

НОВЫЙ ВИД РОДА *ELYMUS* (POACEAE) ИЗ ГОРНОГО АЛТАЯ

А.В. Агафонов¹, Е.В. Кобозева¹, В. Salomon²

¹Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: agalex@mail.ru, ekobozeva87@mail.ru
²Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Plant Breeding,
P.O. Box 101 SE-23053 Alnarp, Sweden, e-mail: Bjorn.Salomon@slu.se

Описан новый вид *Elymus margaritae* Agafonov, Kobozeva et B. Salomon (триба *Triticeae* Dum.) из Горного Алтая (Республика Алтай). Приведены данные об особенностях морфологии и некоторые молекулярно-генетические характеристики вида. По морфологическим признакам новый вид наиболее близок к *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev, а по результатам ISSR-анализа выявлено родство с StY-геномными видами *E. fedtschenkoii* Tzvelev и *E. abolinii* (Drob.) Tzvelev. Вид найден на горе Красная (Усть-Коксинский р-н), Катунском хребте и на плато Укок на высотах выше 2000 м. Определено число хромосом $2n = 4x = 28$.

Ключевые слова: *Triticeae*, *Elymus*, новый вид, Республика Алтай.

NEW SPECIES OF THE GENUS *ELYMUS* (POACEAE) FROM THE ALTAI MOUNTAINS

A.V. Agafonov¹, E.V. Kobozeva¹, B. Salomon²

¹Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: agalex@mail.ru, ekobozeva87@mail.ru
²Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Plant Breeding,
P.O. Box 101 SE-23053 Alnarp, Sweden, e-mail: Bjorn.Salomon@slu.se

A new species *Elymus margaritae* Agafonov, Kobozeva et B. Salomon (*Triticeae* Dum.) from Altai Mountains (Republic Altai) is described. Data on morphology and some molecular and genetic characteristics of the species are provided. On morphological characters it is most closest to *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev. By results of the ISSR analysis the close relation *E. margaritae* with StY-genomic species *E. fedtschenkoii* Tzvelev and *E. abolinii* (Drob.) Tzvelev was revealed. The new species is distributed on the Krasnaya Mountain (Ust-Koksinsky dist.), Katunsky Range and Ukok Plateau. The chromosome number $2n = 4x = 28$ was specified.

Key words: *Triticeae*, *Elymus*, a new species, Republic Altai.

Во время полевых работ 2006 г. на плоскогорье Укок Республики Алтай нами был собран образец рода *Elymus* L. AUK-0650 (H 10939), который первоначально был определен как морфологически отклоняющаяся форма *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev, встречающегося в горах Алтая (Пешкова, 1990). Основными отличительными признаками этого образца были укороченные колосья – 6–10 см (у *E. komarovii*, согласно С.А. Невскому (1932), они обычно 8.5–15 см), широкие и круто заостренные колосковые чешуи (КЧ) и более короткие ости нижних цветковых чешуй (НЦЧ). Большая часть изученных нами особей *E. komarovii*, включая популяции из классического местообитания в Восточном Саяне (GAR-0501 и ULZ-0503), обладает острыми, заостренными или усеченными верхушками верхних цветковых чешуй (ВЦЧ). Исходя из ранее предложенной идентификации геномной конституции при помощи морфологических признаков (Salomon, Lu, 1992), этот вид с

большой вероятностью относится к StH-геномной группе, хотя цитологическими или молекулярно-генетическими методами это подтверждено не было. Позднее у образца AUK-0650 был выявлен признак, значительно отличающий его от образцов *E. komarovii*, но характерный для StY-геномных видов, – узко закругленные ВЦЧ. В 2010 г. схожие по морфологии образцы были собраны на горе Красная (Усть-Коксинский р-н, горный массив на стыке хребтов Катунский и Холзун) в достаточно многочисленной и географически обособленной популяции GUK-1009 (H 10993).

