



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 342–353

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 342–353

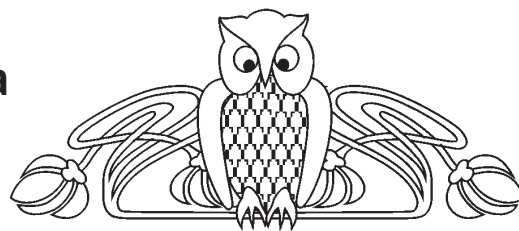
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-342-353>, EDN: VUTZOI

Научная статья

УДК [581.5:582.736] (470.44/.47)

Возрастная и виталитетная структура естественных и реинтродукционных популяций *Calophaca wolgarica*



Ю. И. Кулисёва, И. В. Шилова, Л. В. Гребенюк, А. С. Кашин ✉

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Кулисёва Юлия Игоревна, аспирант биологического факультета, yulya.kuliseva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3715-5837>

Шилова Ирина Васильевна, кандидат биологических наук, ведущий биолог отдела биологии и экологии растений УНЦ «Ботанический сад», schiva1952@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9828-4229>

Гребенюк Людмила Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий биолог отдела биологии и экологии растений УНЦ «Ботанический сад», grebenuk2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0812-8861>

Кашин Александр Степанович, доктор биологических наук, профессор кафедры генетики, kashinas2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2342-2172>

Аннотация. Представлены результаты анализа онтогенетической и виталитетной структуры *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. – редкого реликтового вида растений, палеоэндемика Юго-Восточной Европы. В рамках мониторинга состояния популяций данного вида в 2024 г. исследованы 21 естественная популяция на территории Волгоградской и Ростовской областей, Р. Калмыкия, Ставропольского края, а также пять реинтродукционных популяций на территории Саратовской области. Определены онтогенетические состояния растений. На основе соотношения возрастных групп установлены типы популяций по системе Л. А. Животовского. Измерены 14 морфологических параметров растений. Произведена оценка виталитетного состояния особей и популяций с использованием индексов IVC и Q. В большинстве естественных популяций *C. wolgarica* доминировали растения зрелого генеративного состояния. Преобладание в ряде популяций других возрастных групп связано с влиянием внешних факторов. Наблюдались все возможные типы онтогенетической структуры, кроме переходного. Все реинтродукционные популяции были молодыми, большинство природных популяций – зрелыми. Исходя из высоких значений жизненности, констатировано, что большая часть естественных и все реинтродукционные популяции процветающие, только две популяции оценены как депрессивные. В некоторых процветающих зрелых популяциях отсутствует самовозобновление, что потенциально может привести к гибели популяций в последующие годы. Показано, что из естественных популяций в наилучшем состоянии находятся те, которые расположены на северо-западе ареала, в наихудшем – несколько юго-восточных популяций. Отмечено негативное воздействие на некоторые популяции пожаров и чрезмерного выпаса скота.

Ключевые слова: *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC., морфометрия, возрастная структура, виталитет, реинтродукция

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 24-24-00305, <https://rscf.ru/project/24-24-00305/>.

Для цитирования: Кулисёва Ю. И., Шилова И. В., Гребенюк Л. В., Кашин А. С. Возрастная и виталитетная структура естественных и реинтродукционных популяций *Calophaca wolgarica* // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 342–353. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-342-353>, EDN: VUTZOI

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Age and vitality structure of natural and reintroduced populations of *Calophaca wolgarica*

Yu. I. Kuliseva, I. V. Shilova, L. V. Grebenyuk, A. S. Kashin ✉

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Yulia I. Kuliseva, yulya.kuliseva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3715-5837>

Irina V. Shilova, schiva1952@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9828-4229>

Lyudmila V. Grebenyuk, grebenuk2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0812-8861>

Alexander S. Kashin, kashinas2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2342-2172>



Abstract. The results of the analysis of ontogenetic and vitality structure of *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. – a rare relict plant species, a paleoendemic to South-Eastern Europe – are presented. As part of the monitoring of the condition of this species' populations, 21 natural populations on the territories of Volgograd and Rostov regions, the Republic of Kalmykia, Stavropol Krai, as well as five reintroduced populations on the territory of Saratov region were studied in 2024. The ontogenetic conditions of the plants were determined. Based on age group ratio, the population types were stated by L. A. Zhivotovsky system. 14 morphological parameters of the plants were measured. The vitality structure of the individuals and the populations was assessed using IVC and Q indexes. Mature generative plants prevailed in most natural populations of *C. wolgarica*. Predominance of the other age groups in a few populations was related to impact of the external factors. All possible types of the ontogenetic structure were observed, except a transitional one. All the reintroduced populations were young, most natural ones were mature. Considering the large vitality values, it is stated that the large majority of the natural populations and all the reintroduced populations are prosperous, only two populations are evaluated as depressive. In some prosperous mature populations there is no self-reproduction, which can lead potentially to death of those populations in the following years. It is shown that, among the natural populations, those placed in the north-west of the species area are in the best condition, and a few south-eastern populations are in the worst condition. The negative influence of fire and overgrazing on some populations was noted.

Key words: *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC., morphometry, age structure, vitality, reintroduction

Acknowledgements. This work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 24-24-00305, <https://rscf.ru/project/24-24-00305/>.

For citation: Kuliseva Yu. I., Shilova I. V., Grebenyuk L. V., Kashin A. S. Age and vitality structure of natural and reintroduced populations of *Calophaca wolgarica*. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 342–353 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-342-353>, EDN: VUTZOI

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

В настоящее время одной из важнейших глобальных экологических проблем является сокращение биологического разнообразия. Численность и ареалы многих видов уменьшаются, часть из них находится на грани исчезновения. Особенно уязвимы реликтовые эндемики, которые обычно имеют низкую численность популяций и занимают узлокальные, часто дизъюнктивные ареалы [1, 2].

