

БОТАНИКА

Научная статья
УДК 582.572 : 581.52(571.151)
doi: 10.17223/19988591/72/4

***Allium altaicum* на территории Горного Алтая: состояние ценопопуляций, репродуктивный потенциал, перспективы для интродукции**

**Алексей Сергеевич Прокопьев¹, Татьяна Николаевна Катаева²,
Михаил Сергеевич Ямбуров³**

^{1, 2, 3} Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Сибирский ботанический сад, Томск, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-3409-9745>, rareplants@list.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-3132-1926>, gentianka@mail.ru

³ <https://orcid.org/0000-0001-6664-2311>, yamburov@mail.ru

Аннотация. Лук алтайский (*Allium altaicum*) – редкий и ценный пищевой, лекарственный и витаминоносный вид природной флоры Алтая, имеющий ресурсное значение. Встречается в широком диапазоне высот, от горностепного пояса до альпийских высокогорий. В статье приведены данные по распространению и состоянию ценопопуляций этого вида на территории Горного Алтая. Изучены фитоценотическая приуроченность, демографические характеристики ценопопуляций, особенности сезонного ритма развития, морфологии и репродуктивной биологии. Основные морфологические и репродуктивные характеристики лука алтайского в природе оценены в сравнении с культурными образцами. Исследованные местообитания вида приурочены к крутым, щебнистым и каменистым склонам световых экспозиций, где его обилие варьирует от sol до sora. На подвижных щебнистых осыпях лук алтайский выступает абсолютным доминантом. Для всех ценопопуляций *A. altaicum* установлен центрированный тип онтогенетического спектра с максимумом на зрелых генеративных особях. Ценопопуляции нормального типа, полночленные и неполночленные. По классификации «дельта-омега» являются зреющими или зрелыми. В естественных условиях обитания размножение и распространение особей *A. altaicum* осуществляется семенным путем. Вегетативное разрастание имеет место, но не приводит к захвату новых территорий. Луку алтайскому свойственна высокая продуктивность, потенциал которой в суровых условиях высокогорий реализуется далеко не в полном объеме. Поэтому процессы самовозобновления вида семенным путем значительно затруднены. В Сибирском ботаническом саду ТГУ образцы лука алтайского, привлеченные из природных местообитаний, существенно отличаются между собой по средним значениям основных репродуктивных характеристик. В условиях интродукции на юге Томской области вид отнесен к весенне-летне-осенне-зеленым растениям с раннелетним ритмом цветения. В результате комплексной интродукционной оценки в СиББС ТГУ *A. altaicum* отнесен к устойчивым растениям.

Ключевые слова: редкий вид, *Allium altaicum*, структура ценопопуляций, морфология, репродуктивная биология, интродукция, Республика Алтай

Источник финансирования: исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

Для цитирования: Прокопьев А.С., Катаева Т.Н., Ямбуров М.С. *Allium altaicum* на территории Горного Алтая: состояние ценопопуляций, репродуктивный потенциал, перспективы для интродукции // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2025. № 72. С. 82–107. doi: 10.17223/19988591/72/4

BOTANY

Original article

doi: 10.17223/19988591/72/4

***Allium altaicum* in the Altai Mountains: state of coenopopulations, reproductive potential, and prospects for introduction**

Alexey S. Prokopyev¹, Tatyana N. Kataeva², Mikhail S. Yamburov³

^{1, 2, 3} National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden,
Tomsk, Russian Federation

¹ <https://orcid.org/0000-0002-3409-9745>, rareplants@list.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-3132-1926>, gentianka@mail.ru

³ <https://orcid.org/0000-0001-6664-2311>, yamburov@mail.ru

Summary. *Allium altaicum* is a rare species native to the Altai Mountains, valued as a medicinal and vitamin-rich edible plant. It occurs across a wide range of altitudes, from the mountain-steppe zone to the alpine highlands (See Fig. 1). This article presents new data on the distribution and population status of this species in the Altai Mountains. The phytocoenotic associations, demographic characteristics of cenopopulations (CP), seasonal development patterns, morphology, and reproductive biology were studied. The main morphological and reproductive traits of *A. altaicum* in the wild were assessed and compared with those of cultivated specimens. The studied habitats are confined to steep, gravelly, and rocky slopes with high light exposure, where its abundance varies from sol (rare) to cop₂ (common). On some shifting gravelly screes, *A. altaicum* is the absolute dominant plant. The vegetation cover of the studied communities involving *A. altaicum* is characterized by high species richness, ranging from 28 species (CP 1) to 50 species (CP 3). The demographic structure of *A. altaicum* cenopopulations is characterized by a predominance of individuals in the generative stage (g₁-g₃), whose accumulation is facilitated by an increased lifespan in this stage (63.2-89.1% of the total). The maximum peak in the age spectrum occurs among mature generative individuals. Cenopopulations exhibit a normal type, either full-fledged (senile individuals are not typical for this species) or incomplete (lacking juvenile individuals). According to the delta-omega classification, CP 1 is considered maturing, while CP 2 and CP 3 are mature (See Table 1). The largest number of generative shoots (on average 10.1 to 10.7 per individual) occurs in moving rubble screes (CP 1) or in weakly sodded areas with low grass cover (CP 2), where competition from other species in the phytocenosis is minimal (See Table 2). A comparison of the morphological characteristics of *A. altaicum* specimens from natural habitats with those grown under introduction experiments at the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University (SibBS TSU) showed that cultivated specimens surpassed wild ones in some parameters. In its natural habitat, *A. altaicum* reproduces and spreads primarily by seed. Vegetative growth also occurs but does not contribute significantly to colonization of new territory. Although *A. altaicum* is characterized by

high seed productivity, its propagation potential is far from fully realized under the harsh high-altitude conditions, as the processes of self-renewal by seed are significantly hindered. The lowest fruit set rate was observed in CP 1 (39.0%), where onion plants are frequently exposed to freezing temperatures during active growth and inflorescence formation. In contrast, onion plants growing in tall grass (CP 3) exhibited a significantly lower percentage of damaged flowers in the inflorescence, which was reflected in a higher fruit-to-flower ratio (62.5%) (See Table 3). Studies of the reproductive system of *A. altaicum* under introduction conditions have demonstrated significant differences among accessions in their primary reproductive traits. *A. altaicum* reproduces in cultivation both by seed and vegetatively, through the separation of bulblets formed on the rhizome. In the rare plant collection plots at SibBS TSU, the species is capable of self-seeding. However, specimens collected from CP 3 show limited bulblet formation on the rhizome and primarily reproduce by seed. In the wild, individuals from this cenopopulation produce no more than two bulblets per rhizome. Following a comprehensive introduction assessment, *A. altaicum* was classified as a resistant species. The gene pool of this rare and economically valuable plant, established at SibBS TSU, contributes to the successful ex situ conservation of the species and can be utilized to develop sustainable agropopulations and reintroduction programs aimed at restoring natural cenopopulations.

The article contains 3 Figures, 3 Tables, 55 References.

Keywords: rare species, *Allium altaicum*, structure of coenopopulations, morphology, reproductive biology, introduction, Altai Republic

Fundings: the study was carried out as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSWM-2024-0006).

For citation: Prokopyev AS, Kataeva TN, Yamburov MS. *Allium altaicum* in the Altai Mountains: state of coenopopulations, reproductive potential, and prospects for introduction. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2025;72:82-107. doi: 10.17223/19988591/72/4

Введение

Горный Алтай является одним из основных центров биологического и ландшафтного разнообразия России [1]. Видовой состав флоры этой относительно небольшой в мировом масштабе территории насчитывает более 2000 видов высших сосудистых растений [2], из которых больше половины традиционно использовалось местным населением в своей повседневной и религиозной жизни [3]. В современном флористическом кадастре региона указывается более 200 видов ценных лекарственных, технических, кормовых и пищевых растений [4], многие из которых имеют ресурсное значение и в отношении которых ведется интенсивный и зачастую нелимитированный промысел [5, 6].

Allium altaicum относится к числу важнейших ресурсных видов, традиционно используемых местным населением в качестве пищевого (пряно-вкусового), лекарственного и витаминоносного растения. Пищевая ценность и лечебные свойства лука во многом обусловлены высоким содержанием углеводов, сахаров, микроэлементов и широким спектром биологически активных веществ – флавонолов, танинов, пектиновых веществ, каратиноидов и аскорбиновой кислоты [7–9]. В народной медицине лук

алтайский применяется в качестве противоцинготного, антигельминтного, антибактериального, ранозаживляющего средства, улучшающего пищеварение и возбуждающего аппетит [10–13]. Заготавливаются все части растения, включая луковицы, которые используют как в свежем, так и в замороженном виде.

Лук алтайский широко известен как декоративное и медоносное растение [14]. Представляет значительный интерес для селекции зимующих сортов лука как неприхотливый, морозо- и зимоустойчивый вид [15, 16].

В настоящее время интенсивный промысел и заготовка луковиц местным населением неуклонно сокращают природные запасы *A. altaicum*. Поэтому сейчас на большей части своего ареала этот вид подлежит охране и включен в Красные книги Алтайского [17] и Забайкальского [18] краев, Иркутской [19] и Амурской [20] областей, Республики Алтай [21] и Бурятия [22]. В связи с необходимостью сохранения и разработки мер по рациональному использованию ресурсов ценного дикорастущего растения лука алтайского, высокую актуальность имеет изучение его биологии в естественных условиях произрастания.

Целью данной работы явилось изучение эколого-биологических особенностей *Allium altaicum* в природных условиях Горного Алтая и оценка возможностей его воспроизводства в условиях *ex situ*.

Материалы и методы

Лук алтайский (*Allium altaicum* Pall., сем. Amaryllidaceae – Амариллисовые) – многолетнее травянистое корневищно-луковичное растение. Луковицы крупные, продолговато-яйцевидные, по одной или несколько прикреплены к корневищу. Стебли до 90 см высотой, дудчатые, с 2–4 листьями (рис. 1). Соцветие – шаровидный, многоцветковый зонтик. Плод – трехгнездная коробочка [23]. В природе, в зависимости от условий обитания, вид способен формировать разные жизненные формы. На скальных уступах и осипях, сложенных крупнообломочными породами, произрастают однопобеговые вертикально короткокорневищные растения с крупной одиночной луковицей. На мелкощебнистых осипях с мелкоземистой почвой развивается рыхлая дерновинная жизненная форма с косоапогеотропным корневищем [24].

