

## СООБЩЕНИЯ

СТРУКТУРА И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ТРЕХ РЕДКИХ ВИДОВ  
РОДА *HEDYSARUM* (FABACEAE) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ© 2019 г. Л. М. Абрамова<sup>1</sup>, А. Н. Мустафина<sup>1,\*</sup>, О. А. Каримова<sup>1</sup>, З. Х. Шигапов<sup>1</sup><sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение

Уфимского федерального исследовательского центра РАН

ул. Менделеева, 195/3, г. Уфа, 450080, Россия

\*e-mail: alfyerta@mail.ru

Поступила в редакцию 12.02.2019 г.

После доработки 11.03.2019 г.

Принята к публикации 12.03.2019 г.

Представлены результаты изучения онтогенетической структуры ценопопуляций трех редких видов рода *Hedysarum* L. в Республике Башкортостан и Оренбургской области: *H. grandiflorum* Pall., *H. argyrophyllum* Ledeb. и *H. gmelinii* Ledeb. Плотность исследованных ценопопуляций от 1.7 до 15.1 экз./м<sup>2</sup>. Усредненный онтогенетический спектр, центрированный с максимумом на средневозрастных особях. Ценопопуляции варьируют от молодых до зрелых (*H. grandiflorum* и *H. gmelinii*) и от молодых до стареющих (*H. argyrophyllum*). Состояние популяций исследованных видов на Южном Урале стабильное, дополнительных мер по охране в регионе не требуется. Для более малочисленного *H. argyrophyllum* возможно придание охраняемого статуса территориям с хорошо сохранившимися локалитетами.

**Ключевые слова:** род *Hedysarum* L., Республика Башкортостан, Оренбургская область, редкий вид, ценопопуляция, онтогенетическая структура

**DOI:** 10.1134/S0006813619040021

По Южному Уралу проходят границы ареалов многих европейских, сибирских и азиатских видов растений, здесь они нередко представлены изолированными и фрагментированными локалитетами, и являются реликтами третичной и плейстоценовых флор (Kucheroov et al., 1987). На границе ареалов популяции редких видов находятся зачастую в стрессовых условиях, обладают своеобразием внутренней организации, структуры и других биологических особенностей. Актуальная задача для этих видов растений – проведение инвентаризации местонахождений, оценка структуры и состояния популяций в различных условиях местообитаний и изучение их биологии и экологии, позволяющее понять причины их редкости.

Наши исследования посвящены изучению структуры и состояния ценопопуляций (ЦП) трех редких видов рода *Hedysarum* L. в Республике Башкортостан (РБ) и Оренбургской области (ОО).

В состав рода *Hedysarum* входят более 200 видов, распространенных во внутропических областях северного полушария, особенно многочисленных в Передней и Средней Азии (Флора..., 1996). В Республике Башкортостан встречается 5 видов рода, в Оренбургской области – 7 видов, большая часть которых включена в Красные книги этих регионов.

*H. grandiflorum* Pall. и *H. argyrophyllum* Ledeb. относятся к секции *Subacaula* (Boiss.) B. Fedtsch., а *H. gmelinii* Ledeb. – к секции *Multicaula* (Boiss.) B. Fedtsch. (Флора..., 1996).

*H. grandiflorum* – восточноевропейский вид с довольно широким ареалом (Волжско-Камское и Волжско-Донское междуречье, Заволжье, Приуралье, часть Украины и Казахстана), включен в Красную книгу РФ с категорией 3 – редкий вид (Red..., 2008), охраняется в 11 регионах России (Red..., 2004(2005)), включая все регионы Южного Урала. *H. argyrophyllum* – южноуральский эндемичный вид (Кныазев, 2014), охраняется в Республике Башкортостан и в Челябинской области, также отнесен к категории 3 (Red..., 2004(2005); Red..., 2011). *H. gmelinii* – реликт сибирского происхождения, основной ареал которого простирается от гор Средней Азии и Алтая до Якутии и Монголии (Кныазев, 2014). На Южном Урале и Средней Волге расположен изолированный реликтовый фрагмент ареала. Вид охраняется в Республике Татарстан и Ульяновской области (Red..., 2004(2005)). Входит в список объектов растительного мира, которые нуждаются на территории Республики Башкортостан в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге. Ареалы всех 3-х видов на территории Южного Урала почти не пересекаются.

*H. grandiflorum* и *H. argyrophyllum* – близкородственные виды; последний является географической расой *H. grandiflorum* s. l. и замещает его к востоку от линии Мелеуз–Оренбург–Соль-Илецк (Кныазев, 2014). В ряде локалитетов по этой границе выявлены полиморфные по окраске цветков популяции.