К таким видам относится майкараган волжский (*Calophaca wolgarica* (L. fl.) DC.) – палеоэндемик Юго-Восточной Европы, реликт эпохи миоцена с дизъюнктивным ареалом. Это засухоустойчивый кустарник семейства Fabaceae Lindl., единственный вид рода, произрастающий в европейской части России [3].

Вид указывается для территорий Волгоградской, Ростовской областей, Ставропольского края, Р. Калмыкия, Донецкой Народной Республики. За пределами России обитает в степях Украины. Вид является ассектатором ковыльных степных сообществ. Он растёт на степных участках, на чернозёмах, глинистых и каменистых почвах, реже по опушкам горных сосняков или по склонам степных балок [4–6].

Вид включён в Красную книгу Российской Федерации и во все Красные книги регионов, в которых произрастает [4–6]. В настоящее время *C. wolgarica* считается исчезнувшим в Астраханской, Оренбургской, Ульяновской, Самарской и Саратовской областях; его присутствие в последние десятилетия не подтверждается на Кавказе, в Крыму, в Казах-

стане, вид находится на грани исчезновения и в Краснодарском крае [7–10]. В Саратовской области произрастание вида не подтверждается сборами с 1869–1870 гг. [11, 12].

Вид имеет низкий потенциал расселения, характеризуется низкой конкурентоспособностью. Легко выпадает из растительных сообществ под воздействием целого ряда факторов. Основными факторами, угрожающими существованию его популяций, выступают: низкая семенная продуктивность (небольшое число полностью вызревающих семян в бобах), немногочисленный самосев и медленное развитие; неблагоприятные погодные условия для прорастания семян в период диссеминации; затруднённое семенное возобновление на участках с ненарушенным верхним слоем почвенного покрова; высокая степень общего проективного покрытия в фитоценозах; интенсивный выпас, особенно мелкого рогатого скота; степные пожары в любое время года; прямое уничтожение растительного и почвенного покрова сельскохозяйственной и дорожно-строительной техникой; узкая экологическая амплитуда, малочисленность и географическая изолированность популяций [13].

Для разработки мер по увеличению численности и восстановлению популяций *C. wolgarica*, сохранения вида и его генофонда в природной среде важно изучать различные аспекты его биологии и экологии. Целью данной работы было выявление особенностей онтогенетической и виталитетной структуры естественных и реинтродукционных популяций *C. wolgarica*.

Материалом для исследования структуры популяций *C. wolgarica* послужили данные, полученные при определении возрастных состояний и соотношений возрастных групп, а также при измерении морфологических признаков у растений. Сбор материала проводился в июне-июле 2024 г. в фазу массового цветения и плодоношения *C. wolgarica*. Исследованы

21 естественная популяция на территории Волгоградской и Ростовской областей, Р. Калмыкия, Ставропольского края (рис. 1). Кроме того, изучены пять реинтродукционных популяций, созданных сотрудниками УНЦ «Ботанический сад» СГУ имени Н. Г. Чернышевского на территории Саратовской области в 2015 и 2020 гг., три из которых находятся в Пугачёвском р-не, и по одной – в Фёдоровском и Ершовском р-нах (табл. 1) [14, 15].



Рис. 1. Местоположение исследованных популяций *C. wolgarica*. Жёлтым отмечены естественные популяции, красным – реинтродукционные (цвет онлайн)

Fig. 1. Placement of *C. wolgarica* studied populations. Yellow is the natural populations, red is the reintroduced populations (color online)

Для анализа онтогенетической структуры популяций в соответствии с рекомендациями выделяли девять основных возрастных состояний особей [16, 17]. Описание их приводится по результатам наших наблюдений и по литературным данным об онтогенезе других видов кустарников из семейства бобовых [14, 18–20]: всходы, или проростки (р), имеют две овальные семядоли и до четырёх простых листьев; ювенильные (j) имеют только побег первого порядка, стебель не полностью одревесневший,

гладкий, семядоли опадают, нижние листья простые, 6-й – 9-й листья тройчатые, 10-й лист – из 5 листочков; имматурное состояние (im) – побег первого порядка приостанавливает рост, в нижней части присутствуют зачатки или уже развитые побеги второго порядка, стебель одревесневший с более или менее густо сидящими сухими остатками прилистников, листья – из 5–11 листочков; виргинильное (v) – в верхнем ярусе имеются побеги третьего порядка с одревеснением, листья – из 9–19 листочков; молодое



Таблица 1 / Table 1

Местоположение изученных естественных и реинтродукционных популяций *C. wolgarica*
Placement of the studied natural and reintroduced populations of *C. wolgarica*