A. altaicum – монголо-южносибирский монтанный вид [25]. Ареал охватывает горные системы юга Сибири (Алтай, Тыва, Прибайкалье, Забайкалье), Казахстан (Джунгарский Алатау, Тарбагатай), Северную Монголию, Китай [23, 26]. На востоке заходит в Амурскую область, где найдены изолированные местонахождения вида по р. Амур, в 30 км выше с. Игнашино [27]. В горах Южной Сибири встречается в широком диапазоне высот, от горностепного пояса до альпийских высокогорий. Растет на южных каменистых склонах, скалах, щебнистых и каменистых россыпях, изредка на галечниках в долинах небольших рек [23, 25]. В Амурской области – степной вид, встречается на южных крутых каменистых склонах и скалистых берегах рек [20].



Рис. 1. Заросли *Allium altaicum* в долине р. Аккол (Южно-Чуйский хребет, Республика Алтай)

[Fig. 1. Thickets of *Allium altaicum* in the Akkol river valley (South Chuya Range, Altai Republic)]

Полевые исследования *A. altaicum* проводились в 2023–2024 гг. в высокогорных районах Центрального и Юго-Восточного Алтая, а также в условиях интродукционного эксперимента на юге Томской области. В природе изучены три локальные ценопопуляции (далее – ЦП) *A. altaicum*: одна ЦП описана на южном макросклоне Курайского хребта (ЦП 1), вторая – в верховьях р. Аккол Южно-Чуйского хребта (ЦП 2), третья – в верховьях р. Актру Северо-Чуйского хребта (ЦП 3). Камеральные исследования и интродукционные испытания проведены на базе Сибирского ботанического сада ТГУ (СибБС ТГУ).

Выявление фитоценотической приуроченности ценопопуляций *A. altaicum* выполняли с использованием традиционных геоботанических подходов [28]. Количественное обилие видов оценивали с применением шкалы Друде [29]. Латинские названия видов приведены в соответствии с «Catalogue of Life» [30].

При изучении сезонного ритма развития вида использовались подходы, предложенные в работах И.В. Борисовой [31] и И.Н. Бейдеман [32].

Популяционные исследования проводили с применением подходов, принятых в современной популяционной биологии растений [33]. Онтогенетические состояния исследуемого вида выделены нами на основании комплекса морфологических и биологических признаков, опираясь на характеристику онтогенеза *A. altaicum*, описанного В.А. Черемушкиной [24].

Для изучения плотности и онтогенетической структуры ценопопуляций в сообществах регулярным способом закладывали трансекты, разделенные на учетные площадки. В каждой исследуемой ценопопуляции было заложено не менее 20 площадок площадью 1 м². Подсчитывались общее число особей на единицу площади для определения экологической плотности

ценопопуляции и число особей разных возрастных состояний для построения онтогенетических спектров. В качестве счетной единицы использовалась морфологически обособленная особь. Полночленность (неполночленность) ценопопуляции выявлялась по степени представленности в спектре возрастных групп.

Тип ценопопуляции устанавливали по классификации «дельта-омега» Л.А. Животовского [34], который строился на основе совместного использования двух показателей – индекса возрастности (Δ) и индекса эффективности (ω). Также для ценопопуляций определяли индекс восстановления (I_B) [35] и индекс старения (I_C) [36].

Морфологические особенности *A. altaicum* изучены преимущественно на живых растениях с привлечением гербарного материала. В каждой ценопопуляции у 30 особей, находящихся в генеративном состоянии, измерялось по одному генеративному побегу. Учитывались длина и ширина стеблевой части побега, число листьев, длина и ширина листа, диаметр соцветия. Число генеративных побегов определялось для особи g_2 состояния.

Фертильность пыльцы определялась по методике М.П. Александера [37]. Для анализа использовались полностью раскрывшиеся пыльники. При определении фертильности анализировалось не менее 300 пыльцевых зерен. Фертильная пыльца окрашивалась в красный цвет, стерильная пыльца – в зеленый.

При изучении семенной продуктивности *A. altaicum* придерживались методики Т.А. Работнова [38] с рекомендациями И.В. Вайнагий [39] и Р.Е. Левиной [40]. В качестве основных показателей учитывались: число цветков и плодов в соцветии, число семязачатков в цветке и семян в плоде, потенциальная семенная продуктивность (ПСП), реальная семенная продуктивность (РСП), коэффициент продуктивности (Кпр). Потенциальную и реальную семенную продуктивность определяли как среднее количество семязачатков и семян на генеративный побег. Коэффициент продуктивности рассчитывали как процентное отношение РСП к ПСП.

Морфология семян описана, опираясь на работы Г.А. Комар [41], В. Броувера и А. Штелина [42]. Масса 1000 семян определялась на электронных весах DX-200 (A&D, Япония) с ценой деления 0,001 г. Всхожесть семян изучалась в лабораторных условиях по общепринятой методике [43] с нашей модификацией. Семена проращивали в течение месяца после сбора и после разных сроков сухого хранения. Семена помещали в чашки Петри (в 4-кратной повторности по 100 штук) на влажную фильтровальную бумагу и проращивали при температуре 20–22°C с фотопериодом 16/8 (свет/темнота). Учет всхожести семян определяли в течение всего периода появления всходов (не менее 30 суток от начала прорастания).

Для всех исследуемых признаков рассчитывалось среднее значение, ошибка среднего значения ($M \pm m$) и коэффициент вариации (CV). Уровни варьирования оценивались по Г.Ф. Лакину [44]: $CV < 11\%$ – низкий, $CV = 11\text{--}25\%$ – средний, $CV > 25\%$ – высокий. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы MS Excel 2016. Статистическая значимость различий между популяциями определялась однофакторным

дисперсионным анализом (ANOVA) по критерию Дункана при $p < 0,05$ в программе Statistica 10.

Результаты и обсуждение

Распространение и фитоценотическая приуроченность. На Алтае *A. altaicum* довольно обычен, широко распространен по всей территории республики, за исключением только крайних северных районов. Встречается на большинстве хребтов Западного, Центрального и Юго-Восточного Алтая, преимущественно в субальпийском и альпийском поясах гор. По сырым осьпям с подточным увлажнением часто спускается ниже – в пределы лесного и лесостепного поясов. Растет на скалах, каменистых склонах, щебнистых осыпях, курумах, оstepненных лугах [45–48]. В фитоценотическом отношении луковые сообщества полидоминанты, их состав определяется контактом с различными растительными группировками. И хотя этот вид не указывается в качестве ценообразователя, сообщества с большим участием лука алтайского встречаются на Алтае достаточно часто [25]. Нередко в высокогорьях образует пионерные серийные сообщества [49].

ЦП 1. Разнотравно-луковая щебнистая тундра. Кош-Агачский район, южный макросклон Курайского хребта, окр. с. Курай. Подвижная щебнистая осыпь на крутом склоне (35°) южной экспозиции, с большими валунами. Координаты: 50,3059, 87,9028. Высота над уровнем моря 2451 м.

Растительный покров несомкнутый, высотой в среднем от 30 до 40 см, с ОПП, не превышающим 7–10%. Абсолютным доминантом сообщества выступает *A. altaicum*, отдельные особи которого более или менее равномерно распределены по всей площади осыпи. Между ними единично или небольшими лотками расположено все остальное многообразие альпийского разнотравья. Наибольшая частота встречаемости установлена для *Poa glauca* subsp. *altaica* (Trin.) Olonova & G.H.Zhu, *Trifolium eximium* Stephan ex Ser., *Mesostemma martjanovii* (Krylov) Ikonn., *Valeriana petrophila* Bunge, *Dracocephalum origanoides* subsp. *bungeanum* (Schischk. & Serg.) A.L.Budantzev, *Lagopsis marrubiastrum* (Stephan) Ikonn.-Gal. С меньшим обилием встречаются *Pulsatilla campanella* (Regel & Tiling) Fisch. ex Krylov, *Galium densiflorum* Ledeb., *Aconitum anthroideum* DC., *Artemisia pubescens* Ledeb., *Biebersteinia odora* Stephan, *Scrophularia incisa* Weinm., *Silene graminifolia* Ottb., *Cerastium lithospermifolium* Fisch., *Stenocoelium athamantoides* (M. Bieb.) Ledeb., *Leiospora exscapa* (Ledeb.) A.V.Vassil., *Festuca kryloviana* Reverd., *Askellia pygmaea* (Ledeb.) Sennikov, *Saussurea subacaulis* (Ledeb.) Serg., *Oreomecon pseudocanescens* (Popov) Galasso, Banfi & Bartolucci, *Potentilla nivea* L., *Campanula rotundifolia* L., *Veronica macrostemon* Bunge ex Ledeb., *Lagotis integrifolia* (Willd.) Schischk., *Chamaenerion latifolium* (L.) Sweet, единично – *Dracocephalum grandiflorum* L. и *Rhodiola rosea* L. Всего в сообществе отмечено 28 видов.

ЦП 2. Кустарниковая злаково-разнотравно-луковая каменистая луговая степь. Кош-Агачский район, северный макросклон Южно-Чуйского хреб-

та, левый борт долины р. Аккол. На очень крутом (40° – 45°) каменистом склоне юго-восточной экспозиции, с полупогруженными валунами (старый курумник). Координаты: 49,8452, 87,8703. Высота над уровнем моря 2533 м.

Кустарниковый ярус развит фрагментарно, с ОПП в среднем от 10% до 15%, на отдельных участках – до 40%; составлен *Spiraea alpina* Pall., *S. media* Schmidt, *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., *Cotoneaster uniflorus* Bunge, *Lo-nicera hispida* Pall. ex Schult.

Травостой невысокий (в среднем от 30 до 40 см, максимально до 80 см), густой, но с неравномерным проективным покрытием надземной массы – от 60% до 80%. Его основу составляют дерновинные злаки и многочисленные виды разнотравья с постоянной и значительной примесью осоки стоповидной. Доминируют *Allium altaicum*, *Artemisia macrantha* Ledeb., *Geranium pratense* L. Содоминируют *Carex pediformis* C.A. Mey., злаки – *Poa glauca* subsp. *altaica*, *P. attenuata* Trin., *Festuca altaica* Trin., *Helictotrichon mongolicum* (Roshev.) Henrard, из разнотравья – *Gentiana decumbens* L.fil., *Thesium refractum* C.A. Mey., *Cerastium arvense* L., *Ligularia altaica* DC., *Aconitum anthoroideum*, *Euphrasia* sp. Постоянно встречаются, но с меньшим обилием – *Silene amoena* L., *Dianthus superbus* L., *Veronica porphyriana* Pavlov, *Campanula rotundifolia* L., *Schulzia crinita* (Pall.) Spreng., *Primula nivalis* Pall., *Bistorta officinalis* Raf., *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma, *Polemonium boreale* Adams, *Galium verum* L., *Seseli condensatum* (L.) Rchb. fil., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Potentilla nivea* L., *Gentiana grandiflora* Laxm., *Gentianella amarella* (L.) Börner, *G. atrata* (Bunge) Holub, *Thalictrum minus* L. и *Koenigia alpine* (All.) T.M. Schust. & Reveal. Единично отмечается *Rhodiola rosea*. Всего выявлено 38 видов.