Цель работы – изучение особенностей онтогенетической структуры и современного состояния ценопопуляций *H. grandiflorum*, *H. argyrophyllum* и *Hedysarum gmelinii*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения сравнительного анализа структуры и демографических параметров популяций видов рода *Hedysarum* в 2016 г. на территории ряда административных районов Предуралья Республики Башкортостан и Оренбургской области на градиенте Давлеканово–Соль-Илецк (450 км) обследованы 10 ценопопуляций (ЦП) *H. grandiflorum*, 6 ЦП *H. argyrophyllum* и 7 ЦП *H. gmelinii*. Две ЦП *H. argyrophyllum* обследованы в Зауралье (рис. 1). Название ЦП давалось по ближайшему к ней населенному пункту или географическому объекту. (табл. 1).

Онтогенез видов *H. grandiflorum* и *H. gmelinii* описан В.Н. Ильиной (Ilyina, 2007, 2011), онтогенез *H. argyrophyllum*, как викарианта *H. grandiflorum*, протекает по сходному с ним типу и специально не изучался. Онтогенетическую структуру ценопопуляций вида в разных эколого-фитоценологических условиях обитания изучали методом трансект (Tsenopopulyatsii..., 1976). Для определения особенностей демографической структуры и плотности ЦП в каждой из них на трансекте закладывалось 25 пробных площадок размером 1 м<sup>2</sup>. Порядок заложения линейный или шахматный, и шаг трансекты (5 или 10 м) определялся площадью, занимаемой конкретной ценопопуляцией и проективным покрытием вида.

При определении онтогенетической структуры ЦП, согласно стандартным критериям (Rabotnov, 1950; Uranov, 1975; Tsenopopulyatsii..., 1976), учитывались следующие онтогенетические состояния: ювенильные (*j*), имматурные (*im*), виргинильные (*v*), молодые генеративные (*g*<sub>1</sub>), средние генеративные (*g*<sub>2</sub>), старые генеративные (*g*<sub>3</sub>), субсенильные (*ss*). На основании полученных данных построены онтогенетические спектры ЦП.

Для характеристики онтогенетической структуры ЦП применяли общепринятые демографические показатели: индекс восстановления (Zhukova, 1995) и индекс старения (Glotov, 1998). Для оценки состояния ЦП был применен критерий “дельта–омега” Л.А. Животовского (Zhivotovskii, 2001), основанный на совместном использовании индексов возрастности ( $\Delta$ ) (Uranov, 1975) и эффективности ( $\omega$ ) (Zhivotovskii, 2001), на основании которых определялась принадлежность их к следующим типам: молодые, зреющие, зрелые, переходные, стареющие, старые.

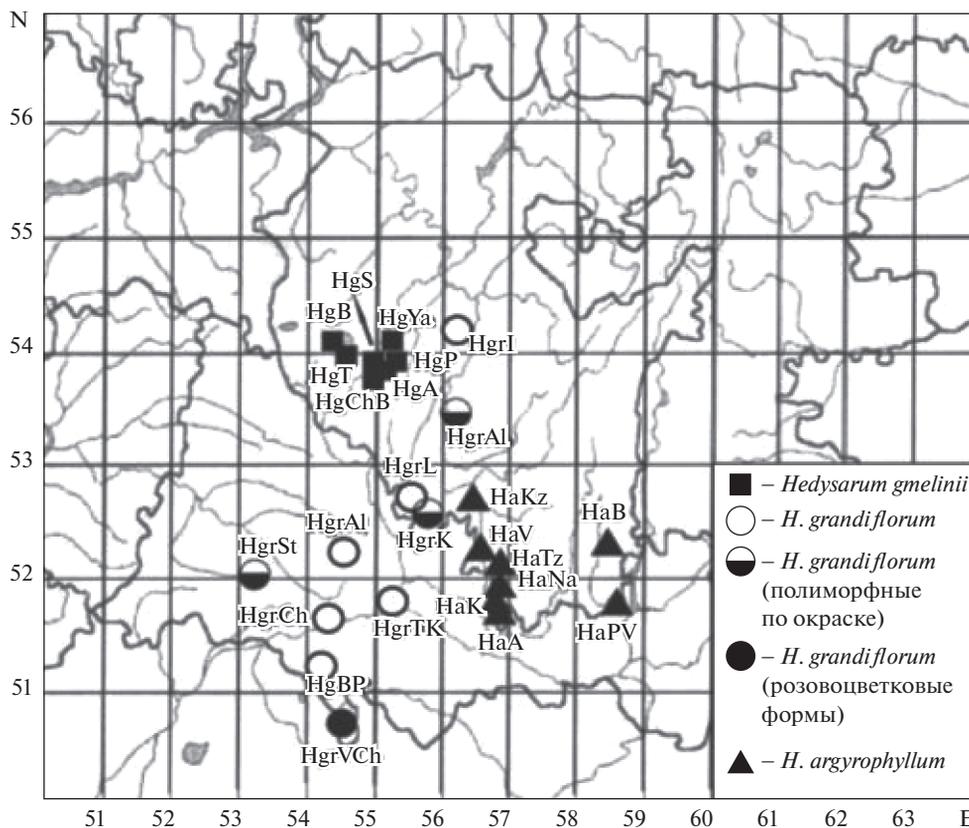


Рис. 1. Схема расположения ценопопуляций изучаемых видов на территории Южного Урала.