Регион / Region	Условное обозначение популяций / Conditional designation of population	Местоположение популяций / Placement of populations
Естественные популяции / Natural populations		
Волгоградская область / Volgograd region	Vol	Городищенский р-н, окр. г. Волгоград / Gorodishchensky district, the surroundings of Volgograd city
	Zah	Котельниковский р-н, окр. х. Захаров / Kotelnikovsky district, the surroundings of Zakharov village
	Okt1	Октябрьский р-н, окр. п. Октябрьский / Oktyabrsky district, the surroundings of Oktyabrsky village
	Abg	Светлоярский р-н, окр. с. Абганерово / Svetloyarsky district, the surroundings of Abganerovo village
	Tin	Светлоярский р-н, окр. ст. Тингута / Svetloyarsky district, the surroundings of TInguta village
	Cher	Чернышковский р-н, окр. х. Верхнецимлянский / Chernyshkovsky district, the surroundings of Verkhnetsimlyansky village
	May	Суровикинский р-н, окр. п. Майоровский / Surovinsky district, the surroundings of Mayorovsky village
	Gol	Калачевский р-н, окр. х. Голубинский / Kalachevsky district, the surroundings of Golubinsky village
	Okt2	Ольховский р-н, окр. п. Октябрьский / Olkhovsky district, the surroundings of Oktyabrsky village
	Blh	Палласовский р-н, окр. оз. Булукта / Pallasovsky district, the surroundings of Lake Bulukhta
Ростовская область / Rostov region	Ves	Ремонтненский р-н, окр. п. Весёлый / Remontnensky district, the surroundings of Vesely village
	Gon	Пролетарский р-н, окр. х. Ганчуков / Proletarsky district, the surroundings of Ganchukov village
	Nes	Мартыновский р-н, окр. х. Несмеяновка / Martynovsky district, the surroundings of Nesmeyanovka village
	Vin	Усть-Донецкий р-н, окр. п. Виноградный / Ust'-Donetsky district, the surroundings of Vinogradny village
	Bel	Константиновский р-н, окр. х. Белянский / Konstantinovsky district, the surroundings of Belyansky village
	Ald	Дубовский р-н, окр. п. Алдабульский / Dubovsky district, the surroundings of Aldabulsky village
	Hor	Цимлянский р-н, окр. ст. Хорошевская / Tsimlyansky district, the surroundings of Khoroshevskaya village
Республика Калмыкия / the Republic of Kalmykia	Pld	Малодербетовский р-н, окр. с. Плодовитое / Maloderbetovsky district, the surroundings of Plodovitoye village
	Sad	Сарпинский р-н, окр. с. Садовое / Sarpinsky district, the surroundings of Sadovoye village
	Zag	Целинный р-н, окр. с. Загиста / Tselinny district, the surroundings of Zagista village



Окончание табл. 1 / Continuation of the Table 1

Регион / Region	Условное обозначение популяций / Conditional designation of population	Местоположение популяций / Placement of populations
Естественные популяции / Natural populations		
Ставропольский край / Stavropol Krai	Stvr	Шпаковский р-н, окр. Сенгилеевского вдхр. (г. Ставрополь) / Shpakovsky district, the surroundings of Sengileevsky reservoir (Stavropol city)
Реинтродукционные популяции / Reintroduced populations		
Саратовская область / Saratov region	Mks	Пугачёвский р-н, окр. с. Максютново (посев 2015 г.) / Pugachevsky district, the surroundings of Maksyutovo village (sowing in 2015)
	Dol	Фёдоровский р-н, окр. с. Долина (посев 2015 г.) / Fedorovsky district, the surroundings of Dolina village (sowing in 2015)
	Mksn	Пугачёвский р-н, окр. с. Максютново (посев 2020 г.) / Pugachevsky district, the surroundings of Maksyutovo village (sowing in 2020)
	Sol	Пугачёвский р-н, окр. п. Солянский (посев 2020 г.) / Pugachevsky district, the surroundings of Solyansky village (sowing in 2020)
	Nvr	Ершовский р-н, окр. с. Новоряженка (посев 2020 г.) / Yershovsky district, the surroundings of Novoryanzhenka village (sowing in 2020)

генеративное (g_1) – на побегах третьего порядка появляются цветки и плоды, плодоношение нестабильное и нерегулярное; зрелое генеративное (g_2) – крона развита максимально, все побеги цветущие и плодоносящие, плодоношение обильное; старое генеративное (g_3) – крона развита максимально, но не все побеги цветущие, есть усыхающие и усохшие побеги, плодоношение снижается от обильного до незначительного к концу состояния; субсильные (ss) особи теряют генеративную функцию, живые части небольшие, растения внешне сходны с растениями имматурного состояния, корневище тёмное, рыхлое, с разрушенным центром; сильные особи (s) не ветвятся, корневище разрушается. В 2024 г. в естественных популяциях наблюдались растения в состоянии от ювенильного до сильного, в реинтродукционных – от ювенильного до зрелого генеративного. Проростки не были отмечены.

Исходя из соотношения растений разных онтогенетических состояний устанавливали типы популяций по системе Л. А. Животовского [16]. При этом по результатам вычисления индекса возрастности (Δ) и индекса эффективности (ω) популяции разделяли на шесть категорий: молодые, зреющие, зрелые, переходные, стареющие и старые.

В каждой естественной популяции закладывали пробную площадку, на которой случайным образом выбирали 30 зрелых генеративных растений. Размер площадки составлял примерно 200 м². В отдельных случаях вся популяция занимала меньшую площадь и насчитывала меньшее число особей. В случаях сильно разреженных популяций площадь увеличивали, чтобы учесть достаточное число особей. У особей проводили определение 14 морфологических параметров: высота куста, см; диаметр куста, см; число побегов 2-го порядка, шт., число побегов 3-го порядка, шт., длина побега 2-го порядка, см; длина побега 3-го порядка, см; длина междоузлия, см; диаметр стебля, мм; число листьев, шт.; длина листа, см; ширина листа, см; число листочков, шт.; длина листочка, мм; ширина листочка, мм. Морфометрические параметры *C. wolgarica* в реинтродукционных популяциях определялись у особей всех присутствующих в них возрастных состояний (от ювенильных до зрелых генеративных).

