *E. pilosa* KC212338.1 и KC212339.1 также зарегистрирован двойной сигнал (R = A/G), в то время как у остальных образцов вида в этих позициях находится A, а у *E. geltmanii* – G. По сравнению с *E. soongarica* и *E. lamprocarpa*, у нового вида обнаружены одна трансверсия (поз. 142) и 7 транзигций (поз. 87, 106, 189, 197, 537, 578, 598). Дополнительно от *E. soongarica* его отличают две транзигции (поз. 59, 529), а от *E. lamprocarpa* – одна транзигция (поз. 66). Наконец, от *E. macrorrhiza* *E. geltmanii* отличается десятью нуклеотидными заменами: одной трансверсией (поз. 142) и 9 транзигциями (поз. 101, 139, 189, 197, 425, 438, 485, 537, 539). Следовательно, диагностическими признаками *E. geltmanii* являются уникальная замена в позиции 537, а также позиции 142 и 189, в которых у части образцов близких видов наблюдается двойной пик. Это подтверждает его генетическую обособленность от других представителей секции *Helioscopia*. Количество нуклеотидных замен между новым видом и родственными таксонами достигает как минимум шести.

Таблица 3. Нуклеотидные замены в исследованных видах *Euphorbia*

Позиция	50	59	66	87	97	101	106	126	127	139	142	173	189
<i>E. alpina</i> KC212168.1	C	C	C	C	A	G	C	C	G	T	A	T	G
<i>E. alpina</i> KC212167.1	.	.	.	.	.	.	.	Y	.	.	.	R	.
<i>E. alpina</i> (E.alp4)	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	R
<i>E. pilosa</i> KC212338.1	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	S	C	.
<i>E. pilosa</i> KC212337.1	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	G	C	.
<i>E. pilosa</i> KC212339.1	.	.	.	.	W	.	.	.	T	.	S	C	.
<i>E. pilosa</i> GU979435.1	.	.	.	.	T	.	.	.	T	.	G	C	.
<i>E. geltmanii</i> (E.alp5)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	C	A
<i>E. macrorhiza</i> (Eup3)	.	.	.	.	.	A	.	T	.	C	G	C	.
<i>E. soongarica</i> (Eup13)	.	T	.	T	.	.	T	.	.	.	G	C	.
<i>E. soongarica</i> (Eup5)	.	T	.	T	.	.	T	.	.	.	G	C	.
<i>E. lamprocarpa</i> GU953745.1	.	.	T	T	.	.	T	T	.	.	G	C	.
<i>E. lamprocarpa</i> KC212294.1	.	.	T	T	.	.	T	.	.	.	G	C	.
Позиция	197	425	438	471	482	485	529	537	539	578	579	585	598
<i>E. alpina</i> KC212168.1	H	C	A	G	G	C	C	C	G	C	G	C	C
<i>E. alpina</i> KC212167.1	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>E. alpina</i> (E.alp4)	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>E. pilosa</i> KC212338.1	C	.	.	R	R	.	.	.	.	.	R	.	.
<i>E. pilosa</i> KC212337.1	C	.	.	A	A	.	.	.	.	.	A	.	.
<i>E. pilosa</i> KC212339.1	C	.	.	R	R	.	.	.	.	.	R	.	.
<i>E. pilosa</i> GU979435.1	C	.	.	A	A	.	.	.	.	.	A	A	.
<i>E. geltmanii</i> (E.alp5)	C	.	.	.	.	T	.	T	A	T	.	.	.
<i>E. macrorhiza</i> (Eup3)	T	T	G	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.
<i>E. soongarica</i> (Eup13)	T	.	.	.	.	T	T	.	A	.	.	.	T
<i>E. soongarica</i> (Eup5)	T	.	.	.	.	T	T	.	A	.	.	.	T
<i>E. lamprocarpa</i> GU953745.1	T	.	.	.	.	T	.	.	A	.	.	.	T
<i>E. lamprocarpa</i> KC212294.1	T	.	.	.	.	T	.	.	A	.	.	.	T

Заключение

В результате проведённого исследования описан новый для науки вид молочая с хребта Сарлытан (Восточный Казахстан) – *Euphorbia geltmanii* I. Shestakov et Shmakov, sp. nov.

Морфологически новый вид наиболее близок к *E. alpina*, от которого отличается совокупностью признаков: шаровидно утолщённым корнем, характером опушения и длиной волосков, а также количеством побегов. Опушение у *E. geltmanii* обнаруживает сходство с *E. pilosa*, однако они отчётливо отличаются друг от друга

по совокупности морфологических признаков, таких как количество листочков обёртки и форма листьев.

Молекулярно-филогенетический анализ ITS-фрагмента ядерной ДНК подтвердил генетическую обособленность *E. geltmanii* от морфологически сходных видов секции *Helioscopia*.

Благодарности

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Алтайского государственного университета по теме № FZMW-2026-0006.