ЦП 3. Субальпийское разнотравье среди камней и зарослей кустарников. Кош-Агачский район, северный макросклон Северо-Чуйского хребта, левый борт долины р. Актуру. На крутом (30°) зарастающем каменистом склоне юго-восточной экспозиции, с выходами крупнообломочного материала и большими валунами. Координаты: 50,0872, 87,7762. Высота над уровнем моря 2252 м.

Исследуемое сообщество расположено вблизи верхней границы леса и занимает выровненную наклонную площадку между выпуклыми гребнями склона. Древесная растительность представлена единичными особями *Pinus sibirica* Du Tour и *Larix sibirica* Ledeb., поднимающимися вверх по выпуклым участкам. Из кустарников наиболее распространены *Cotoneaster uniflorus* Bunge, *Spiraea media* и *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall. Реже встречаются *Rosa acicularis* Lindl., *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (Pall.) Gladkova и *L. hispida* Pall. ex Schult. Кустарники местами оплетены одревесневающей лианой *Clematis sibirica* (L.) Mill. Единично отмечается самосев *Pinus sibirica*.

Травостой высокий (в среднем 80 см, до 1 м), многоярусный, из-за высокой каменистости субстрата и значительных выходов коренных пород его проективное покрытие очень неравномерное. Площадь, занятая растительностью, в среднем не превышающая 70%, на отдельных участках мо-

жет достигать 95–100%. Доминируют *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Paeonia anomala* L., *Galium boreale* L., *Lilium martagon* var. *pilosiusculum* Freyn, *Thalictrum minus*, *Allium strictum* Schrad., *Klasea marginata* (Tausch) Kitag. Все остальное видовое многообразие растений встречается с гораздо меньшим обилием, но придает сообществу значительную пестроту и красочность – *Koenigia alpina*, *Allium altaicum*, *Artemisia leucophylla* (Turcz. ex Besser) C.B. Clarke, *Astragalus mongolicus* Bunge, *Geranium pseudosibiricum* J. Mayer, *Pedicularis incarnata* L., *Heracleum dissectum* Ledeb., *Trifolium lupinaster* L., *Aegopodium alpestre* Ledeb., *Rhodiola rosea*, *Aconitum glandulosum* Rapaics, *A. leucostomum* Vorosch., *Bupleurum aureum* Fisch., *Hedysarum neglectum* Ledeb., *Saussurea controversa* DC., *Sibirotrisetum sibiricum* (Rupr.) Barberá, *Elymus mutabilis* (Drobow) Tzvelev, *Polemonium caeruleum* L., *Silene graminifolia* Otth, *Campanula glomerata* L., *Aquilegia sibirica* Lam., *Silene behen* L., *Crepis sibirica* L., *Veronica porphyriana*, *Gentiana macrophylla* Pall., *Euphorbia esula* L. Всего выявлено 50 видов.

Таким образом, исследованные нами местообитания *A. altaicum* на территории Горного Алтая приурочены к крутым, щебнистым и каменистым склонам световых экспозиций. В зависимости от степени задернованности участка его обилие варьирует от sol (малообилен) до сор₂ (эдификатор и доминант сообщества). На подвижных щебнистых осыпях (Курайский хребет) лук алтайский входит в состав растительных группировок с низким проективным покрытием надземной массы. Здесь он выступает абсолютным доминантом (ЦП 1). На зарастающих крупнокаменистых склонах с небольшой высотой травостоя (Южно-Чуйский хребет) *A. altaicum* сохраняет высокий уровень обилия, но разделяет свое доминирование в сообществе с другими видами (ЦП 2). Среди высокого травостоя с общим высоким проективным покрытием (Северо-Чуйский хребет) лук алтайский заметно снижает свое обилие (ЦП 3).

Растительный покров изученных сообществ с участием лука алтайского характеризуется высокой видовой насыщенностью и включает от 28 (ЦП 1) до 50 (ЦП 3) видов. В высокогорьях Курайского хребта значительную долю среди них составляют типично высокогорные виды – *Trifolium eximium*, *Mesostemma martjanovii*, *Valeriana petrophila*, *Dracocephalum origanoides* subsp. *bungeanum*, *Lagopsis marrubiastrum* и др. (ЦП 1). В субальпийском поясе Северо-Чуйского хребта, помимо характерных для субальпийского разнотравья видов, значительное участие принимают луговые и лугово-лесные растения – *Paeonia anomala*, *Galium boreale*, *Lilium martagon* var. *pilosiusculum*, *Thalictrum minus*, *Allium strictum* и др. (ЦП 3). На Южно-Чуйском хребте в условиях сухого и резко-континентального климата в сообществах с *A. altaicum* увеличивается роль высокогорных дерновинных злаков – *Poa glauca* subsp. *altaica*, *P. attenuata*, *Festuca altaica*, *Heleciotrichon mongolicum* и видов лугово-степного разнотравья, толерантных к холodu – *Geranium pratense*, *Gentiana decumbens*, *Veronica porphyriana*, *Pulsatilla patens*, *Koenigia alpina* и др. Также здесь хорошо выражен блок высокогорных криофильных видов, состоящий из *Primula nivalis*, *Gentiana grandiflora*, *Rhodiola rosea*, *Potentilla nivea* (ЦП 2).

Структура ценопопуляций. В высокогорных районах Алтая *A. altaicum* может играть существенную роль в сложении растительного покрова каменисто-щебнистых осыпей и участков с пионерной растительностью. На подвижных осыпях Курайского хребта (ЦП 1) пространственная структура ценопопуляции характеризуется диффузным распределением особей. Среди слабо сформированного травостоя молодые особи семенного происхождения получают возможность закрепляться по всему пространству осыпи. Экологическая плотность вида варьирует от 3 до 9 ос./м² (в среднем 5,15). На застраивающем крупнообломочном курумнике Южно-Чуйского хребта (ЦП 2) проростки концентрируются рядом с материнским растением. В этих условиях формируются достаточно обширные групповые скопления вида, представленные особями всех возрастных групп. Здесь на 1 м² площади насчитывается от 1 до 8 особей (в среднем 3,07). Минимальное значение экологической плотности (в среднем 1,14 ос./м²) отмечено для ценопопуляции, развивающейся на Северо-Чуйском хребте среди субальпийского высокотравья и общего высокого проективного покрытия сообщества (ЦП 3). Значения эффективной плотности (0,83–3,37 ос./м²) незначительно отличаются от экологической, т. к. ценопопуляции состоят преимущественно из взрослых особей, оказывающих максимальное воздействие на среду (табл. 1).

Для демографической структуры ценопопуляций *A. altaicum* свойственно преобладание особей генеративного периода (g_1-g_3), накоплению которых способствует увеличение продолжительности жизни особей в этом состоянии (63,2–89,1% от общего числа). Максимальный пик в возрастном спектре формируется на особях g_2 -состояния. Прегенеративный период ($j-v$) составлен в основном имматурными и виргинильными растениями, доля которых заметно увеличивается (до 33,0%) только на щебнистых и слабо задернованных участках с подвижным субстратом (ЦП 1). На активно застраивающих склонах со стабильным грунтом интенсивность процесса возобновления вида снижается и происходит выпадение ювенильной стадии онтогенеза (ЦП 2, 3). Об эффективности возобновления ценопопуляции лука при отсутствии конкуренции со стороны других видов также свидетельствует рост в ЦП 1 индекса восстановления ($Iv = 0,52$) по сравнению с другими изученными ценопопуляциями ($Iv = 0,09–0,33$). Однако в целом для этого вида отмечена низкая способность к семенному самоподдержанию ($Iv < 1$). Доля особей постгенеративного периода (ss, s) очень невелика ($Ic = 0,02–0,08$) и состоит только из субсенильных растений (2,4–8,3%). Особи сенильного состояния не обнаружены. Таким образом, в природных условиях Горного Алтая в ценопопуляциях *A. altaicum* формируется центрированный тип онтогенетического спектра с максимумом на зрелых генеративных особях. Ценопопуляции нормальные, полночленные (сенильные особи для вида не характерны) и неполночленные (отсутствуют особи ювенильного состояния). По классификации «дельта-омега» ($\Delta-\omega$) ЦП 1 относится к зреющей, ЦП 2 и ЦП 3 – к зрелым (табл. 1).

Таблица 1 [Table 1]

**Демографические характеристики ценопопуляций *A. altaicum*
на территории Республики Алтай**
[Demographic characteristics of *A. altaicum* coenopopulations in the Altai Republic]

Признак [Indicator]	ЦП 1 (К) [CP 1 (K)]	ЦП 2 (ЮЧ) [CP 2 (Sch)]	ЦП 3 (СЧ) [CP 3 (NCh)]
Онтогенетическое состояние, % [Ontogenetic stage, %]			
j	8,7	0	0
im	10,7	4,9	6,3
v	13,6	3,6	16,7
g ₁	27,2	34,9	20,8
g ₂	28,2	45,8	33,3
g ₃	7,8	8,4	14,6
ss	3,8	2,4	8,3
s	0	0	0
Демографические показатели [Demographic characteristics]			
M, ос./м ² [M, ind./m ²]	5,15	3,07	1,14
M _e , ос./м ² [M _e , ind./m ²]	3,37	2,56	0,83
I _b [Ir]	0,52	0,09	0,33
I _c [Isn]	0,04	0,02	0,08
Δ	0,33	0,41	0,43
ω	0,66	0,83	0,73
Тип ЦП [Type of CP]	Зреющая [Ripening]	Зрелая [Mature]	Зрелая [Mature]

Примечание. ЦП – ценопопуляция, К – Курайский хребет, ЮЧ – Южно-Чуйский хребет, СЧ – Северо-Чуйский хребет; онтогенетическое состояние: j – ювенильное, im – имматурное, v – виргинильное, g₁ – молодое генеративное, g₂ – зрелое генеративное, g₃ – старое генеративное, ss – субсенильное, s – сенильное; M – экологическая плотность, M_e – эффективная плотность, I_b – индекс восстановления, I_c – индекс старения; Δ – индекс возрастности, ω – индекс эффективности, ос./м² – число особей на 1 м².