По результатам измерений была определена жизненность популяций. Для анализа виталитетной структуры в качестве учётной единицы принимали особи самой многочисленной возрастной группы. Жизненность популяций



характеризуется индексом виталитета цено-популяций (IVC), который рассчитывали по формуле [21]:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^N X_i^1 / X_i^2}{N},$$

где X_i^1 – среднее значение i -го признака в популяции; X_i^2 – среднее значение i -го признака для всех популяций; N – число признаков. Наибольшие значения IVC отвечают наилучшему состоянию.

Для оценки жизненности отдельных особей аналогично вычисляли индекс IVI . Ранжированный по индексу виталитета ряд особей разбивали на три класса виталитета: высший

(a), средний (b) и низший (c). Границы класса b устанавливали в пределах границ доверительного интервала среднего значения ($x_{cp} \pm \sigma$). Виталитетный тип популяции определяли по индексу качества популяции Q . При этом популяция считается процветающей, если $Q = (a + b)/2 > c$, равновесной – при $Q = c$, депрессивной, если $Q < c$ [21].

Результаты и их обсуждение

В ходе работы было проведено исследование распределения численности особей по возрастным состояниям и процентное соотношение онтогенетических групп (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Онтогенетическая структура популяций *C. wolgarica*
Ontogenetic structure of *C. wolgarica* populations

Популяции / Populations	Количество особей по возрастным состояниям, шт. / Number of individuals by age conditions																Всего особей, шт. / Total number of individuals, pcs
	j		im		v		g ₁		g ₂		g ₃		ss		s		
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
	Естественные популяции / Natural populations																
Vol	0	0.00	12	9.60	12	9.60	20	16.00	76	60.80	5	4.00	0	0.00	0	0.00	125
Zah	0	0.00	0	0.00	4	2.70	1	0.68	142	95.95	1	0.68	0	0.00	0	0.00	148
Okt1	1	1.25	7	8.75	13	6.25	15	18.75	37	46.25	7	8.75	0	0.00	0	0.00	80
Abg	3	3.70	5	6.17	18	22.22	5	6.17	31	38.27	16	19.75	3	3.70	0	0.00	81
Tin	0	0.00	3	5.00	4	6.67	15	25.00	38	63.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	60
Cher	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	47	56.63	36	43.37	0	0.00	0	0.00	83
May	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	13.64	38	86.36	0	0.00	0	0.00	0	0.00	44
Gol	0	0.00	0	0.00	11	16.92	12	18.46	32	49.23	10	15.38	0	0.00	0	0.00	65
Okt2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	3.96	54	53.47	43	42.57	0	0.00	0	0.00	101
Blh	0	0.00	0	0.00	9	2.24	2	0.50	30	7.46	192	47.76	50	12.44	119	29.60	402
Ves	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	39	100	0	0.00	39
Gon	0	0.00	0	0.00	1	4.17	0	0.00	23	95.83	0	0.00	0	0.00	0	0.00	24
Nes	0	0.00	1	0.98	10	9.80	12	11.76	30	29.41	49	48.04	0	0.00	0	0.00	102
Vin	0	0.00	1	2.22	2	4.44	2	4.44	40	88.89	0	0.00	0	0.00	0	0.00	45
Bel	0	0.00	0	0.00	9	18.00	0	0.00	41	82.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	50
Ald	0	0.00	1	0.78	15	11.63	18	13.95	47	36.43	38	29.46	10	7.75	0	0.00	129
Hor	0	0.00	0	0.00	1	1.59	2	3.17	60	95.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	63
Pld	0	0.00	21	9.63	66	30.28	25	11.47	83	38.07	19	8.72	4	1.83	0	0.00	218
Sad	19	7.25	57	21.76	73	27.86	17	6.49	57	21.76	35	13.36	2	0.76	2	0.76	262
Zag	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	159	96.95	5	3.05	164
Stvr	11	16.92	32	49.23	15	23.08	0	0.00	7	10.77	0	0.00	0	0.00	0	0.00	65
Реинтродукционные популяции / Reintroduced populations																	
Mks	0	0.00	9	27.27	8	24.24	2	6.06	14	42.42	0	0.00	0	0.00	0	0.00	33
Dol	0	0.00	7	35.00	8	40.00	5	25.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	20
Mksn	5	9.09	49	89.09	1	1.82	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	55
Sol	8	13.11	47	77.05	6	9.84	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	61
Nvr	3	12.50	19	79.17	2	8.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	24



Установлено, что в большинстве естественных популяций *C. wolgarica* доминировали зрелые генеративные растения (g_2). Только в некоторых популяциях преобладали особи других онтогенетических состояний.

В популяции в окр. с. Садовое самой многочисленной группой (27.86 %) были виргинильные растения (v) (рис. 2). В окр. г. Ставрополь большая часть особей (49.23 %) оценивалась как имматурные (im). Стоит отметить, что

молодые растения в основном находились на значительном расстоянии от взрослых особей, рядом с тропами, где травяной покров был более разреженный. Вероятно, этот фактор благоприятно влияет на прорастание семян *C. wolgarica*. Более того, в двух указанных популяциях наблюдалось достаточно большое в сравнении с другими природными популяциями количество ювенильных (j), а поблизости от с. Садовое – ещё и имматурных растений.