Fig. 1. The location of the cenopopulations of the studied species in the South Urals.

*H. grandiflorum* (полиморфные по окраске) – *H. grandiflorum* (form polymorphic in colour)

*H. grandiflorum* (розовоцветковые формы) – *H. grandiflorum* (form with pink flowers)

Анализ данных провели в MS Excel 2010 с использованием стандартных показателей (Zaitsev, 1990).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткая характеристика местообитаний ЦП изучаемых видов (ЦП каждого вида располагаются по градиенту с севера на юг) приводится ниже.

Распределение особей по онтогенетическим состояниям и демографические показатели исследованных популяций представлены в таблице и на рисунке (табл. 2, рис. 2). По классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой (Uranov, Smirnova, 1969) изученные ЦП *H. grandiflorum*, *H. argyrophyllum* и *H. gmelinii* относятся к нормальным, большинство из них – неполночленные, ряд ЦП *H. grandiflorum* и *H. gmelinii* – полночленные. Отсутствие в спектрах большинства ЦП субсенильных и сенильных особей связано с сокращением онтогенеза за счет быстрого отмирания растений в старом генеративном состоянии: особи проходят полный онтогенез только в благоприятных условиях (при достаточной влажности почвы и отсутствии существенных антропогенных нарушений).

**Таблица 1.** Характеристика природных местообитаний ЦП изучаемых видов рода *Hedysarum*.  
**Table 1.** Characteristics of the natural habitats of coenopopulations of studied species of the genus *Hedysarum*

№ ЦП № CP	Местонахождение Location	Местообитание Habitat	Плотность, экз./м <sup>2</sup> Density, ind./m <sup>2</sup>	Антропогенная нагрузка Anthropogenic load
<i>H. grandiflorum</i>				
1	д. Исагилово 54°17792, 55°95766	Средняя часть склона юго-западной экспозиции с уклоном 25°. Каменистость до 20% (известняковый щебень). Типчаково-тырсовая петрофитная степь	6.6	Сильная (выпас, рекреация)
2	г. Алебастровая 53°44675, 56°08250	Средняя часть склона юго-западной экспозиции, с уклоном 20°. Почвы задернованы. Типчаково-тырсовая настоящая степь	2.6	Умеренная (рекреация)
3	г. Кумертау 52°79460, 55°79946	Пологий склон (до 5°) южной экспозиции. Каменистость 30%. Пустынно-всецовой-коржинскокыльня петрофитная степь	8.2	Сильная (выпас)
4	д. Лена 52°80169, 55°61000	Склон юго-западной экспозиции с уклоном 20°. Почвы задернованы, имеются обнажения глин. Красноватокыльня-пустынновсецовой настоящая степь	4.7	Слабая (выпас)
5	д. Александровка 52°68783, 54°45135	Склон южной экспозиции с уклоном до 5°. Почвы задернованы. Типчаково-тырсовая настоящая степь	7.5	Умеренная (выпас)
6	Старобелогорские меловые горы 51°84029, 54°07860	Верхняя часть склона западной экспозиции с уклоном 10°. Почвы задернованы. Пустынновсецовой-типчаковая настоящая степь	6.4	Слабая (выпас)
7	д. Татарская Карагала 51°93255, 55°12514	Южный склон оврага, с уклоном до 10°. Почвы задернованы. Типчаково-пыльняковая настоящая степь	7.3	Сильная (выпас, хозяйственная деятельность)
8	Чесноковские меловые горы 51°69117, 54°02935	Верхняя часть склона северо-восточной экспозиции с уклоном 10°. Каменистость до 70% (меловой щебень). Типчаково-мордовниковая кальцефитная степь	6.1	Незначительная (рекреация)
9	д. Большая Песчанка 51°21739, 54°14879	Средняя часть берегового обрыва юго-западной экспозиции с уклоном 30°. Почвы – загипсованные глины. Солянковиднопыльняковая петрофитная степь	15.7	Слабая
10	Верхнечебендинские меловые горы 50°67782, 54°47114	Верхняя часть склона северо-восточной экспозиции с уклоном 15°. Каменистость до 60% (меловой щебень). Пустынножитняково-мордовниковая кальцефитная степь	6.6	Слабая