[Note. CP - coenopopulation, K - Kuray Range, Sch - South Chuya Range, Nch - North Chuya Range; ontogenetic state: j - juvenile, im - immature, v - virginile, g₁ - young generative, g₂ - mature generative, g₃ - old generative, ss - subsenile, s - senile; M - ecological density, M_e - effective density, Ir - renewal index, Isn - senescence index, Δ - age index, ω - efficiency index, ind./m² - number of individuals per 1 m²].

Морфологические особенности. Исследование морфологических особенностей особей *A. altaicum* в разных эколого-ценотических условиях Горного Алтая показало, что на одном растении может развиваться от 1 до 30 генеративных побегов. Наибольшее количество генеративных побегов (в среднем от 10,1 до 10,7 шт.) формируется у особей в условиях подвижных щебнистых осыпей (ЦП 1) или на слабо задернованных участках с низким травостоем (ЦП 2), где менее всего выражена конкуренция со стороны других видов в фитоценозе. В то же время среди субальпийского разнотравья особи лука образуют не более 1–2 генеративных побегов (ЦП 3), что достоверно отличает их от растений из других исследуемых це-

ннопопуляций (табл. 2). Высокий травостой и крупнообломочный слабо подвижный субстрат не позволяют особям разрастаться, в связи с чем, в данных условиях вид имеет иной тип онтогенеза и не образует многопобеговые куртины. По данным В.А. Черемушкиной данный ход онтогенеза *A. altaicum* сходен с однопобеговой жизненной формой *A. obliquum* [24].

В среднем *A. altaicum* формирует побеги длиной 46,2–82,7 см с 2–4 стеблевыми листьями. Наиболее длинные и облиственные побеги развиваются среди высокого субальпийского разнотравья. В этих условиях размеры стеблевых листьев также достигают своих максимальных величин (ЦП 3).

Таблица 2 [Table 2]

Морфологические характеристики генеративных особей

***A. altaicum* в природных ценопопуляциях на территории**

Республики Алтай и в условиях интродукции

[Morphological characteristics of generative individuals of *A. altaicum* in natural

ценопопуляциях в Республике Алтай и в условиях интродукции]

Признак [Indicator]	ЦП 1 (К) [CP 1 (K)]	ЦП 2 (ЮЧ) [CP 2 (Sch)]	ЦП 3 (СЧ) [CP 3 (NCh)]	СиБС (К) [SibBG (K)]	СиБС (СЧ) [SibBG (Sch)]
Число ген. побегов на особь g_2 , шт. [Number of generative shoots per individual g_2 , pcs.]	<u>10,7±1,2^a</u> 49,1	<u>10,1±1,2^a</u> 67,3	<u>1,3±0,1^b</u> 36,1	<u>5,0±0,6^b</u> 20,0	<u>5,5±1,5^{ab}</u> 38,6
Длина ген. побега, см [Length of generative shoot, cm]	<u>46,2±1,4^a</u> 16,8	<u>71,0±1,3^b</u> 8,9	<u>82,7±1,8^{bc}</u> 10,8	<u>51,8±1,0^a</u> 8,5	<u>89,4±2,4^c</u> 8,4
Ширина стеблевой части побега, см [Width of the stem part of the shoot, cm]	<u>2,0±0,1^a</u> 25,3	<u>2,1±0,1^a</u> 14,0	<u>1,7±0,04^a</u> 13,4	<u>1,7±0,1^{ab}</u> 20,7	<u>2,1±0,1^{ac}</u> 21,9
Число стеблевых листьев, шт. [Number of stem leaves, pcs.]	<u>2,8±0,2^a</u> 28,1	<u>2,5±0,2^a</u> 21,3	<u>2,8±0,1^a</u> 14,7	<u>2,7±0,2^a</u> 29,1	<u>3,5±0,3^a</u> 24,3
Длина листа, см [Leaf length, cm]	<u>27,2±1,1^a</u> 19,8	<u>33,1±1,2^b</u> 17,9	<u>38,1±1,4^c</u> 22,4	<u>18,5±0,6^a</u> 15,6	<u>37,3±1,7^b</u> 20,7
Ширина листа, см [Leaf width, cm]	<u>1,1±0,03^a</u> 12,6	<u>1,3±0,1^a</u> 23,9	<u>1,3±0,04^a</u> 19,8	<u>1,8±0,1^b</u> 17,5	<u>1,9±0,1^b</u> 19,7
Диаметр соцветия, см [Inflorescence diameter, cm]	<u>2,5±0,1^a</u> 19,4	<u>3,2±0,1^{bc}</u> 13,6	<u>2,5±0,1^{ab}</u> 17,8	<u>3,3±0,1^{abc}</u> 15,6	<u>4,1±0,2^c</u> 15,2

Примечание. ЦП – ценопопуляция, СиБС – Сибирский ботанический сад ТГУ, К – Курайский хребет, ЮЧ – Южно-Чуйский хребет, Северо-Чуйский хребет. Данные представлены: в числителе $M\pm m$, в знаменателе CV . Идентичные буквенные индексы * – различий между признаками нет, разные буквенные индексы – различия статистически значимы при $p < 0,05$.

[Note. CP – coenopopulation, SibBG - Siberian Botanical Garden TSU, K - Kuray Range, Sch - South Chuya Range, Nch - North Chuya Range; Data are presented: in the numerator $M\pm m$, in the denominator CV . The symbol * indicates the number of coenopopulations with the characteristic statistically different at $p < 0,05$.]

Самые короткие побеги и листья образуются на открытых щебнистых южных склонах (ЦП 1), что достоверно отличает особи данной ценопопуляции. В то же время самые крупные соцветия (3,2 см в диаметре) отмечены у растений, развивающихся на кругом каменистом склоне долины реки Аккол среди кустарниковой высокогорной степи (ЦП 2), но достоверно они отличаются только от ЦП 1 (см. табл. 2).

Сравнение морфологических признаков особей *A. altaicum* из природных местообитаний с растениями, выращиваемыми в условиях интродукционного эксперимента в СибБС ТГУ, показало превосходство культивируемых образцов по ряду параметров. Так, по длине генеративного побега они в 1,1 раза превосходили аналогичные по происхождению природные образцы, по ширине листа – в 1,5–1,6 раза, по размерам соцветия – в 1,3–1,6 раза. При этом число генеративных побегов у культивируемого образца, привлеченного из ЦП 1, достоверно меньше (в 2 раза), чем у особей, развивающихся в природных местообитаниях (см. табл. 2). В целом стоит отметить, что в условиях интродукции испытанные образцы *A. altaicum* способны формировать достаточно большую вегетативную надземную массу, перспективную для использования в пищевых целях.

Большинство линейных показателей вида имеют средний уровень изменчивости ($CV=12,6\text{--}23,9\%$), только длина побега является более стабильным показателем ($CV=8,4\text{--}16,8\%$). Значительно выше вариабельность количественных признаков. Так коэффициент вариации (CV) числа генеративных побегов достигает 67,3%, а числа стеблевых листьев – 29,1% (см. табл. 2).

Репродуктивная биология. Лук алтайский размножается двумя способами: вегетативным и семенным. Вегетативное размножение происходит за счет образования пазушных почек, способных развивать самостоятельные дочерние побеги [25]. Однако по интенсивности захвата территории этот вид остается вегетативно малоподвижным, что, по заключению В.А. Черемушкиной [50], обусловлено небольшим годичным приростом корневища (до 0,5 см) и его косовертикальным нарастанием, не приводящим к сильному разрастанию дерновины. Поэтому в естественных условиях обитания семенное размножение превалирует над вегетативным.

Способность особей *A. altaicum* к регулярному плодоношению в пределах естественных растительных сообществ или агроценоза, а также жизнеспособность продуцируемых семян хорошо изучена В.А. Черемушкиной с соавторами [11], В.А. Черемушкиной [50] и А.Н. Даниловой, Ю.А. Котуховым [51]. Согласно их исследованиям, и в природных местообитаниях Алтая, и в культуре луку алтайскому свойственна высокая продуктивность (ПСП). Так, в местах его произрастания на территории Республики Алтай в соцветии формировалось от 150 до 1266 семяпочек (в среднем 792 семяпочки). Реальная семенная продуктивность (РСП) несколько ниже и в среднем составила 507 семян. В условиях культуры показатели ПСП и РСП существенно возрастили, составляя на один генеративный побег в среднем 1098 семяпочек и 818 семян соответственно. Достаточно высокое среднее значение коэффициента продуктивности (Кпр), которое варьировало

от 63,9% (в природе) до 74,7% (в культуре), является для лука высоким показателем его благополучия, как вида, так и видовой популяции [11].