Только два вида StY-геномной группы *Elymus* отмечены для южных хребтов Российского Алтая – это *E. gmelinii* (Ledeb.) Tzvelev и *E. fedtschenkoii* Tzvelev. Помимо них на территории Алтайской горной страны (Казахстан и Китай) встречается еще один вид с геномом StY – *E. abolinii* (Drob.) Tzvelev. Но собранные нами образцы AUK-0650 и GUK-1009 морфологически не могут быть иденти-

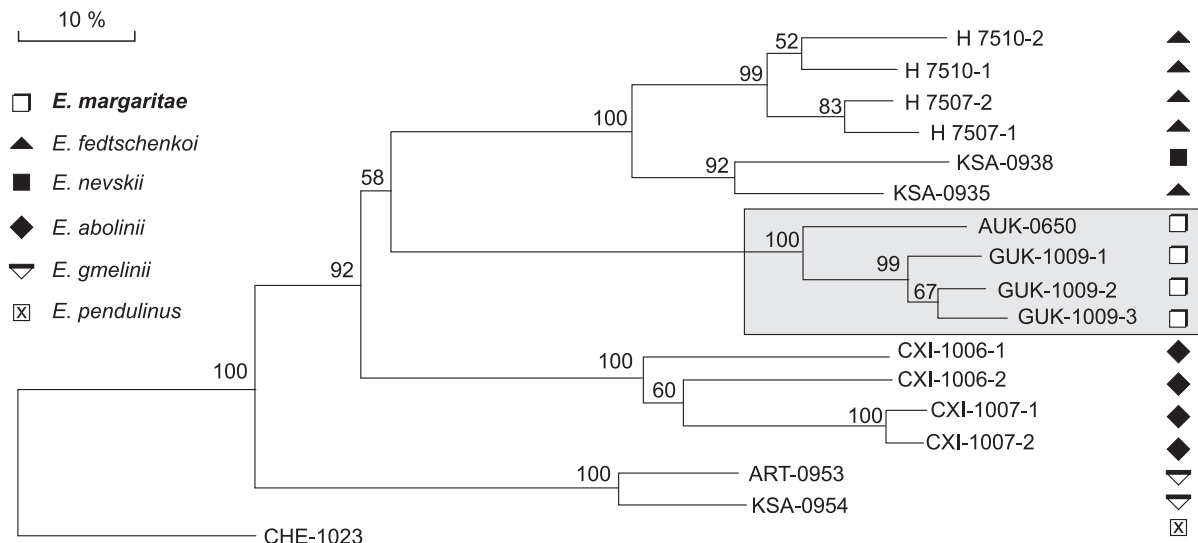


Рис. 1. Консенсусная NJ дендрограмма, построенная на основе данных по ISSR-PCR-спектрам *Elymus margaritae*, *E. fedtschenkoi*, *E. nevskii*, *E. abolinii*, *E. gmelinii* и *E. pendulinus*.

В узлах указаны значения бутстреп поддержки. Шкала вверху – генетические расстояния по Nei, Li (1979).

фицированы как *E. gmelinii*, *E. fedtschenkoi* или *E. abolinii*. Так, от *E. fedtschenkoi* эти образцы отличаются не только более мелкими колосковыми чешуями и короткими остями НЦЧ, но и остро закругленными ВЦЧ, которые близки по форме чешуй у *E. abolinii*, пока не найденного в Русском Алтае (Агафонов и др., 2015).

В течение последних лет нами не только изучались морфологические признаки собранных образцов, но также проводились сравнительные исследования с применением SDS-электрофореза белков эндосперма и ISSR-маркеров с использованием доступных образцов других StY-геномных видов. Так, была изучена изменчивость запасных белков эндосперма у образцов AUK-0650 и GUK-1009 в сравнении с выборочными образцами *E. fedtschenkoi*, *E. gmelinii* и *E. abolinii* из разных точек ареалов. Электрофореграмма показала, что AUK-0650 и GUK-1009 значительно отличаются по компонентному составу спектров от образцов других видов (Агафонов и др., 2015).