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Baikov K. S.** 1994. Position of Siberian species in the system of the genus *Euphorbia* L. *Byull. Moskovsk. Obshch. Isp. Prir., Otd. Biol.* 99, 6: 122–128. [In Russian] (**Байков К. С.** Положение сибирских видов в системе рода *Euphorbia* L. // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1994. Т. 99, вып. 6. С. 122–128).
- Baikov K. S.** 1996. Family Euphorbiaceae Juss. In: *Flora Sibiriae [Flora of Siberia]*. Vol. 10. Geraniaceae – Cornaceae. Novosibirsk: Nauka. Pp. 38–58. [In Russian] (**Байков К. С.** Сем. Euphorbiaceae – Молочайные // Флора Сибири. Т. 10. Geraniaceae – Cornaceae. Новосибирск: Наука, 1996. С. 38–58).
- Baikov K. S.** 2001. Conspect of section *Tulocarpa* (*Euphorbia*, Euphorbiaceae) in Northern Asia. *Turczaninowia* 4, 4: 37–63. [In Russian] (**Байков К. С.** Конспект секции *Tulocarpa* рода *Euphorbia* в Северной Азии // *Turczaninowia*, 2001. Т. 4, № 4. С. 37–63).
- Baikov K. S.** 2007. *Euphorbia Asiae Borealis [Euphorbias of North Asia]*. Novosibirsk: Nauka. 362 pp. [In Russian] (**Байков К. С.** Молочай Северной Азии. Новосибирск: Наука, 2007. 362 с.).
- Boissier P. E.** 1862. Euphorbiaceae – Euphorbieae. In: A. de Candolle (ed.). *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. Vol. 15(2). Parisiis. Pp. 122–123.
- Edler D., Klein J., Antonelli A., Silvestro D.** 2020. raxmlGUI 2.0: A graphical interface and toolkit for phylogenetic analyses using RAxML. *Methods Ecol. Evol.* 12, 2: 373–377. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13512>
- Govaerts R., Frodin D., Radcliffe-Smith A.** 2000. World checklist and bibliography of Euphorbiaceae (with Pandaceae). Kew: Royal Botanic Gardens. 1621 pp.
- Horn J. W., van Ee B. W., Morawetz J. J., Riina R., Steinmann V. W., Berry P. E., Wurdack K. J.** 2012. Phylogenetics and the evolution of major structural characters in the giant genus *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae). *Mol. Phylogenetics Evol.* 63(2): 305–326. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.12.022>
- Kirschner P., Závěská E., Hülber K., Wessely J., Willner W., Schönschwetter P., Frajman B.** 2023. Evolutionary dynamics of *Euphorbia carniolica* suggest a complex Plio-Pleistocene history of understorey species of deciduous forest in southeastern Europe. *Mol. Ecol.* 32(19): 5350–5368. <https://doi.org/10.1111/mec.17102>
- Kryukov A. A., Geltman D. V., Machs E. M., Rodionov A. V.** 2010. Phylogeny of *Euphorbia* subgenus *Esula* (Euphorbiaceae) inferred on the sequences of ITS1–5.8S rDNA–ITS2. *Bot. Zhurn.* 95(6): 801–819. [In Russian] (**Крюков А. А., Гельтман Д. В., Мачс Э. М., Родионов А. В.** Филогения видов подрода *Esula* рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae) по результатам сравнительного анализа последовательностей района ITS1–5.8S рДНК–ITS2 // Бот. журн., 2010. Т. 95, № 6. С. 801–819).
- Kumar S., Stecher G., Suleski M., Sanderford M., Sharma S., Tamura K.** 2024. Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 12 for adaptive and green computing. *Mol. Biol. Evol.* 41, 12: msae263. <https://doi.org/10.1093/molbev/msae263>
- Kutsev M. G., Uvarova O. V., Sinitsyna T. A.** 2014. Set of synthetic oligonucleotides for amplification and sequencing ITS1–5.8S–ITS2 of vascular plant. Russian Patent No. RU 258063 C1. Byulleten No. 25. [In Russian] (**Куцев М. Г., Уварова О. В., Синицына Т. А.** Набор синтетических олигонуклеотидов для амплификации и секвенирования ITS1–5.8s–ITS2 сосудистых растений // Патент No RU 258063 C1. Бюл. № 25).
- Ledebour C. F.** 1850. *Euphorbia*. In: *Flora Rossica*. Vol. 3, pars 2. Stuttgartiae. Pp. 557–580.
- Prokhanov Ya. I.** 1933. *Systematical review of the Spurge of Middle Asia*. Moscow; Leningrad: The State Chemical and Technical Publishing House. 241 pp. [In Russian] (**Проханов Я. И.** Систематический обзор молочаев Средней Азии. М.; Л.: Гос. хим.-техн. изд-во, 1933. 241 с.).
- Prokhanov Ya. I.** 1949. Genus *Euphorbia* L. In: V. L. Komarov (ed.). *Flora URSS [Flora of USSR]*. Mosqua; Leningrad: Editio Academiae Scientiarum URSS. Vol. 14. Pp. 304–495. [In Russian] (**Проханов Я. И.** Род молочай – *Euphorbia* L. // Флора СССР. Под ред. В. Л. Комарова. Т. 14. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С. 304–495).
- Riina R., Peirson J. A., Geltman D. V., Molero J., Frajman B., Pahlevani A., Barres L., Morawetz J. J., Salmaki Y., Zarre S., Kryukov A., Bruyns P. V., Berry P. E.** 2013. A worldwide molecular phylogeny and classification of the leafy spurge, *Euphorbia* subgenus *Esula* (Euphorbiaceae). *Taxon* 62(2): 316–342. <https://doi.org/10.12705/622.3>
- Ronquist F., Huelsenbeck J. P.** 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19(12): 1572–1574. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180>