В результате проведенных нами исследований установлено, что в природных условиях Горного Алтая *A. altaicum* характеризуется высокими значениями фертильности пыльцы, потенциально обеспечивающей данному виду высокую результативность опыления. Наиболее высокие показатели фертильности отмечены в ЦП 2 (97,8%) и ЦП 3 (95,7%) (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3 [Table 3]

**Репродуктивные показатели *A. altaicum* в природных ценопопуляциях на территории Республики Алтай и в условиях интродукции
[Reproductive indices of *A. altaicum* in natural coenopopulations in the Altai Republic and under introduction conditions]**

Признак [Indicator]	ЦП 1 (К) [CP 1 (K)]	ЦП 2 (ЮЧ) [CP 2 (SCh)]	ЦП 3 (СЧ) [CP 3 (NCh)]	СибБС (К) [SibBG (K)]	СибБС (СЧ) [SibBG (SCh)]
Фертильность пыльцы, % [Pollen fertility, %]	<u>90,3 ± 1,4^{a*}</u> 3,5	<u>97,8 ± 0,8^b</u> 1,8	<u>95,7 ± 0,8^b</u> 2,9	<u>97,4 ± 0,8^b</u> 1,9	<u>97,1 ± 0,8^b</u> 3,0
Число цветков, шт. [Number of flowers, pcs.]	<u>156,0 ± 12,3^a</u> 39,3	<u>145,4 ± 9,2^{ab}</u> 31,6	<u>81,5 ± 4,2^b</u> 26,0	<u>109,8 ± 9,0^b</u> 34,8	<u>123,8 ± 18,7^b</u> 37,1
Число плодов, шт. [Number of fruits, pcs.]	<u>62,2 ± 7,6^a</u> 61,3	<u>79,6 ± 7,9^a</u> 49,7	<u>51,0 ± 5,0^a</u> 48,1	<u>102,3 ± 8,0^a</u> 33,0	<u>55,2 ± 13,1^a</u> 58,4
ППЦ, % [FFR, %]	<u>39,0 ± 3,0^a</u> 38,6	<u>53,2 ± 2,7^a</u> 25,6	<u>62,5 ± 5,2^{ab}</u> 40,7	<u>93,9 ± 1,2^b</u> 5,6	<u>49,4 ± 12,2^a</u> 60,6
Число семязачатков в цветке, шт. [Number of ovules per flower, pcs.]	<u>4,2 ± 0,2^a</u> 29,1	<u>5,5 ± 0,2^b</u> 14,0	<u>5,6 ± 0,2^b</u> 13,6	<u>4,9 ± 0,2^b</u> 24,1	<u>4,2 ± 0,3^{ab}</u> 33,0
Число семян в плоде, шт. [Number of seeds per fruit, pcs.]	<u>3,3 ± 0,3^a</u> 39,9	<u>5,4 ± 0,2^b</u> 15,1	<u>5,1 ± 0,2^{ab}</u> 20,6	<u>4,1 ± 0,2^{ab}</u> 29,2	<u>2,9 ± 0,2^a</u> 32,7
ПСП побега, шт. [PSP per shoot, pcs.]	<u>648,0 ± 62,8^a</u> 48,5	<u>813,0 ± 62,0^{ab}</u> 38,1	<u>450,9 ± 24,4^a</u> 27,1	<u>530,8 ± 45,3^a</u> 36,2	<u>513,8 ± 40,4^{ac}</u> 35,2
РСП побега, шт. [RSP per shoot, pcs.]	<u>208,1 ± 33,2^a</u> 79,9	<u>436,4 ± 49,5^{ab}</u> 56,7	<u>261,1 ± 27,2^a</u> 51,1	<u>414,6 ± 40,6^a</u> 41,6	<u>165,6 ± 12,7^{ac}</u> 34,2
Кпр, % [C _{pr} , %]	<u>31,6 ± 3,3^a</u> 52,2	<u>51,9 ± 2,9^a</u> 27,6	<u>57,0 ± 5,0^{ab}</u> 43,2	<u>79,0 ± 3,3^b</u> 17,6	<u>33,4 ± 2,1^a</u> 28,2

Признак [Indicator]	ЦП 1 (К) [CP 1 (K)]	ЦП 2 (ЮЧ) [CP 2 (SCh)]	ЦП 3 (СЧ) [CP 3 (NCh)]	СибБС (К) [SibBG (K)]	СибБС (СЧ) [SibBG (SCh)]
Масса 1000 шт. семян, г [Weight of 1000 seeds, g]	<u>2,0 ± 0,04^a</u> 3,7	<u>2,2 ± 0,2^{abc}</u> 16,3	<u>1,9 ± 0,1^{ab}</u> 11,2	<u>2,3 ± 0,1^{ac}</u> 7,8	<u>2,5 ± 0,1^c</u> 10,8
Длина семени, мм [Seed length, mm]	<u>3,4 ± 0,05^a</u> 7,6	<u>3,1 ± 0,05^b</u> 8,6	<u>3,0 ± 0,04^b</u> 7,9	<u>3,9 ± 0,03^c</u> 4,5	<u>3,2 ± 0,03^a</u> 5,6
Ширина семени, мм [Seed width, mm]	<u>2,0 ± 0,05^a</u> 12,7	<u>1,8 ± 0,04^{ab}</u> 11,5	<u>1,7 ± 0,03^b</u> 10,5	<u>2,4 ± 0,02^c</u> 5,7	<u>2,1 ± 0,03^{ac}</u> 8,5
Толщина семени, мм [Seed thickness, mm]	<u>1,0 ± 0,04^a</u> 20,7	<u>1,0 ± 0,04^a</u> 20,0	<u>0,9 ± 0,03^a</u> 15,7	<u>1,1 ± 0,03^a</u> 13,1	<u>1,2 ± 0,03^a</u> 12,0

Примечание. ЦП – ценопопуляция, СибБС – Сибирский ботанический сад ТГУ, К – Курайский хребет, ЮЧ – Южно-Чуйский хребет, Северо-Чуйский хребет; ППЦ – процент плодоцветения, ПСП – потенциальная семенная продуктивность, РСП – реальная семенная продуктивность, Кпр – коэффициент продуктивности. Данные представлены: в числителе $M \pm m$, в знаменателе CV . Идентичные буквенные индексы * – различия статистически значимы при $p < 0,05$.

[Note. CP - coenopopulation, SibBG - Siberian Botanical Garden TSU, K - Kuray Range, Sch - South Chuya Range, Nch - North Chuya Range; FFR - fruits-to-flowers ratio, PSP - potential seed productivity, RSP - real seed productivity, C_{pr} - productivity coefficient. Data are presented: in the numerator $M \pm m$, in the denominator CV . The symbol * indicates the number of coenopopulations with the characteristic statistically different at $p < 0,05$].

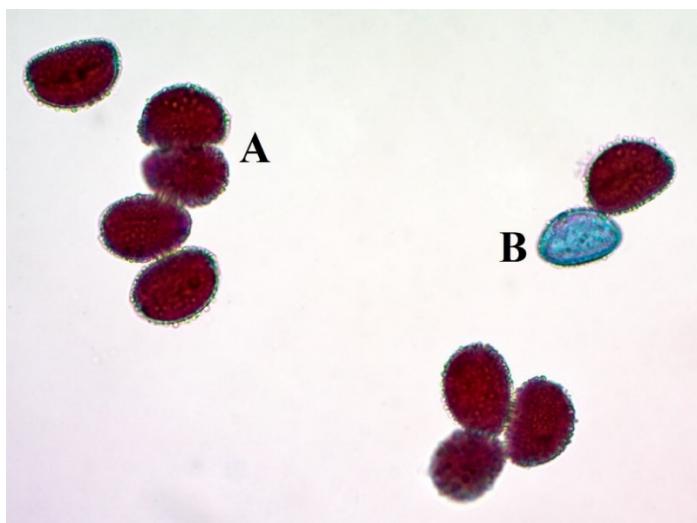


Рис. 2. Пыльца *A. altaicum*. А – фертильная, В – стерильная
[Fig. 2. Pollen of *A. altaicum*. A - fertile, B - sterile]

В среднем на одно соцветие развивается от 81,5 до 156,0 цветков и от 51,0 до 79,6 плодов. Процент плодоцветения (ППЦ) в целом для вида имеет невысокие значения. Самый низкий показатель завязываемости плодов характерен для ЦП 1 (39,0%), произрастающей в суровых условиях альпийских высокогорий, где в период активного роста и формирования соцветия особи лука часто попадают под воздействие отрицательных температур. Соответственно часть цветков на стадии бутонизации или во время цветения может подмерзать и не формирует плодов.

На открытых щебнистых (ЦП 1) и слабо задернованных (ЦП 2) склонах также отмечены генеративные побеги с неразвившимися соцветиями, по всей видимости, поврежденными заморозками. В то же время у особей, произрастающих среди высокого травостоя (ЦП 3), процент поврежденных цветков в соцветии значительно ниже, что отражается на показателях ППЦ (62,5%) (см. табл. 3).

В природе потенциальная семенная продуктивность (ПСП) особей *A. altaicum* выше на участках со слабо сформированным или неравномерным травостоем (ЦП 1, 2), что становится возможным за счет развития более многоцветковых соцветий. Максимальные значения ПСП отмечены в ЦП 2 (813,0 семяпочек на соцветие), минимальные – в ЦП 3 (450,9 семяпочек). Число жизнеспособных семян (РСП) всегда значительно меньше – 208,1–436,4 шт. Самый слабо реализуемый репродуктивный потенциал ($K_{pr}=31,6\%$) характерен для ЦП 1, в остальных ценопопуляциях он имеет средние значения (51,9–57,0%) (см. табл. 3).

Статистическая обработка данных показала, что большинство репродуктивных показателей вида отличаются высоким уровнем вариабельности. Самыми нестабильными признаками являются число плодов ($CV=48,1\text{--}61,3\%$) и РСП ($CV=51,1\text{--}79,9\%$). Менее изменчивы показатели фертильности пыльцы ($CV=1,8\text{--}3,5\%$) и числа семязачатков в цветке ($CV=13,6\text{--}29,1\%$) (см. табл. 3). Высокий уровень изменчивости генеративных признаков особей *A. altaicum* в природных условиях высокогорий связан с нестабильными погодными условиями (в том числе с частыми возвратными заморозками) и слабой конкурентной способностью вида в сообществах.

При сравнении ценопопуляций между собой больше всего достоверных отличий имеет ЦП 1, характеризующаяся наименьшими показателями репродуктивной сферы по большинству признаков. По таким показателям, как фертильность пыльцы, число цветков в соцветии, число семязачатков в цветке и семя в плоде, она достоверно отличается от двух других ценопопуляций. ЦП 2 и ЦП 3 достоверных отличий между собой не имеют.

Исследования репродуктивной сферы *A. altaicum* в условиях интродукции (СибБС ТГУ) показали, что разные образцы существенно отличаются между собой по основным репродуктивным характеристикам. Так, образец из ЦП 1 превосходит образец из ЦП 3 по числу плодов в соцветии почти в 2 раза, по показателю РСП – в 2,5 раза. Соответственно, K_{pr} образца с Куйтунского хребта достоверно выше и составляет 79,0%, в то время как у растений с Северо-Чуйского хребта он не превышает 33,4% (см. табл. 3).

Воспроизведение *A. altaicum* в условиях культуры осуществляется как семенным, так и вегетативным способом (отделением луковиц, образующихся на корневище). На коллекционных участках редких растений СибБС ТГУ вид способен давать самосев. Однако стоит отметить, что образцы, привлеченные из ЦП З не способны к активному формированию луковиц на корневище и размножаются преимущественно семенами. В природе особи данной ценопопуляции также образуют не более двух луковиц на корневище.