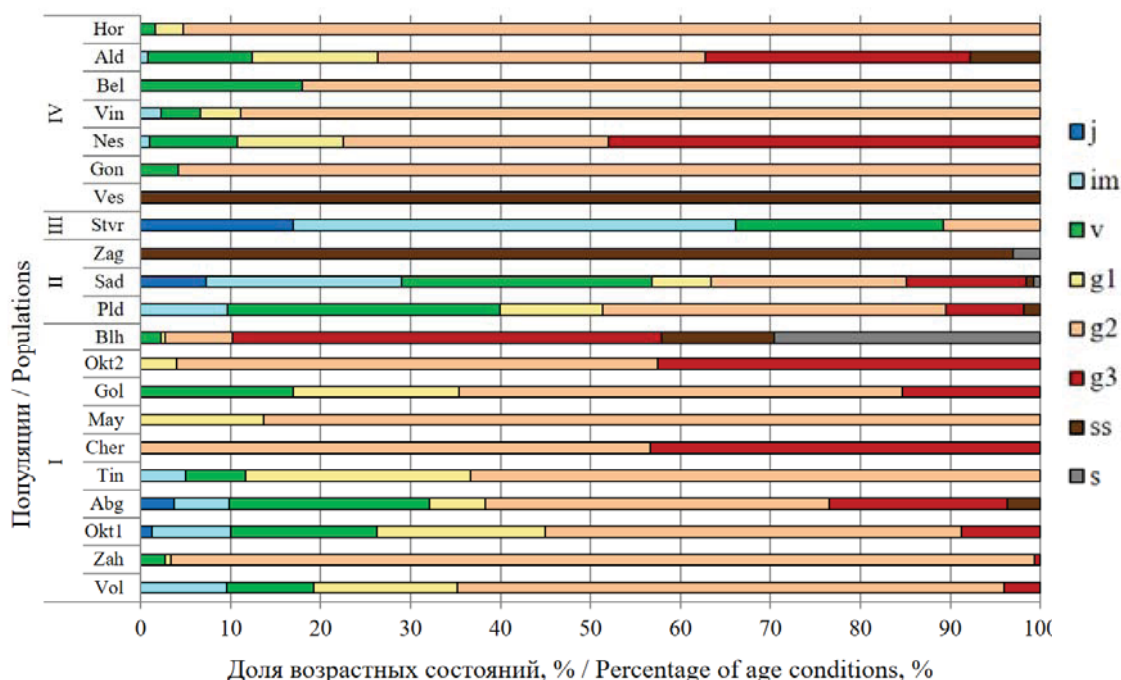


Рис. 2. Возрастная структура естественных популяций *C. wolgarica*. Здесь и далее – возрастные состояния: j – ювенильное, im – имматурное, v – виргинильное, g_1 – молодое генеративное, g_2 – зрелое генеративное, g_3 – старое генеративное, ss – субсенильное, s – сенильное. Регионы: I – Волгоградская область, II – Республика Калмыкия, III – Ставропольский край, IV – Ростовская область (цвет онлайн)

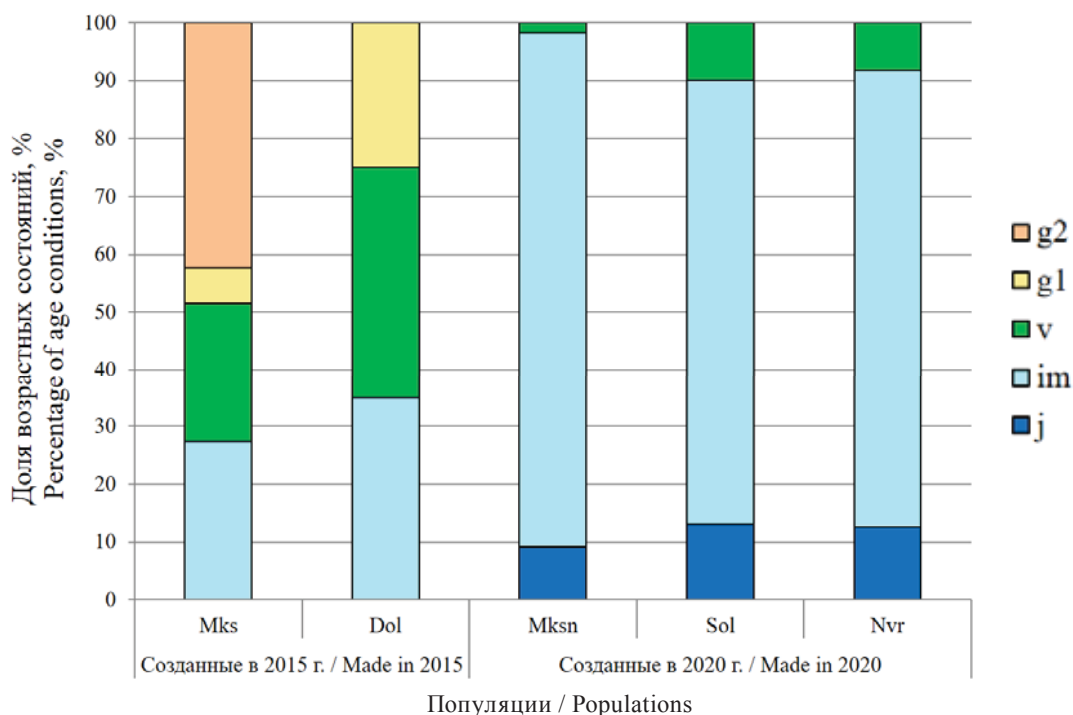
Fig. 2. Age structure of *C. wolgarica* natural populations. Here and later there are age conditions: j – juvenile, im – immature, v – virgin, g_1 – young generative, g_2 – mature generative, g_3 – old generative, ss – subsenile, s – senile. Regions: I – Volgograd region, II – the Republic of Kalmykia, III – Stavropol Krai, IV – Rostov region (color online)

В окр. п. Весёлый 100% особей являются субсенильными (ss), в окр. с. Загиста 96.95% отнесены к субсенильным, остальные 3.05% – к сенильным (s). Растения обеих популяций, вероятно, пострадали вследствие низовых пожаров, следы которых прослеживались в сезон исследования.