Таблица 1. Продолжение

№ ЦП № СР	Местонахождение Location	Местообитание Habitat	Плотность, экз./м <sup>2</sup> Density, ind./m <sup>2</sup>	Антропогенная нагрузка Anthropogenic load
<i>H. argyrophyllum</i>				
11	г. Кызлартау 52°80197, 56°52170	Верхняя часть склона южной экспозиции с уклоном 20°. Каменистость до 10% (известняковый щебень). Пустынноо всецово-типчаковая петрофитная степь	15.1	Средняя (выпас)
12	г. Высокая, 52°23317, 56°47654	Верхняя часть склона восточной экспозиции с уклоном 20°. Каменистость до 20% (известняковый щебень). Солянковидно-полынно-лессингоковильная петрофитная степь	4.4	Слабая (выпас)
13	Тазларовские шишки 52°15989, 56°72584	Верхняя часть склона восточной экспозиции с уклоном 10°. Каменистость до 80% (известняковый щебень). Типчаковая петрофитная степь	2.8	Слабая (выпас)
14	д. Нижняя Акберда 52°00793, 56°79599	Верхняя часть склона юго-западной экспозиции с уклоном 10°. Каменистость до 90% (известняковый щебень). Тимьянно-типчаковая петрофитная степь	4.3	Слабая
15	ур. Кучтапкан 51°91214, 56°78196	Верхняя часть склона юго-восточной экспозиции с уклоном 20°. Каменистость до 30% (известняковый щебень). Пустынноо всецово-красивейшековильная настоящая степь	1.9	Слабая
16	д. Андреевка 51°69878, 56°89590	Средняя часть склона южной экспозиции с уклоном 5°. Каменистость до 70% (известняковый щебень). Пустынноо всецово-красивейшековильная настоящая степь	2.8	Слабая (выпас)
17	г. Балтатау 52°39919, 58°35927	Вершина горы. Каменистость до 70% (породы метаморфического происхождения). Гвоздикиоглолистно-горноколосниковая петрофитная степь	1.7	Слабая (выпас)
18	Таштугайские горы 51°87409, 58°53939	Верхняя часть склона западной экспозиции с уклоном 2°. Каменистость до 50% (породы метаморфического происхождения). Полынково-красноватовильная петрофитная степь	3.5	Слабая (выпас)
<i>H. gmelinii</i>				
19	д. Бурангулово 54°30446, 54°53505	Нижняя часть склона западной экспозиции с уклоном 20°. Почвообразующие породы – песчаники. Тырсово-степномятликовая петрофитная степь	12.2	Средняя (выпас)

Таблица 1. Окончание

№ ЦП № СР	Местонахождение Location	Местообитание Habitat	Плотность, экз./м <sup>2</sup> Density, ind./m <sup>2</sup>	Антропогенная нагрузка Anthropogenic load
20	г. Таштюбе 54°20'143, 54°7'1255	Нижняя часть склона северо-западной экспозиции, с уклоном 20°. Почвообразующие породы – песчаники. Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	1.7	Слабая
21	г. Ярыштау 54°14'697, 55°08'565	Средняя часть склона северо-западной экспозиции с уклоном 35°. Почвообразующие породы – песчаники. Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	2.8	Слабая (рекреация)
22	д. Альшево 54°04'731, 55°06'045	Склон западной экспозиции с уклоном 5–10°. Почвообразующие породы – песчаники. Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	1.8	Средняя (выпас)
23	г. Пикарская 53°98'509, 55°12'591	Верхняя часть склона западной экспозиции с уклоном 5–10°. Почвообразующие породы – песчаники. Пустынноовсецово-тырсовая петрофитная степь	6.1	Средняя (выпас)
24	г. Сатыртау 53°95'939, 55°06'461	Нижняя часть склона восточной экспозиции с уклоном 20–25°. Почвообразующие породы – песчаники. Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	12.2	Средняя (выпас)
25	д. Чятай-Бурзян 53°80'025, 54°8'2978	Вершина склона юго-восточной экспозиции с уклоном 10–15°. Пустынноовсецово-тырсовая петрофитная степь	10.0	Средняя (выпас)

Онтогенетическая структура конкретных ЦП видов рода *Hedysarum* имеет два типа спектра – левосторонний и центрированный, в различной степени отличающиеся от усредненного. Это зависит от экологических условий обитания, степени антропогенной нагрузки и колебаний погодных условий, которые влияют на особенности прорастания семян и темпы развития особей в том или ином онтогенетическом состоянии.