Для изучения полиморфизма межмикросателлитных последовательностей ДНК (ISSR) были применены наиболее эффективные праймеры: 17899B, M1, M2, M11, HB14 и HB12. Как следовало из консенсусной дендрограммы, включающей 48 образцов StY-геномных видов рода, образцы AUK-0650 и GUK-1009 сформировали одну обособленную кладу, что подтверждает их близкое родство. Расположение этих образцов в общем кластере с *E. abolinii* между кладами *E. fedtschenkoi* и среднеазиатского вида *E. praeruptus* Tzvelev свидетельствует о том, что они также принадлежат к StY-геномной группе (Кобозева и др., 2013). Для подтверждения полученных результатов и сравне-

ния генетических признаков изучаемых образцов с морфологически и генетически близкими видами была построена дендрограмма с включением видов, произрастающих на территории Алтайской горной страны: *E. fedtschenkoi*, *E. nevskii* Tzvelev, *E. abolinii* (рис. 1). Образцы видов *E. pendulinus* (Nevski) Tzvelev и *E. gmelinii* с общим геномом (но наиболее отдаленные) использовались в качестве реперных. При этом образцы AUK-0650 и GUK-1009 сформировали общую кладу с образцами *E. fedtschenkoi* и *E. nevskii*. Кроме того, близко к ним расположились образцы *E. abolinii*. Анализ данных дендрограммы подтвердил не только сходство образцов AUK-0650 и GUK-1009, но и их генетическое родство с StY-геномными видами, произрастающими с ними на одной территории.

На основе комплексного изучения образцов AUK-0650 и GUK-1009 нами сделан вывод о существовании в Горном Алтае нового обособленного вида *Elymus margaritae*. В соответствии с «Международным кодексом номенклатуры для водорослей, грибов и растений» (McNeill et al., 2012) описание нового вида дано на английском языке.

***Elymus margaritae* Agafonov, Kobozeva et B. Salomon, sp. nova.**

Tufted perennial plants. Culms green and variably glaucous, glabrous, 60–90 cm tall. Nodes dark green-brown to blackish, glabrous. Leaf-blades flat, up to 40 cm long and 12 mm broad, adaxial side scabrous or sparsely villous, abaxial side glabrous. Leaf-sheaths glabrous. Spikes usually dense and secund, erect at flowering, 6–10 cm long, 0.5–0.7 cm wide, with 8–20 spikelets, graying greening or glaucous with slight violet colour at mature age. Rhachis internodes 3–5 mm long, with setulose margins, glabrous on the back.

Spikelets sessile, 10–15 mm long and with 3–4 developed flowers. Glumes subequal, broadly lanceolate, often with additional tooth and abruptly into a short cusp up to 2–9 mm long, with glaucous scarious margins and 4–6 prominent nerves, the lowest glume shorter than adjoining lemma (length ratio $k = L_{GL}/L_{LEM} = 0.6–0.9$), abaxial side scabrous on nerves and scabrous to almost glabrous between the nerves, adaxial side glabrous but sometimes puberulous at the base. Lemma broadly symmetrically lanceolate, 5-nerved, 10–12 mm long, into a more or less straight scabrous awn, 5–12 mm long, the abaxial side densely puberulous to pubescent. Palea equal or slightly shorter than lemma, with narrow-rounded tip, keels with small flattened cilia more than 100 cilia on each keel, glabrous between the keels except near the top of the palea. Rhachilla puberulous to pubescent. Anthers 1–1.5 mm long, yellow.

Holotype: Russia, “Republic Altai, Ust-Kokinsky district, the Krasnaya-Mountain, alt. 2028 m N 50°4.495' E 85°13.073', subalpine association, complex of stony placers and alms, 02 VIII 2010, 2n = 28, D. Nikonova, E. Kobozeva” (NSK0000658, isotypus – NSK0000659) (fig. 2).

Habitat. Subalpine association, complex of stony placers and alms.



Рис. 2. Голотип *Elymus margaritae* (NSK0000658).

Geographical distribution. Russia, Republic Altai: Krasnaya-Mountain, Katunsky Range, Plateau Ukok, alt. 2000–3000 m.