Что касается популяций в окр. с. Несмеяновка и оз. Булукта, там преобладали старые генеративные особи (g_3), доля которых была равна 48.04 и 47.76% соответственно. Во второй популяции многие растения характеризовались необильным цветением и плодоношением, нали-

чием значительного количества сухих побегов. Причиной ухудшения общего состояния данной популяции послужили, скорее всего, заморозки весной 2024 г., наиболее экстремально проявившиеся на востоке Волгоградской области. Они затронули и другие популяции вида, но не в столь выраженной форме.

В реинтродукционных популяциях были представлены возрастные группы от ювенильной (j) до зрелой генеративной (g_2) (рис. 3). В пределах группы популяций, созданных в 2015 г., в окр. с. Максютново (Пугачёвский р-н) преобладали зрелые генеративные особи;

Рис. 3. Возрастная структура реинтродукционных популяций *C. wolgarica* (цвет онлайн)Fig. 3. Age structure of *C. wolgarica* reintroduced populations (color online)

в окр. с. Долина (Фёдоровский р-н) в примерно равной доле были представлены растения им-матурного и виргинильного состояний. Наиболее многочисленной возрастной группой во всех популяциях, созданных в 2020 г., были им-матурные растения. Менее многочисленными были растения ювенильного и виргинильного состояний.

Согласно характеристике онтогенетической структуры по Л. А. Животовскому, среди исследуемых популяций наблюдались все возможные типы соотношения возрастных групп, кроме переходного. Две трети природных популяций относились к зрелому типу. Все реинтродукционные популяции были молодыми.

Однако некоторые процветающие зрелые популяции, расположенные, прежде всего, в Ростовской и Волгоградской областях, характеризовались низкой долей прегенеративных особей в онтогенетической структуре. Это свидетельствует о низкой способности к самовоспроизведению этих популяций. Совместно с постепенным старением и отмиранием растений, являющихся на данный момент генеративными, это может привести к гибели популяций в последующие годы.

Результаты анализа виталитетного состояния и онтогенетической структуры популяций *C. wolgarica* представлены в табл. 3. Исходя из показателей жизненности растений, индекс виталитета *IVC* всех популяций имел достаточно высокие значения от 0.82 до 1.14. Подавляющее большинство естественных популяций процветающие (индекс качества *Q* находится в пределах 0.38–0.50).

В наилучшем состоянии среди всех популяций находится процветающая популяция в окр. с. Несмеяновка (Ростовская обл.) (*IVC* = 1.15). В регионе, где авторами изучено наибольшее количество популяций, – Волгоградской области – наилучшим состоянием характеризуются популяции в Палласовском, Ольховском и Городищенском районах, т.е. самые северные в области популяции. При этом две из них по возрастной структуре являются старой и стареющей.

Две популяции (в окр. х. Алдабульский в Ростовской области и окр. с. Плодовитое в Респ. Калмыкия) были оценены как депрессивные, в них отмечены минимальные значения индексов виталитета (*IVC* для них составляет 0.86 и 0.82, *Q* – 0.28 и 0.30 соответственно). Из-за воздействия пожара и крайне



Таблица 3 / Table 3

Характеристика виталитетной и онтогенетической структуры популяций *C. wolgarica*
Characterization of vitality and age structure of *C. wolgarica* populations

Регион / Region	Популяция / Population	IVC	Q	Состояния популяции / Population conditions	
				По виталитету / By vitality	По возрастной структуре / By age structure
Естественные популяции / Natural populations					
Волгоградская область / Volgograd region	Blh	1.07	0.50	Прорывающая / Prosperous	Старая / Old
	Okt2	1.09	0.48		Стареющая / Ageing
	Vol	1.10	0.50		Зрелая / Mature
	Gol	0.97	0.40		
	Tin	0.99	0.47		
	Abg	0.95	0.40		
	May	1.01	0.40		Стареющая / Ageing
	Cher	1.01	0.45		
	Okt1	1.03	0.38		Зрелая / Mature
	Zah	0.93	0.38		
Ростовская область / Rostov region	Ald	0.86	0.28	Депрессивная / Depressive	Зрелая / Mature
	Hor	1.09	0.40	Прорывающая / Prosperous	
	Bel	0.91	0.48		
	Vin	1.06	0.43		
	Nes	1.15	0.50		
	Gon	1.04	0.48		
Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	Pld	0.82	0.30	Депрессивная / Depressive	Зреющая / Maturing
	Sad	0.96	0.40	Прорывающая / Prosperous	Молодая / Young
Ставропольский край / Stavropol Krai	Stvr	0.89	0.50	Прорывающая / Prosperous	Молодая / Young
Реинтродукционные популяции / Reintroduced populations					
Саратовская область / Saratov region	Mks	1.09	0.39	Прорывающая / Prosperous	Молодая / Young
	Dol	0.88	0.36		
	Mksn	0.94	0.44		
	Sol	0.94	0.44		
	Nvr	1.14	0.42		

интенсивного выпаса две юго-восточные популяции (в окр. п. Веселый в Ростовской области и окр. с. Загиста в Республике Калмыкии) находятся в критическом состоянии.

Все реинтродукционные популяции являются прорывающими по виталитету и молодыми по соотношению возрастных групп, значения Q находятся в диапазоне от 0.39 до 0.44.