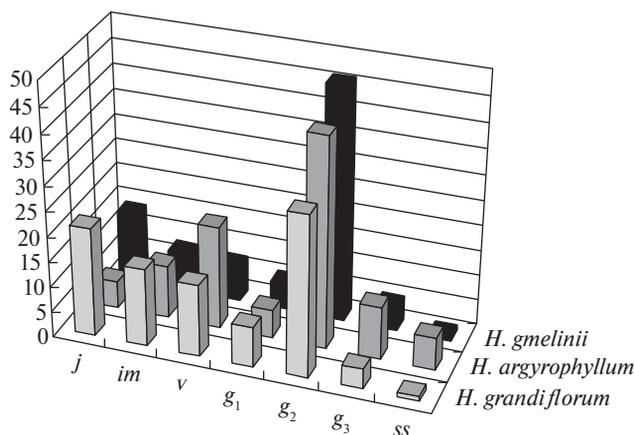
В ЦП 7, 9 и 10 *H. grandiflorum* (Оренбургская обл.) онтогенетические спектры полночленные, в остальных популяциях отсутствуют проростки и/или постгенеративная фракция, и они являются неполночленными. Левосторонний спектр формируется в ЦП 5, 9 и 10, где максимум приходится на ювенильные или виргинильные особи (36.9, 51.3 и 30.9% соответственно). Эти популяции находятся в местах с невысоким проективным покрытием и небольшой плотностью травостоя, что позволяет прорасти семенам и развиваться молодым особям. В большинстве ценопопуляций *H. grandiflorum* формируется центрированный спектр, с абсолютным максимумом на средневозрастных генеративных особях (26.2–66.7%). Вероятно, это обусловлено каменистостью и сухостью субстрата, водной и ветровой эрозией, что приводит к элиминации особей на ранних этапах развития. В ЦП 1 и 4 количество ювенильных или виргинильных и средневозрастных генеративных особей примерно одинаково (23.6 и 28.5; 27.4 и 30.8% соответственно).

**Таблица 2.** Распределение особей по онтогенетическим состояниям и демографические показатели ценопопуляций видов рода *Hedysarum***Table 2.** Distribution of individuals on ontogenetic states and demographic indicators of coenopopulations of *Hedysarum* genus species

Номер ЦП Number of co- enopopulation	*Онтогенетическое состояние, % *Ontogenetic state, %								Демографические показатели Demographic indicators				
	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i> <sub>1</sub>	<i>g</i> <sub>2</sub>	<i>g</i> <sub>3</sub>	<i>ss</i>	$\Delta$	$\omega$	Тип ЦП Coenopopulation type	$I_{Rec}^B$	$I_{Ag}^{CT}$
<i>Hedysarum grandiflorum</i>													
9	6.9	51.3	14.3	9.7	5.4	8.2	2.6	1.8	0.12	0.26	молодая young	4.68	0.02
5	5.3	36.9	11.2	8.0	7.5	27.8	3.2	0.0	0.20	0.44	«	1.46	0.00
4	6.0	11.1	16.2	27.4	6.8	30.8	1.7	0.0	0.23	0.53	«	1.39	0.00
1	0.6	23.6	18.8	11.5	11.5	28.5	5.5	0.0	0.24	0.52	«	1.19	0.00
3	0.5	19.5	17.6	16.1	13.2	30.2	2.9	0.0	0.24	0.54	«	1.15	0.00
10	1.8	12.1	13.3	30.9	9.7	25.5	4.2	2.4	0.25	0.54	«	1.43	0.02
6	4.2	27.2	15.7	3.7	7.9	40.8	0.5	0.0	0.25	0.54	«	0.95	0.00
8	0.0	14.4	21.6	20.9	5.2	34.6	3.3	0.0	0.25	0.55	«	1.32	0.00
7	15.8	17.5	15.8	7.1	4.9	26.2	9.3	3.3	0.26	0.46	«	1.00	0.04
2	0.0	1.5	9.1	7.6	7.6	66.7	7.6	0.0	0.42	0.84	зрелая mature	0.22	0.00
<i>Hedysarum argyrophyllum</i>													
14	0.0	15.7	7.4	35.2	5.6	26.9	6.5	2.8	0.24	0.55	молодая young	1.50	0.03
13	0.0	0.0	19.7	39.4	9.9	14.1	12.7	4.2	0.28	0.54	«	1.62	0.04
18	0.0	4.5	21.6	20.5	10.2	43.2	0.0	0.0	0.28	0.64	зреющая ripening	0.87	0.00
11	0.0	16.7	12.2	14.1	8.2	43.8	5.0	0.0	0.30	0.63	«	0.75	0.04
12	0.0	5.5	14.7	20.2	1.8	27.5	19.3	11.0	0.41	0.60	переходная transitional	0.83	0.11
16	0.0	0.0	5.8	20.3	2.9	58.0	8.7	4.3	0.43	0.78	зрелая mature	0.38	0.04
15	0.0	0.0	0.0	12.5	6.3	81.3	0.0	0.0	0.44	0.91	«	0.14	0.00
17	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	38.1	31.0	28.6	0.67	0.75	стареющая aging	0.03	0.29
<i>Hedysarum gmelinii</i>													
19	14.5	30.6	13.2	11.5	4.3	20.4	4.3	1.3	0.18	0.37	молодая young	1.91	0.02
24	48.8	6.2	4.6	5.6	7.2	23.3	4.3	0.0	0.18	0.37	«	0.47	0.00
25	11.6	27.3	20.1	7.6	2.8	29.7	0.8	0.0	0.19	0.42	«	1.65	0.00
23	30.1	13.7	9.1	4.6	1.3	32.0	7.8	1.3	0.25	0.45	«	0.67	0.02
21	0.0	14.5	5.8	5.8	4.3	60.9	8.7	0.0	0.39	0.76	зрелая mature	0.35	0.00
22	0.0	4.5	0.0	13.6	13.6	68.2	0.0	0.0	0.39	0.85	«	0.22	0.00
20	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	88.1	7.1	2.4	0.52	0.97	«	0.00	0.02

\*Примечание. Онтогенетическое состояние: *j* – ювенильное, *im* – имматурное, *v* – виргинильное, *g*<sub>1</sub> – молодое генеративное, *g*<sub>2</sub> – средневозрастное генеративное, *g*<sub>3</sub> – старое генеративное, *ss* – субсенильное.