Морфология и всхожесть семян. Семена *A. altaicum* – черные, трехгранные, продолговатые с округлой спинкой. Длина семени варьирует в пределах от 3,0 до 3,9 мм, ширина – от 1,7 до 2,4 мм, толщина – от 0,9 до 1,2 мм. Масса 1000 шт. семян составляет от 1,9 до 2,5 г. Природные семена, по сравнению с культурными образцами имеют достоверно меньшие размеры длины и ширины, однако масса семян достоверно выше только у образца, привлеченного в интродукцию из ЦП З (см. табл. 3, рис. 3).

Семена *A. altaicum* не имеют периода покоя и способны прорастать сразу после созревания. По данным В.А. Черемушкиной с авторами [11], семена лука, собранные в условиях интродукционного эксперимента, имеют высокую всхожесть (88,1–97,2%), которую сохраняют на протяжении первых двух лет сухого хранения. На третий год хранения всхожесть семян начинает падать и уже составляет 60,6%. Сходные данные также получены С.А. Сучковой с соавторами [52] при выращивании этого вида в условиях лесной зоны Западной Сибири в СибБС ТГУ, где всхожесть свежесобранных семян лука разных образцов, привлеченных из других интродукционных центров, составляла от 76,0% до 95,3%. После трех лет хранения она снижалась более чем в 4–7 раз.



Рис. 3. Семена *A. altaicum*
[Fig. 3. Seeds of *A. altaicum*]

В наших исследованиях свежесобранные семена лука алтайского, полученные из природных местообитаний, имели всхожесть от 60% до 72% (в среднем 66,7%). При посеве в лабораторных условиях первые всходы появляются на третий день. Основная масса семян прорастает в первые две недели. После 7 месяцев сухого хранения всхожесть семян составляет уже в среднем 35,2%. Семена, собранные нами на коллекции редких растений в 2024 г., показали относительно невысокую всхожесть – в среднем 40,7% (28,0–53,3%), и только в отдельные годы их всхожесть достигала 96,0%. После 5,5 лет хранения всходило не более 10% семян.

Сезонный ритм развития. Наблюдения за сезонным ритмом развития природных образцов *A. altaicum* в условиях культуры на юге Томской области (СибБС ТГУ) показали, что данный вид относится к весенне-летне-осенне зеленым растениям с раннелетним ритмом цветения. Отрастание начинается после полного схода снежного покрова – с середины апреля. Через 3 недели активного роста листьев (в первой половине мая) растения переходят к стадии бутонизации. Цветение непродолжительное – около 12 дней, начинается в первой половине июня и завершается в 20-х числах месяца. Формирование семян в плоде длится около месяца (27–30 дней). Массовое созревание семян наблюдается во второй половине июля. После окончания плодоношения большая часть листьев усыхают, но стеблевая часть генеративного побега продолжает сохранять зеленую окраску. В августе особи при достаточном поступлении атмосферной влаги способны формировать новую генерацию листьев и продолжают вегетировать до начала октября. Вегетационный период длится от 135 до 160 дней.

Наши данные по основным фенологическим fazам развития *A. altaicum* в культуре также совпадают с результатами, полученными при выращивании природных образцов вида (Республика Алтай, Телецкое озеро) в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН (г. Уфа) [53]. При сравнении сезонного развития культивируемых алтайских образцов лука с образцами культурного происхождения установлено, что последние вступают в фазу цветения на 2–3 недели позже [52].

Оценка успешности интродукции. В результате комплексной оценки, проведенной с использованием авторской шкалы, разработанной для редких видов природной флоры [54], установлено, что *A. altaicum* в условиях интродукции на юге Томской области относится к устойчивым растениям. Он проходит полный цикл онтогенеза, который приближен к природному; дает жизнеспособный самосев; способен к искусственноому вегетативному размножению; практически не повреждается вредителями и болезнями; хорошо перезимовывает и не требует строгого соблюдения агротехнических приемов выращивания [55].

Созданный в СибБС ТГУ генофонд редкого хозяйствственно ценного растения *A. altaicum* способствует успешному сохранению вида в условиях *ex situ* и может быть использован для создания устойчивых агропопуляций и реинтродукционных мероприятий по восстановлению природных цено-популяций.

Заключение

В природных условиях Горного Алтая *Allium altaicum* – характерный вид крутых, щебнистых и каменистых склонов световых экспозиций в альпийском и субальпийском поясах гор. Нередко играет существенную роль в сложении растительного покрова осыпей, зарастающих курумников и участков с пионерной растительностью. Плотность особей, в зависимости от эколого-ценотических условий среды, существенно варьирует: на участках с подвижным грунтом или неравномерным травостоем она выше, с увеличением задернованности субстрата – существенно падает. Во всех исследованных ценопопуляциях преобладают генеративные особи. Цено-популяции нормальные, полночленные (сенильные особи не характерны) и неполночленные (отсутствуют особи ювенильного состояния). По классификации «дельта-омега» относятся к зрелым и зреющим. В естественных условиях обитания размножение и распространение особей *A. altaicum* осуществляется семенным путем. Вегетативное разрастание имеет место, но не приводит к захвату новых территорий. Луку алтайскому свойственна высокая продуктивность, потенциал которой в суровых условиях высоко-горий реализуется далеко не в полном объеме. Поэтому процессы самовозобновления вида семенным путем значительно затруднены. В условиях интродукционного эксперимента в Сибирском ботаническом саду ТГУ особи *A. altaicum* по большинству морфологических параметров превосходят природные образцы. В культуре лук алтайский размножается как семенным, так и вегетативным способом. Репродуктивные характеристики растений-интродуцентов также, как и в природных сообществах, сильно варьируют в зависимости от происхождения образца. Созданный генофонд редкого хозяйственно ценного растения может быть использован для создания устойчивых агропопуляций.

Список источников

- Польникова Е.Н. Изучение биоразнообразия растений Республики Алтай // Российская наука в современном мире : Сборник статей I международной научно-практической конференции. М. : Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2022. С. 210–212.
- Определитель растений Республики Алтай / под ред. И.М. Красноборова, И.А. Артемова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 701 с.
- Ачимова А.А. Растения Горного Алтая в обычаях и традициях алтайцев. Барнаул : Печатная комп. АРТИКА, 2012. 97 с.
- Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2023 году. Горно-Алтайск, 2024. 152 с. URL: <https://ecoportaltaii.ru/tpost/ifhri6r0n1-vishel-doklad-o-sostoyaniii-i-ob-ohrane-o> (дата обращения 02.06.2025).
- Некраторова Н.А., Некраторов Н.Ф. Лекарственные растения Алтас-Саянской горной области. Ресурсы, экология, ценокомплексы, популяционная биология, рациональное использование. Томск : Изд-во ТГУ, 2005. 228 с.
- Жмудь Е.В., Ачимова А.А., Кубан И.Н., Ямтыров М.Б., Дорогина О.В. *Rhaponticum carthamoides* (Asteraceae) в Республике Алтай: оценка состояния при антропогенном воздействии // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2022. № 15 (1). С. 92–106. doi: 10.17516/1997-1389-0376

7. Данилова А.Н. Биологические особенности *Allium altaicum* Pall., выращиваемого в Алтайском ботаническом саду // Растительные ресурсы. 1992. Т. 28, вып. 2. С. 77–82.
8. Голубкина Н.А., Агафонов А.Ф., Дудченко Н.С. Содержание микроэлементов в многолетних луках // Гавриш. 2009. № 5. С. 18–21.
9. Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых видов лука (*Allium L.*) // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 177–184. doi: 10.14258/jcprm.2019034842
10. Машанов В.И., Покровский А.А. Пряноароматические растения. М. : Агропромиздат, 1991. 287 с.
11. Черемушкина В.А., Днепровский Ю.М., Гранкина В.П., Судобина В.П. Корневищные луки Северной Азии: биология, экология, интродукция. Новосибирск : Наука, 1992. 159 с.
12. Байтулин И.О., Нурушева А.М., Садырова Г.А., Лысенко В.В. Дикорастущий пищевой лук Казахстана // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. 2012. № 6. С. 3–9.
13. Данчул Т.Ю., Битюкова Н.В. Сем. *Alliaceae* Borkh. – Луковые // Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 6. Семейства *Butomaceae* – *Turphaceae* / под ред. А.Л. Буранцева. СПб. ; М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 58–69.
14. Интродукция растений природной флоры Сибири / под ред. А.Н. Куприянова, Е.В. Банаева. Новосибирск : Академическое изд-во «ГЕО», 2017. 495 с.
15. Брежnev Д.Д., Коровина О.Н. Дикие сородичи культурных растений флоры СССР. Л. : Колос, 1981. 375 с.
16. Середин Т.М., Иванова М.И., Шумилина В.В., Ушакова И.Т., Марчева М.М. Многолетние луки, используемые в пищевых, декоративных и лекарственных целях // Современное садоводство. 2020. № 1. С. 40–48. doi: 10.24411/2312-6701-2020-10106
17. Красная книга Алтайского края. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / под ред. А.И. Шмакова, М.М. Силантьевой. Барнаул : Изд-во Алтайского университета, 2016. 290 с.
18. Красная книга Забайкальского края: Растения / под ред. О.А. Поповой. Новосибирск : Дом мира, 2017. 384 с.
19. Красная книга Иркутской области / под ред. С.М. Трофимовой. Улан-Удэ : Республикаанская типография, 2020. 552 с.
20. Красная книга Амурской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов / под ред. Е.И. Маликовой. Благовещенск : Изд-во ДальГАУ, 2020. 502 с.
21. Красная книга Республики Алтай: растения / под ред. А.Г. Манеева. Горно-Алтайск : Изд-во ГАГУ, 2017. 267 с.
22. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / под ред. О.А. Аненхонова. Белгород : КОНСТАНТА, 2023. 342 с.
23. Фризен Н.В. Род *Allium L.* – Лук // Флора Сибири. Araceae – Orchidaceae. Т. 4 / под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск : Наука, 1987. С. 55–96.
24. Черемушкина В.А. Онтогенез лука алтайского, или каменного (*Allium altaicum* Pall.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Т. III / под ред. Л.А. Жуковой. Йошкар-Ола : МарГУ, 2002. С. 242–247.
25. Гранкина В.П., Фризен Н.В., Ханминчун В.М., Данилова Н.С., Черемушкина В.А. Лук алтайский, каменный, дикий батун – *Allium altaicum* Pall. // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране / под ред. К.А. Соболевской. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 121–141.
26. Фризен Н.В. Луковые Сибири (систематика, кариология, хорология). Новосибирск : Наука, 1988. 185 с.