Affinity. The species morphologically close to *E. komarovii* (Nevski) Tzvelev with the unconfirmed genomic constitution. It differs from the last by compact spikes, wider glumes, transient into an awn or an awn up to 9 mm, rounded top of palea and shorter lemma awns (fig. 3, 4). Phylogenetically it is close to Altai biotypes of StY-genomic species of *E. fedtschenkoi* Tzvelev and *E. abolinii* (Drob.) Tzvelev.

Многолетние рыхлодерновинные растения. Стебли сизовато-зеленые 60–90 см выс., голые.



Рис. 3. Нативные колосья с разных растений: 1, 2 – *E. fedtschenkoi* KSA-0935 (Алтай); 3, 4 – *E. komarovii*: TAL-0634 (Алтай), GAR-0501 (Вост. Саян); 5, 6 – *E. margaritae* GUK-1009.



Рис. 4. Фрагменты осей колосьев с колосковыми чешуями с разных растений видов *Elymus*: 1 – *E. fedtschenkoi* KSA-0935; 2, 3 – *E. komarovii* GAR-0501 (2) и TAL-0634 (3); 4–6 – *E. margaritae* GUK-1009.

Узлы стеблей голые и гладкие, от зеленовато-коричневых до темно-коричневых. Листья плоские, до 40 см дл. и до 12 мм шир., голые или с верхней стороны с рассеянными или плотными волосками. Влагалища листьев голые. Колосья 6–10 см дл., 0.5–0.7 см шир., прямостоячие, плотные, часто односторонние, с числом колосков до 20, серовато-зеленые или с антоциановым оттенком при созревании. Ось колоса голая, по ребрам с короткими жесткими щетинками с промежутками между уступами 3–5 мм. Колоски сидячие, 10–15 мм дл. с 3–4 развитыми цветками. Колосковые чешуи немного неравные, широколанцетные, на верхушке круто заостренные, часто с дополнительными зубцами, с остевидным заострением 2–3 мм или с прямой остью до 9 мм дл., с 4–6 жилками, по жилкам шероховатые, короче прилегающей цветковой чешуи (соотношение длин $k = L_{\text{КЧ}}/L_{\text{НЦЧ}}$ варьирует в пределах 0.6–0.9). Наружная поверхность колосковых чешуй по жилкам шероховатая и почти гладкая между жилками, внутренняя поверхность голая или иногда короткошиповатая у основания. Нижние цветковые чешуи симметричные, широколанцетные, с 5 жилками, 10–12 мм дл., плотно покрыты короткими волосками, на верхушке с прямой остью 5–12 мм дл. Верхние цветковые чешуи равны нижним или немного короче их, на верхушке узко закругленные, по килям с негустыми короткими ресничками в количестве более чем 100 на каждом, между килями голые. Ось колоска покрыта густыми длинными волосками. Пыльница около 1–1.5 мм дл., желтые.

Голотип: Россия, “Республика Алтай, Усть-Коксинский р-н, гора Красная, alt. 2028 м, N 50°4.495' E 85°13.073', подгольцово-ерниковое сообщество, комплекс курумов и высокогорных лугов. 02 VII 2010, 2n = 28, Д. Никонова, Е. Кобозева” (NSK0000658, изотип – NSK0000659) (рис. 2).

Встречается на горе Красная, Катунском хребте и плато Укок на высотах 2000–3000 м над ур. м.

Родство: Морфологически близок *E. kotarovii* (Nevski) Tzvelev с неподтвержденной геномной конституцией. От последнего отличается компактными колосьями, более широкими колоско-

выми чешуями, переходящими в острие или ость до 9 мм дл., закругленной верхушкой верхних цветковых чешуй и более короткими остями нижних цветковых чешуй (рис. 3, 4). Филогенетически близок к алтайским биотипам StY-геномных видов *E. fedtschenkoi* Tzvelev и *E. abolinii* (Drob.) Tzvelev.