\*Note. Ontogenetic state: *j* – juvenile, *im* – immature, *v* – virginile, *g*<sub>1</sub> – young generative, *g*<sub>2</sub> – mature generative, *g*<sub>3</sub> – old generative, *ss* – subsenile



**Рис. 2.** Усредненные онтогенетические спектры ценопопуляций трех видов рода *Hedysarum*. По оси *x* – онтогенетическое состояние: *j* – ювенильное, *im* – имматурное, *v* – виргинильное, *g*<sub>1</sub> – молодое генеративное, *g*<sub>2</sub> – средневозрастное генеративное, *g*<sub>3</sub> – старое генеративное, *ss* – субсенильное; по оси *y* – доля особей данного онтогенетического состояния, %.

**Fig. 2.** The average ontogenetic spectrums of coenopopulations of three *Hedysarum* species. *X*-axis: ontogenetic state: *j* – juvenile, *im* – immature, *v* – virginile, *g*<sub>1</sub> – young generative, *g*<sub>2</sub> – mature generative, *g*<sub>3</sub> – old generative, *ss* – subsenile; *Y*-axis: the proportion of individuals of this ontogenetic state, %.

Все ЦП *H. argyrophyllum* являются неполночленными, в них отсутствуют проростки. В ЦП 13 формируется левосторонний одновершинный спектр, с максимумом на виргинильных особях (39.4%), левосторонний двухвершинный – в ЦП 14, один пик приходится на виргинильные особи (35.2%), второй – на средневозрастные генеративные особи (26.9%). Остальные популяции характеризуются центрированным спектром с преобладанием средневозрастных генеративных особей (27.5–81.3%). Незначительно представлены особи молодой фракции или они полностью отсутствуют. Произрастание особей в верхней части склона способствует периодическому смыву семян весенними водами, а резкое пересыхание субстрата в жаркие периоды года приводит к гибели молодых растений, что отрицательно влияет на прорастание семян и способствует выпадению этих стадий.

Полный набор онтогенетических состояний ЦП *H. gmelinii* представлен в ЦП 19 и 23. В остальных случаях наблюдаются различные отклонения. Левосторонний одновершинный спектр формируется в ЦП 24, максимум приходится на проростки (48.8%). Левосторонний двухвершинный спектр выявлен в ЦП 19, один пик приходится на ювенильные особи (30.6%), второй – на средневозрастные генеративные особи (20.4%). Эти популяции находятся в умеренно нарушенных выпасом местах, с разреженным травостоем, что способствует прорастанию семян и развитию молодых особей.

В остальных популяциях формируется центрированный онтогенетический спектр, с максимумом на средневозрастных генеративных особях (29.7–88.1%). В ЦП 20, 21 и 22 формируется центрированный спектр, с абсолютным максимумом на средневозрастных генеративных особях (60.9–88.1%). ЦП 20 характеризуется полным отсутствием прегенеративной фракции. Возможно, это связано с тем, что при отсутствии постоянных нарушений в степных сообществах наблюдается старение популяций вследствие слабого возобновления из-за задернения почвы. В ЦП 23 и 25 онтогенетический спектр имеет второй пик, который приходится в ЦП 23 на проростки (30.1%), в ЦП 25 – на ювенильные особи (27.3%).

Оценка исследованных ценопопуляций видов рода *Hedysarum* по классификации “дельта–омега” (табл. 2) показала, что почти все ЦП *H. grandiflorum* являются моло-

дыми ( $\Delta = 0.12-0.26$ ,  $\omega = 0.26-0.46$ ). В основном это ЦП, где хорошо представлено возобновление, и преобладают молодые особи. ЦП 2 относится к зрелым ( $\Delta = 0.42$ ,  $\omega = 0.84$ ), где максимум приходится на средневозрастные генеративные особи. Эта ЦП произрастает вблизи крупного населенного пункта в условиях антропогенного воздействия (рекреация). Проведено также сравнение индексов восстановления ( $I_B$ ) и старения ( $I_{CT}$ ), отражающих динамические процессы популяции. В большинстве ЦП индекс восстановления ( $I_B$ ) выше единицы (1.00–4.68), что говорит о высоком уровне пополнения молодыми особями и преобладании прегенеративной фракции. Индекс старения в большинстве ЦП равен нулю, поскольку отсутствуют постгенеративные особи. В ЦП 7, 9 и 10 индекс старения близок к нулю (0.02–0.04), это связано с тем, что большая часть особей отмирает в старом генеративном или субсенильном состоянии.