27. Бойко Э.В., Старченко В.М. Флористические находки в бассейне реки Амур // Ботанический журнал. 1982. Т. 67, № 9. С. 1301–1305.
28. Полевая геоботаника. Т. 3 / под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М. ; Л. : Наука, 1964. 530 с.
29. Drude O. Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart : J. Engelhorn, 1890. Vol. XVI. 582 p.
30. Hassler M. Synonymic checklists of the vascular plants of the World (version 25.06) // Catalogue of Life (2025-10-10 XR). Catalogue of Life Foundation / O. Bánki, Y. Roskov, M. Döring, G. Ower, D.R. Hernández Robles, C.A. Plata Corredor, T. Stjernegaard Jeppesen, A. Örn, T. Pape, D. Hoborn, S. Garnett, H. Little, R.E. DeWalt, J. Miller, T. Orrell, R. Aalbu. Amsterdam, Netherlands, 2025. Available at: <https://www.worldplants.de> (accessed 18.11.2025).
31. Борисова И.В. Сезонная динамика растительного сообщества / под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина // Полевая геоботаника. Т. 4. Л. : Наука, 1972. С. 5–94.
32. Байдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ : методические указания. Новосибирск : Наука, 1974. 155 с.
33. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы : Университетская книга, 2013. 439 с.
34. Османова Г.О., Животовский Л.А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152. doi: 10.31857/S0002332920020058
35. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола : РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
36. Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений / под ред. Л.А. Жуковой, Н.В. Глотова, Л.А. Животовского // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола : Периодика Марий Эл, 1988. С 146–149.
37. Барыкина И.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2004. 312 с.
38. Работнов Т.А. Методы изучения семенной продуктивности травянистых растений в сообществах // Полевая геоботаника. Т. 2. / под ред. А.А. Корчагина, Е.М. Лавренко, В.М. Понятовской. Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1960. С. 20–38.
39. Вайнагай И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т. 59, № 6. С. 826–831.
40. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений: обзор проблемы. М. : Наука, 1981. 96 с.
41. Комар Г.А. Семейство Alliaceae. Сравнительная анатомия семян. Т. 1. Однодольные / под ред. А.Л. Тахтаджяна. Л. : Наука, 1985. С. 78–82.
42. Броувер В., Штелин А. Справочник по семеноведению сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян / пер. с нем. В.И. Леунова. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 694 с.
43. Ишмуратова М.М., Ткаченко К.Г. Семена травянистых растений: особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro*. Уфа : Гилем, 2009. 116 с.
44. Лакин Г.Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.
45. Пяк А.И. Петрофиты Русского Алтая. Томск : Изд-во Томского университета, 2003. 202 с.
46. Герасимович Л.В. Сем. Луковые – Alliaceae // Определитель растений Республики Алтай / под ред. И.М. Красноборова, И.А. Артемова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. С. 496–501.
47. Молоканов С.И. Конспект флоры Курайского хребта. Барнаул : Изд-во Алтайского университета, 2014. 240 с.

48. Артемов И.А. Флора Природного парка «Белуха» (Республика Алтай) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 42. С. 69–101. doi: 10.17223/19988591/42/4
49. Ханминчун В.М. Сообщества *Allium altaicum* Pall. в Юго-Западной Туве и Юго-Восточном Алтае // Известия СО АН СССР. Серия биологических наук. 1985. № 13, вып. 2. С. 29–35.
50. Черемушкина В.А. Биология луков Евразии. Новосибирск : Наука, 2004. 277 с.
51. Данилова А.Н., Котухов Ю.А. К биологии *Allium altaicum* (Amaryllidaceae) в природе Казахстанского Алтая и в интродукции // Kazakhstan Journal of Botany. 2023. № 2 (3). С. 7–16.
52. Сучкова С.А., Чикин Ю.А., Михайлова С.И., Абзалтденов Т.З. Интродукция *Allium altaicum* Pall. в Сибирском ботаническом саду ТГУ // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 80–86. doi: 10.36718/1819-4036-2023-11-80-86
53. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Лук алтайский при интродукции в Южно-Уральском ботаническом саду-институте // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4. С. 76–81. doi: 10.36718/1819-4036-2022-4-76-81
54. Prokopyev A.S., Chernova O.D. Assessment of the success of the introduction of some rare plant species in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. 052034. doi:10.1088/1755-1315/421/5/052034
55. Прокопьев А.С., Катаева Т.Н., Прокопьева Е.С. Редкие полезные растения гор Южной Сибири в условиях интродукции на юге Томской области // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения : Сборник материалов XII Международной научной конференции молодых ученых. М. : ФГБНУ ВИЛАР, 2024. С. 34–38.

References

1. Polnikova EN. Studying plant biodiversity Republic of Altai. In: *Russian Science in the Modern World*. Collected Papers L International Scientific-Practical conference (Moscow, Russia, 30 November, 2022). Moscow: Research and Publishing Center “Actual-nots.RF”; 2022. pp. 210-212. In Russian, English summary
2. Opredelitel' rasteniy Respubliki Altay [Identifier of plants of the Altai Republic]. Krasnoborov IM, Artemov IA, editors. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2012. 701 p. In Russian
3. Achimov AA. Rasteniya Gornogo Altaya v obychayah i tradiciyah altaycev [Plants of the Altai Mountains in the Customs and Traditions of the Altai People]. Barnaul: Printed Comp. ARTIKA; 2012. 97 p. In Russian
4. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Respubliki Altay v 2023 godu [Report on the state and protection of the environment of the Altai Republic in 2023]. Gorno-Altaysk; 2024. 152 p. [Electronic resource]. Available at: <https://ecoportaltaii.ru/tpost/ifhri6r0n1-vishel-doklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-o> (accessed 02.06.2025). In Russian
5. Nekratova NA, Nekratov NF. Lekarstvennye rasteniya Altai-Sayanской горной области. Resursy, ekologiya, cenokompleksy, populacionnaya biologiya, racional'noe ispol'zovanie [Medicinal plants of the Altai-Sayan mountain region. Resources, ecology, coeno-complexes, population biology, rational use]. Tomsk: TSU Publishing House; 2005. 228 p. In Russian
6. Zhmud EV, Achimova AA, Kuban IN, Yamtirov MB, Dorogina OV. *Rhaponticum carthamoides* (Asteraceae) in the Altai Republic: assessment of the state of the plant affected by human activities. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2022;15(1):92-106. In Russian, English summary. doi: 10.17516/1997-1389-0376

7. Danilova AN. Biological characteristics of *Allium altaicum* Pall. grown in the Altai Botanical Garden. *Rastitelnye Resursy – Plant Resources*. 1992;28(2):77-82. In Russian, English summary
8. Golubkina NA, Agafonov AF, Dudchenko NS. Trace elements accumulation by perennial onions. *Gavish*. 2009;5:18-21. In Russian, English summary
9. Fomina TI, Kukushkina TA. Content of biologically active substances in the above-ground part of some onion species (*Allium L.*). *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja = Chemistry of plant raw material*. 2019;3:177-184. In Russian, English summary. doi: 10.14258/jcprm.2019034842
10. Mashanov VI, Pokrovsky AA. Pryanoaromaticheskie rasteniya [Spicy aromatic plants]. Moscow: Agropromizdat; 1991. 287 p. In Russian
11. Cheremushkina VA, Dneprovsky YuM, Grankina VP, Sudobina VP. Kornevishchnye luki Severnoy Azii: biologiya, ekologiya, introdukciya [Rhizome onions of Northern Asia: biology, ecology, introduction]. Novosibirsk: Nauka; 1992. 159 p. In Russian
12. Baitulin IO, Nurusheva AV, Sadyrova GA, Lysenko VV. The food wild onion in Kazakhstan. *Izvestiya Nacional'noy akademii nauk Respubliki Kazahstan. Seriya biologicheskaya i medicinskaya = News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2012;6:3-9. In Russian, English summary
13. Danchul TYu, Bityukova NV. Alliaceae Borkh. In: *Rastitel'nye resursy Rossii: Dikorastushchie cvetkovye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'*. Vol. 6. *Butomaceae – Typhaceae* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Vol. 6. Butomaceae – Typhaceae]. Budantsev AL, editor. St. Petersburg, Moscow: KMK Publishing House; 2014. pp. 58-69. In Russian
14. Introduktsiya rasteniy prirodnoy flory Sibiri [Introduction of plants of the natural flora of Siberia]. Kupriyanov AN, Banaev EV, editors. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo "Geo"; 2017. 495 p. In Russian
15. Brezhnev DD, Korovina ON. Dikie sorodichi kul'turnykh rasteniy flory SSSR [Wild relatives of cultivated plants of the USSR flora]. Leningrad: Kolos; 1981. 375 p. In Russian
16. Seredin TM, Ivanova MI, Schumilina VV, Ushakova IT, Marcheva MM. Perennial onions for food, decorative and medicinal purposes. *Sovremennoe sadovodstvo - Contemporary horticulture*. 2020;1:40-48. In Russian, English summary. doi: 10.24411/2312-6701-2020-10106
17. Krasnaya kniga Altayskogo kraya. Vol. 1: Redkie i nahodyashchesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i gribov [Red Book of Altai Krai. Vol. 1: Rare and Endangered Species of Plants and Fungi]. Shmakov AI, Silantyeva MM, editors. Barnaul: Publishing house of Altai University; 2016. 290 p. In Russian
18. Krasnaya kniga Zabaykal'skogo kraya: Rasteniya [Red Book of the Transbaikal Territory: Plants]. Popova OA, editor. Novosibirsk: House of Peace; 2017. 384 p. In Russian
19. Krasnaya kniga Irkutskoy oblasti [Red Book of the Irkutsk Region]. Trofimova SM, editor. Ulan-Ude: Republican Printing House; 2020. 552 p. In Russian
20. Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: redkie i nahodyashchesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy zhivotnykh, rasteniy i gribov [Red Book of the Amur Region: Rare and Endangered Species of Animals, Plants and Fungi]. Malikova EI, editor. Blagoveschchensk: Publishing House of Far Eastern State Agrarian University; 2020. 502 p. In Russian
21. Krasnaya kniga Respubliki Altay: rasteniya [Red Book of the Altai Republic: Plants]. Maneev AG, editor. Gorno-Altaisk: GASU Publishing House; 2017. 267 p. In Russian
22. Krasnaya kniga Respubliki Buryatiya: Redkie i nahodyashchesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i gribov [Red Book of the Republic of Buryatia: Rare and Endangered Species of Plants and Fungi]. Anenkhonov OA, editor. Belgorod: KONSTANTA; 2023. 342 p. In Russian