Заключение

В большинстве естественных популяций *C. wolgarica* доминировали растения зрелого генеративного состояния, что указывает на низкую способность этих популяций к самовозобновлению. Преобладание в ряде популяций других возрастных групп связано с влиянием внешних факторов. Доминирование имматурных или виргинильных растений, скорее всего, обусловлено благоприятными условиями для прорастания семян и развития молодых особей, связанного прежде всего с нарушением целостности дернины.

Среди исследуемых популяций наблюдались все возможные типы онтогенетической структуры, кроме переходного. Все реинтродукционные популяции являются молодыми, большинство природных популяций – зрелыми. Индекс виталитета всех популяций имеет достаточно высокие значения. Большая часть естественных и все реинтродукционные популяции процветающие, только две популяции оценены как депрессивные. Однако в некоторых процветающих зрелых популяциях наблюдается низкая способность к самовозобновлению. Негативное влияние на растения вида оказывают низовые пожары и чрезмерный выпас скота.

Список литературы

1. Богослов А. В., Шилова И. В., Пархоменко А. С., Крицкая Т. А., Гребенюк Л. В., Кашин А. С. Состояние популяций видов *Delphinium* L. (Ranunculaceae, Magnoliopsida) в Нижнем Поволжье и прилегающих территориях // Поволжский экологический журнал. 2020. Вып. 3. С. 271–289. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-271-289>
2. Kondratieva A. O., Parkhomenko A. S., Kritskaya T. A., Shilova I. V., Kasatkin M. Ju., Efimenko S. F., Kashin A. S. Variation patterns in populations of Eastern European *Globularia* (Plantaginaceae, Magnoliopsida) species due to habitat conditions // Biology Bulletin. 2024. Vol. 51, № 10. P. 3337–3352. <https://doi.org/10.1134/S1062359024980061>
3. Zhang M-L., Wen Z-B., Fritsch P. W., Sanderson S. C. Spatiotemporal evolution of *Calophaca* (Fabaceae) reveals multiple dispersals in Central Asian Mountains // PLoS ONE. 2015. Vol. 10, № 4. P. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123228>
4. Шмараева А. Н., Баранова О. Г. Майкараган волжский – *Calophaca wolgarica* (L. f.) Pall. ex Fisch. // Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / отв. ред. Д. В. Гельтман. М. : ВНИИ «Экология», 2024. С. 268–269.
5. Исмаилов А. Б. Распространение и охрана *Calophaca wolgarica* (Fabaceae) в России // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2018. Вып. 2. С. 13–20.
6. Степанова Н. Ю. *Calophaca* Fisch. ex DC. – Майкараган // Флора Нижнего Поволжья / под ред. А. К. Скворцова. Т. 2, ч. 2. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2018. С. 178–179.
7. Ильина В. Н. Флора Бобовых южных районов Самарской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2008. Вып. 5. С. 131–137.
8. Масленников А. В. *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. – Майкараган волжский // Красная книга Ульяновской области. Растения / под науч. ред. Е. А. Артемьевой, О. В. Бородина, М. А. Королькова, Н. С. Ракова. Ульяновск : Артишок, 2008. С. 203–204.
9. Литвинская С. А. Майкараган волжский – *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. 1825 // Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы / под ред. С. А. Литвинской. Краснодар : Адм. Краснодар. края, 2017. С. 271–272.
10. Голоскоков В. П. Майкараган – *Calophaca* Fisch. // Флора Казахстана. Т. 5. Алма-Ата : Издательство Академии наук Казахской ССР, 1961. С. 86–87.
11. Баум О. О. Отчёт о ботанических исследованиях на правом берегу Волги между Казанью и Сарептой // Протоколы заседаний общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете. 1869–1870 гг. Казань, 1870. С. 65–73.
12. Борисова А. Г. Род *Calophaca* Fisch. – Майкараган // Флора Юго-Востока европейской части СССР. Вып. 5. М. ; Л. : Гос. изд-во с.-х. и колх.-коопер. лит-ры, 1931. 585 с.
13. Кашин А. С., Петрова Н. А., Шилова И. В., Гребенников К. А., Куликова Л. В. Состояние популяций *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. в Волгоградской области // Поволжский экологический журнал. 2015. Вып. 3. С. 253–267.
14. Денисов А. А., Пархоменко А. С., Шилова И. В., Гребенюк Л. В., Кашин А. С. Динамика демографической структуры и изменчивость некоторых морфологических параметров *Calophaca wolgarica* (Fabaceae) при реинтродукции в Саратовскую область // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 335–341. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-3-335-341>
15. Ефименко С. Ф., Пархоменко А. С., Шилова И. В., Гребенюк Л. В., Кулисёва Ю. И., Кашин А. С. Результаты мониторинга реинтродукционных популяций *Calophaca wolgarica* на территории Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 415–429. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-4-415-429>, EDN: KREPJP
16. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 21. С. 3–7.



17. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы : Университетская книга, 2013. 439 с.
18. Тищенко М. П. Онтогенез караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.) // Онтогенетический атлас растений / под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : МарГУ, 2007. Т. IV. С. 37–43.
19. Гаврилова М. Н., Жукова Л. А., Закамская Е. С. Онтогенез дрока красильного (*Genista tinctoria* L.) // Онтогенетический атлас растений / под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : МарГУ, 2007. Т. V. С. 35–40.
20. Гаврилова М. Н., Жукова Л. А., Закамская Е. С. Онтогенез ракичника русского (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova) // Онтогенетический атлас растений / под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : МарГУ, 2007. Т. V. С. 47–53.
21. Методика изучения популяций редких и ресурсных видов растений на охраняемых природных территориях Республики Башкортостан / под ред. М. М. Ишмуратовой. Уфа : Башк. энцикл., 2020. 276 с.
6. Stepanova N. Yu. *Calophaca* Fisch. ex DC. – Maykara-gan. In: Skvortsova A. K., ed. *Flora of the Lower Volga region*, vol. 2, part 2. Moscow, KMK Scientific Press, 2018, pp. 178–179 (in Russian).
7. Il'ina V. N. Flora of Legumes of the Southern Regions of the Samara Region. *Phytodiversity of Eastern Europe*, 2008, no. 5, pp. 131–137 (in Russian).
8. Maslennikov A. V. *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. In: *Krasnaja kniga Ul'janovskoj oblasti (rasteniya)*. Pod nauch. red. E. A. Artem'yevoy, O. V. Borodina, M. A. Korol'kova, N. S. Rakova [Artem'yeva E. A., Borodin O. V., Korol'kov M. A., Rakov N. S., eds. Red Book of the Ulyanovsk Region (plants)]. Ulyanovsk, Artishok, 2008, pp. 203–204 (in Russian).
9. Litvinskaya S. A. *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. 1825. In: *Krasnaja kniga Krasnodarskogo kraja (restenija i griby)*. Pod red. S. A. Litvinskoy [Litvinskaya S. A., ed. Red Book of the Krasnodar Krai (plants and mushrooms)]. Krasnodar, Administratsiya Krasnodarskogo kraja Publ., 2017, pp. 271–272 (in Russian).
10. Goloskokov V. P. *Calophaca* Fisch. In: *Flora Kazakhstana*. T. 5 [Flora of Kazakhstan. Vol. 5]. Alma-Ata, Izd-vo Akademii nauk Kazakhskoj SSR, 1961, pp. 86–87 (in Russian).
11. Baum O. O. Report on botanical research on the right bank of the Volga between Kazan and Sarepta. In: *Protokol'ny zasedanij obshchestva estestvoispytatelej pri Imperatorskom Kazanskom universitete. 1860–1870 gg.* [Minutes of meetings of the Society of Naturalists at the Imperial Kazan University. 1860–1870]. Kazan', 1870, pp. 65–73 (in Russian).
12. Borisova A. G. Genus *Calophaca* Fisch. In: *Flora Jugovostoka evropejskoj chasti SSSR*. Vyp. 5 [Flora of the South-East of the European part of the USSR. Iss. 5]. Moscow, Leningrad, Gos. izd-vo s.-kh. i kolh.-kooper. lit-ry, 1931. 585 p. (in Russian).
13. Kashin A. S., Petrova N. A., Shilova I. V., Grebennikov K. A., Kulikova L. V. The state of populations of *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC. in the Volgograd region. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2015, iss. 3, pp. 253–267 (in Russian).
14. Denisov A. A., Parkhomenko A. S., Shilova I. V., Grebenyuk L. V., Kashin A. S. Dynamics of the demographic structure and variability of some morphological parameters of *Calophaca wolgarica* (Fabaceae) during reintroduction to the Saratov region. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 335–341 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-3-335-341>
15. Efimenko S. F., Parkhomenko A. S., Shilova I. V., Grebenyuk L. V., Kuliseva Yu. I., Kashin A. S. Results of monitoring of reintroduced populations of *Calophaca wolgarica* in the Saratov region. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2024, vol. 24, iss. 4, pp. 415–419 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-4-415-429>, EDN: KREPJP

References



16. Zhivotovsky L. A. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations. *Ecology*, 2001, no. 21, pp. 3–7 (in Russian).
17. Zlobin Yu. A., Sklyar V. G., Klimenko A. A. *Populatsii redkikh vidov rastenii: teoreticheskie osnovy i metodika izucheniia* [Populations of rare plant species: Theoretical foundations and methods of study]. Sumy, Universitetskaya kniga, 2013. 439 p. (in Russian).
18. Tishchenko M. P. Ontogenesis of *Caragana arborescens* Lam. In: *Ontogeneticheskij atlas lekarstvennykh rastenij. Pod red. L. A. Zhukovoy. T. IV* [Zhukova L. A., ed. Ontogenetic Atlas of Plants]. Joshkar-Ola, Mari State University Publ., 2004, vol. 4, pp. 37–43 (in Russian).
19. Gavrilova M. N., Zhukova L. A., Zakamskaja E. S. Ontogenesis of *Genista tinctoria* L. In: *Ontogeneticheskij atlas rasteniy. Pod red. L. A. Zhukovoy. T. V* [Zhukova L. A., ed. Ontogenetic Atlas of Plants]. Joshkar-Ola, Mari State University Publ., 2007, vol. 5, pp. 35–40 (in Russian).
20. Gavrilova M. N., Zhukova L. A., Zakamskaja E. S. Ontogenesis of *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova. In: *Ontogeneticheskij atlas rasteniy. Pod red. L. A. Zhukovoy. T. V* [Zhukova L. A., ed. Ontogenetic Atlas of Plants]. Joshkar-Ola, Mari State University Publ., 2007, vol. 5, pp. 47–53 (in Russian).
21. *Metodika izucheniya populyatsiy redkikh i resursnykh vidov rasteniy na okhranyaemykh prirodnykh teritoriyakh Respubliki Bashkortostan. Pod red. M. M. Ishmuratovoy* [Ishmuratova M. M., ed. Methodology for studying populations of rare and resource plant species in protected natural areas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Bashkirskaya entsiklopediya, 2020. 276 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 17.05.2025; одобрена после рецензирования 17.06.2025; принята к публикации 20.06.2025
The article was submitted 17.05.2025; approved after reviewing 17.06.2025; accepted for publication 20.06.2025