Ценопопуляции *H. argyrophyllum* варьируют от молодых до стареющих. Две ЦП 13 и 14 относятся к молодым ( $\Delta = 0.24$ ; 0.28,  $\omega = 0.55$ ; 0.54), здесь преобладает прегенеративная фракция, ЦП 18 и 11 – зреющие ( $\Delta = 0.28$ . 0.30,  $\omega = 0.64$ , 0.63), за счет накопления особей прегенеративного периода и средневозрастных генеративных особей, и полного отсутствия постгенеративной фракции. ЦП 12 относится к переходной ( $\Delta = 0.41$ ,  $\omega = 0.60$ ), в которой также наблюдается накопление прегенеративных особей, но уже значительна доля старых и постгенеративных растений. ЦП 16 и 15 являются зрелыми ( $\Delta = 0.43$ ; 0.44,  $\omega = 0.78$ ; 0.91). ЦП 17 относится к стареющей ( $\Delta = 0.67$ ;  $\omega = 0.75$ ) со значительной долей старых генеративных и субсенильных особей. Сравнение индекса восстановления и старения показало, что у большинства ЦП индекс восстановления ниже единицы (0.03–0.87). Индекс старения равен или близок нулю (0.00–0.29), это связано с тем, что большая часть особей отмирает в старом генеративном состоянии.

ЦП *H. gmelinii* (19, 23–25) относятся к молодым ( $\Delta = 0.18-0.25$ ,  $\omega = 0.37-0.45$ ). В них преобладают прегенеративные особи. ЦП 20–22 – зрелые ( $\Delta = 0.39-0.52$ ,  $\omega = 0.76-0.97$ ), в составе которых доля средневозрастных генеративных особей велика, а доля прегенеративных мала. Индекс восстановления в ЦП 19 и 25 выше единицы (1.65 и 1.91 соответственно), в остальных значительно ниже (0.22–0.67), а в ЦП 20 он равен нулю, что свидетельствует о полном отсутствии прегенеративной фракции и об интенсивном отмирании особей в старом генеративном состоянии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большая часть исследованных ЦП отличаются довольно высокой плотностью и неполночленным онтогенетическим спектром, связанным с быстрым отмиранием растений после завершения генеративного состояния. Состояние популяций, по нашим наблюдениям, не зависит от типа растительности, но связано с антропогенными нагрузками. При этом небольшие нагрузки способствуют улучшению прорастания семян и развитию проростков, поскольку вызывают разрежение травостоя. При сильных нагрузках плотность популяций снижается.

Типичные (усредненные) онтогенетические спектры исследованных видов сходны – они централизованные с выраженным максимумом на средневозрастных генеративных растениях. Видовые отличия связаны с условиями произрастания: так у *H. grandiflorum*, произрастающего в наиболее благоприятных условиях и в целом являющегося видом с более широким распространением, в спектрах высока доля прегенеративных растений и возобновление хорошее. Два других вида отличаются меньшим пополнением молодыми растениями: как у *H. argyrophyllum*, растущего в наиболее неблагоприятных засушливых условиях крайнего юга и юго-востока региона, так и у *H. gmelinii*, произрастающего в сообществах с более плотным травостоем, препятствующим прорастанию семян и развитию молодых растений. По классификации “дельта–омега” наибольшее разнообразие ЦП (от молодых до стареющих) отмечено у *H. argyrophyllum*,

два других вида представлены преимущественно молодыми, реже зрелыми ЦП. Сходные данные получены нами при сравнении ЦП *H. grandiflorum* Республики Башкортостан с таковыми Средней Волги (Abramova et al., 2016): республиканские популяции, расположенные на границе ареала, преимущественно молодые, тогда как в ЦП центральной части ареала в Самарской области преобладают зрелые популяции.