23. Frizen NV. *Allium* L. In: *Flora Sibiri. Araceae – Orchidaceae. Vol. 4* [Flora of Siberia. Araceae – Orchidaceae. Vol. 4]. Malyshев LI, Peshkova GA, editors. Novosibirsk: Nauka; 1987. pp. 55–96. In Russian
24. Cheremushkina VA. Ontogenesis of *Allium altaicum* Pall. In: *Ontogeneticheskiy atlas lekarstvennykh rasteniy. Vol. III* [Ontogenetic atlas of medicinal plants. Vol. III]. Zhukova LA, editor. Yoshkar-Ola: MarSU; 2002. pp. 242–247. In Russian, English summary
25. Grankina VP, Friesen NV, Khamminchun VM, Danilova NS, Cheremushkina VA. *Allium altaicum* Pall. In: *Biologicheskie osobennosti rasteniy Sibiri, nuzhdayushchikhsya v ohrane* [Biological features of Siberian plants in need of protection]. Sobolevskaya KA, editor. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch; 1986. pp. 121–141. In Russian
26. Frizen NV. Lukovye Sibiri (sistematika, kariologiya, horologiya) [Onion family of Siberia (taxonomy, karyology, chorology)]. Novosibirsk: Nauka; 1988. 185 p. In Russian
27. Boyko EV, Starchenko VM. Floristic findings at the basin of the Amur river. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical Journal*. 1982;67(9):1301–1305. In Russian, English summary
28. Polevaya geobotanika. T. 3 [Field geobotany. Vol. 3]. Lavrenko EM, Korchagina AA, editors. Moscow, Leningrad: Nauka Publ.; 1964. 530 p. In Russian
29. Drude O. Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart: J. Engelhorn; 1890. Vol. XVI. 582 p.
30. Hassler M. Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World (version 25.06). In: Bánki O, Roskov Y, Döring M, Ower G, Hernández Robles DR, Plata Corredor CA, Stjernegaard Jeppesen T, Örn A, Pape T, Hobern D, Garnett S, Little H, DeWalt RE, Miller J, Orrell T, & Aalbu R, *Catalogue of Life* (2025-10-10 XR). Catalogue of Life Foundation. Amsterdam, Netherlands. Available at: <https://www.worldplants.de> (accessed 18.11.2025).
31. Borisova IV. Sezonnaya dinamika rastitel'nogo soobshchestva [Seasonal dynamics of plant community]. In: Polevaya geobotanika. Vol. 4 [Field Geobotany. Vol. 4]. Leningrad: Nauka; 1972. pp. 5–94. In Russian
32. Beydeman IN. Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv: metodicheskie ukazaniya [Methods for studying the phenology of plants and plant communities: guidelines]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1974. 155 p. In Russian
33. Zlobin YuA, Sklyar VG, Klimenko AA. Populyatsii redkikh vidov rasteniy: teoretičeskiesnovy i metodika izucheniya [Populations of rare plant species: theoretical foundations and study methods]. Sumy: Universitetskaya kniga Publ.; 2013. 439 p. In Russian
34. Osmanova GO, Zhivotovsky LA. The Ontogenetic Spectrum as an Indicator of the Status of Plant Populations. *Biology Bulletin*. 2020;47(2):141–148. doi: 10.1134/S1062359020020053
35. Zhukova LA. Populyacionnaya zhizn' lugovyh rastenij [Population life of meadow plants]. Joshkar-Ola: RIIK "Lanar"; 1995. 224 p. In Russian
36. Glotov NV. Ob ocenke parametrov vozrastnoy struktury populyaciyi rasteniy [On the assessment of parameters of age structure of plant populations]. In: *Zhizn' populyaciyi v geterogennoy srede*. Materialy II Vseros. populyacion. seminara. Part 1 [Life of populations in a heterogeneous environment. Materials of the II All-Russian population seminar. Part 1]. Zhukova LA, Glotov NV, Zhivotovsky LA, editors. Yoshkar-Ola: Periodicals Mari El; 1998. pp. 146–149. In Russian
37. Barykina IP, Veselova TD, Devyatov AG. Spravochnik po botanicheskoy mikrotehnike. Osnovy i metody [Handbook of botanical microtechnology. Fundamentals and Techniques]. Moscow: Moscow State University Publ.; 2004. 312 p. In Russian
38. Rabotnov TA. Metody izucheniya semennoy produktivnosti travyanistykh rasteniy v soobshchestvakh [Methods for studying seed productivity of herbaceous plants in communities]. In: Polevaya geobotanika. Vol. 2 [Field Geobotany. Vol. 2]. Moscow, Leningrad, 1960. pp. 20–38. In Russian.
39. Vaynagiiv IV. On the method of studying seed productivity of plants. *Botanicheskiy zhurnal – Botanical journal*. 1974;59(6):826–831. In Russian, English summary

40. Levina RE. Reproduktivnaya biologiya semennykh rasteniy: obzor problemy [Reproductive biology of seed plants: a review of the problem]. Moscow: Nauka Publ.; 1981. 96 p. In Russian
41. Komar GA. Alliaceae. In: *Sravnitel'naya anatomiya semyan. Vol. 1. Odnodol'nye* [Comparative anatomy of seeds. Vol. 1. Monocots]. Takhtadzhyan AL, editor. Leningrad: Nauka; 1985. pp. 78-82. In Russian
42. Brouwer V, Shtelin A. Spravochnik po semenovedeniyu sel'skohozyaystvennykh, lesnykh i dekorativnykh kul'tur s klyuchom dlya opredeleniya vazhneyshikh semyan [Handbook of seed science of agricultural, forest and ornamental crops with a key for identifying the most important seeds]. Moscow: KMK Scientific Publications Partnership; 2010. 694 p. In Russian
43. Ishmuratova MM, Tkachenko KG. Semena travyanistykh rasteniy: osobennosti latentnogo perioda, ispol'zovanie v introduksii i razmnozhenii *in vitro* [Herbaceous plant seeds: features of the latent period, use in introduction and reproduction *in vitro*]. Ufa: Gilem Publ.; 2009. 116 p. In Russian
44. Lakin GF. Biometriya [Biometrics]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1990. 352 p. In Russian
45. Pyak AI. Petrofity Russkogo Altaya [Petrophytes of Russian Altai]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2003. 200 p. In Russian
46. Gerasimovich LV. Alliaceae. In: *Opredelitel' rasteniy Respubliki Altay* [Identifier of plants of the Altai Republic]. Krasnoborov IM, Artemov IA, editors. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2012. pp. 496-501. In Russian
47. Molokanov SI. Konspekt flory Kurayskogo hrebeta [Abstract of the Kurai Ridge flora]. Barnaul: Publishing house of Altai University; 2014. 240 p. In Russian
48. Artemov IA. Flora of Belukha Nature Park (Altai Republic). *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology.* 2018;42: 69-101. In Russian, English summary. doi: 10.17223/19988591/42/4
49. Khanminchun VM. Soobshchestva *Allium altaicum* Pall. v Yugo-Zapadnoy Tuve i Yugo-Vostochnom Altae [Communities of *Allium altaicum* Pall. in South-West Tuva and South-East Altai]. *Izvestiya SO AN SSSR. Seriya biologicheskikh nauk = Bulletin of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Series of Biological Sciences.* 1985;13(2):29-35. In Russian
50. Cheremushkina VA. Biologiya lukov Evrazii [Biology of Eurasian onions]. Novosibirsk: Nauka; 2004. 277 p. In Russian
51. Danilova AN, Kotukhov YuA. On the biology of *Allium altaicum* (Amaryllidaceae) in the nature of Kazakhstan Altai and in introduction. *Kazakhstan Journal of Botany.* 2023;2(3):7-16. In Russian, English summary
52. Suchkova SA, Chikin YuA, Mikhailova SI, Abzaltdenov TZ. Introduction of *Allium altaicum* Pall. in the Siberian Botanical Garden of TSU. *Vestnik KrasGAU – Bulletin of KSAU.* 2023;11:80-86. In Russian, English summary. doi: 10.36718/1819-4036-2023-11-80-86
53. Tukhvatullina LA, Abramova LM. Onion Altai when introduced in the South-Ural Botanical Garden-Institute. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KSAU.* 2022;4:76-81. In Russian, English summary. doi: 10.36718/1819-4036-2022-4-76-81
54. Prokopyev AS, Chernova OD. Assessment of the success of the introduction of some rare plant species in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020;421:052034. doi:10.1088/1755-1315/421/5/052034
55. Prokopyev AS, Kataeva TN, Prokopyeva ES. Rare useful plants of the mountains of Southern Siberia under conditions of introduction in the south of the Tomsk region. In: *Sovremennye tendencii razvitiya tekhnologiy zdorov'eskoberezheniya. Sbornik materialov XII Mezhdunar. nauchnoy konf. molodykh uchenykh* [Modern trends in the development of health-preserving technologies. Collection of materials of the XII International scienc-

tific conference of young scientists (Moscow, Russia, 05-06 December, 2024)]. Moscow: FGBNU VILAR; 2024. pp. 34-38. In Russian, English summary

Информация об авторах:

Прокопьев Алексей Сергеевич, канд. биол. наук, доцент, с. н. с. лаборатории редких растений, Сибирский ботанический сад, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-9745>

E-mail: rareplants@list.ru

Катаева Татьяна Николаевна, инженер лаборатории редких растений, Сибирский ботанический сад, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3132-1926>

E-mail: gentianka@mail.ru

Ямбуров Михаил Сергеевич, канд. биол. наук, директор Сибирского ботанического сада, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6664-2311>

E-mail: yamburov@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Alexey S. Prokopyev, Cand. Sci. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of rare plants, Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-9745>

E-mail: rareplants@list.ru

Tatyana N. Kataeva, engineer of the Laboratory of rare plants, Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3132-1926>

E-mail: gentianka@mail.ru

Mikhail S. Yamburov, Cand. Sci. (Biol.), Director of the Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6664-2311>

E-mail: yamburov@mail.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 10.06.2025;
одобрена после рецензирования 12.08.2025; принята к публикации 11.12.2025.*

*The article was submitted 10.06.2025;
approved after reviewing 12.08.2025; accepted for publication 11.12.2025.*