Паратипы (3): Республика Алтай, Кош-Агачский р-н, пл. Укок, 80 м сев. автотрассы, каменистый луг в долине ручья, alt. 2438 м, N 49°30.418' E 88°05.012', 05 VIII 2006, А. Агафонов, В. Salomon (NSK0000660, NSK0000661); Республика Алтай, Кош-Агачский р-н, Национальный парк “Сайлюгемский”, кластер “Аргут”. Вост. отроги Катунского хр., долина р. Бортулдаг в верхнем течении, левый борт. 2152 м над ур. м., 49°59.812' с.ш. 86°50.377' в.д. Злаково-разнотравно-змееголовниковый альпийский луг. 02 VIII 2015 г. И. Артемов.

Здесь следует отметить, что секционный состав рода нуждается в пересмотре в связи с современными данными о геномной конституции видов, отражающими основные филогенетические ветви эволюции (Агафонов, 2009; Кобозева, 2012). В дальнейшем предполагается уточнить распространение нового вида, пределы его морфологической изменчивости, геномной конституции, а также изучить генетическую специфичность, возможность гибридизации с близкородственными видами и способность к межвидовой интродукции.

Хромосомные числа образцов *E. margaritae* были определены с.н.с. А.А. Красниковым.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность коллегам из ЦСБС СО РАН д-ру биол. наук С.В. Овчинниковой за ценные советы при написании статьи, с.н.с. А.А. Красникову за работу в ЦКП ЦСБС СО РАН, а также канд. биол. наук Д.Е. Никоновой и сотрудникам Горно-Алтайского ботанического сада (пос. Камлак, Республика Алтай) за содействие в проведении экспедиционных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 11-04-00861.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов А.В.** Секционный состав рода *Elymus* (*Poaceae*) в азиатской части России на основе геномной системы классификации и принципа рекомбинационных и интрогрессивных генпулов // Материалы Всерос. конф. “Проблема и стратегия сохранения биоразнообразия растительного мира Северной Евразии” (9–11 сент. 2009 г., Новосибирск). Новосибирск, 2009. С. 4–6.
- Агафонов А.В., Кобозева Е.В., Salomon В.** Экспериментальное подтверждение существования двух новых видов рода *Elymus* L. (*Poaceae*) в Горном Алтае // V Междунар. науч. конф. “Проблемы изучения растительного покрова Сибири” (20–22 окт. 2015 г., Томск). Томск, 2015. С. 52–55.
- Кобозева Е.В.** Взаимосвязь формы верхних цветковых чешуй и геномной конституции у видов рода *Elymus* (*Triticeae: Poaceae*) и их применение для целей таксономии // Материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. “Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии” (28–31 авг. 2012 г., Барнаул). Барнаул, 2012. С. 105–109.

- Кобозева Е.В., Агафонов А.В., Salomon B.** Взаимоотношения между центрально-азиатскими видами *Elymus fedtschenkoi*, *E. nevskii* и *E. praeruptus* (Triticeae: Poaceae), выявляемые на основании межвидовой гибридизации, изменчивости запасных белков эндосперма и молекулярных ISSR маркеров // Материалы Всерос. конф. "Растительный мир Северной Азии: проблемы изучения и сохранения биоразнообразия" (1–3 окт. 2013 г., Новосибирск). Новосибирск, 2013. С. 66–68.
- Невский С.А.** К систематике рода *Agropyrum* Gaertn. // Изв. Бот. сада АН СССР / Под ред. В.Л. Комарова. 1932. Т. XX, вып. 5–6. С. 621.
- Пешкова Г.А.** *Elymus* L. – Пырейник // Флора Сибири. Новосибирск, 1990. Т. 2. С. 17–32.
- McNeill J., Barrie F.R., Buck W.R. et al.** International code of nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code) adopted by the eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. Kőgnigstein, 2012. 232 p.
- Nei M., Li W.-H.** Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases // Proc. of Nat. Acad. of Sciences of USA. 1979. V. 76, No. 10. P. 5269–5273.
- Salomon B., Lu B.-R.** Genomic groups, morphology and sectional delimitation in Eurasian *Elymus* (Poaceae, Triticeae) // Plant Syst. Evol. 1992. V. 180, No. 1. P. 1–13.