В целом следует отметить, что все три вида на Южном Урале представлены довольно большим числом достаточно крупных по численности популяций. Наиболее многочисленные и с высокой плотностью ЦП принадлежат *H. grandiflorum*, охраняемого на федеральном уровне, в которых отмечено хорошее возобновление. ЦП *H. argyrophyllum*, особенно в Зауральской части ареала, по нашим данным, отличаются более слабым возобновлением, низкой плотностью и нередко малочисленностью. Для этого вида необходим постоянный контроль за их состоянием и придание статуса ООПТ ряду хорошо сохранившихся локалитетов (например, в Республике Башкортостан – горам Высокая, Балтатау, Тюлькюлитау и др.). Хотя *H. gmelinii* не требует дополнительных мер по охране, необходим регулярный мониторинг природных популяций этого вида на территории Республики.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН “Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России” и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abramova L.M., Karimova O.A., Mustafina A.N. 2014. Characteristic of coenopopulations of a rare species *Hedysarum grandiflorum* Pall. in stony steppes of the Cis-Urals. – Italian Sci. Rev. 2 (11): 241–244.
- [Abramova et al.] Абрамова Л.М., Ильина В.Н., Каримова О.А., Мустафина А.Н. 2016. Сравнительный анализ структуры популяций *Hedysarum grandiflorum* (Fabaceae) в Самарской области и Республике Башкортостан. – Растит. ресурсы. Т. 52. № 2. С. 225–239.
- [Flora...] Флора Восточной Европы. 1996. том IX. СПб. 456 с.
- [Glotov] Глотов Н.В. 1998. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений. – В кн.: Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола. С. 146–149.
- [Ilyina] Ильина В.Н. 2007. Онтогенез копеечника крупноцветкового (*Hedysarum grandiflorum* Pall.). – В кн.: Онтогенетический атлас растений. Т. V. Йошкар-Ола. С. 126–132.
- [Ilyina] Ильина В.Н. 2011. Онтогенез копеечника Гмелина (*Hedysarum gmelinii* Ledeb.). – В кн.: Онтогенетический атлас растений. Т. VI. Йошкар-Ола. С. 102–107.
- [Knyazev] Князев М.С. 2014. Бобовые (Fabaceae Lindl.) Урала: видообразование, географическое распространение, историко-экологические свиты: Дис. ...докт. биол. наук. СПб. 607 с.
- [Kuchergov et al.] Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Галеева А.Х. 1987. Охрана редких видов растений на Южном Урале. М. 204 с.
- [Rabotnov] Работнов Т.А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. – В кн.: Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Т. 6. М.; Л. С. 7–204.
- [Red...] Красная книга Республики Башкортостан. 2011. Т. 1. Растения и грибы. Уфа. 384 с.
- [Red...] Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М. 855 с.
- [Red...] Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений. 2004(2005). Ч. 3.1 (Семенные растения). М. 352 с.
- [Tsenopopulyatsii...] Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). 1988. М. 181 с.
- [Uranov] Уранов А.А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов. – Биол. науки. 2: 7–34.
- [Uranov, Smirnova] Уранов А.А., Смирнова О.В. 1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений. – Бюлл. МОИП. Отд. биол. 79(1): 119–135.
- [Zaitsev] Зайцев Г.Н. 1990. Математика в экспериментальной биологии. М. 296 с.
- [Zhivotovskii] Животовский Л.А. 2001. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций. – Экология. 1: 3–7.
- [Zhukova] Жукова Л.А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола. 224 с.

STRUCTURE AND STATE OF POPULATIONS OF THREE RARE SPECIES OF THE GENUS *HEDYSARUM* (FABACEAE) IN THE SOUTH URALSL. M. Abramova<sup>a</sup>, A. N. Mustafina<sup>a, #</sup>, O. A. Karimova<sup>a</sup>, and Z. H. Shigapov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> South Ural Botanical Garden-Institute—a Separate Structural Unit  
of the Ufa Federal Research Center of RAS  
Mendeleev Str., 195/3, Ufa, 450080, Russia

<sup>#</sup>e-mail: [alfverta@mail.ru](mailto:alfverta@mail.ru)

The article deals with the study of rare of *Hedysarum* L. species in the Bashkortostan Republic and the Orenburg Region: *H. grandiflorum* Pall., *H. argyrophyllum* Ledeb., *H. gmelinii* Ledeb. *H. grandiflorum* is an Eastern European species with a fairly wide range (Volga-Kama and Volga-Don interfluves, the Volga region, the Ural region, part of Ukraine and Kazakhstan), listed in the Red Data Book of the Russian Federation with category 3, a rare species. *H. argyrophyllum* is a South Ural endemic, protected in the Bashkortostan Republic and the Chelyabinsk Region. *H. gmelinii* is a relic of Siberian origin, its main range extends from Altai and the mountains of Central Asia to Yakutia and Mongolia. The aim of the study was to research the characteristics of ontogenetic structure and the current state of coenopopulations of the 3 rare species of *Hedysarum* in the Bashkortostan Republic and the Orenburg Region. The objectives of the study were to identify the ontogenetic state of plants and the density of coenopopulations. To study the ontogenetic structure and density of coenopopulations, 25 sample plots of 1 m<sup>2</sup> were put on a transect in each of them. In 2016, 10 coenopopulations of *H. grandiflorum*, 8 coenopopulations of *H. argyrophyllum* and 7 coenopopulations of *H. gmelinii* were surveyed in the Bashkortostan Republic and the Orenburg Region. The study of density has shown that in coenopopulations of *H. grandiflorum* the density varies from 2.6 to 15.7 ind./m<sup>2</sup>, in coenopopulations of *H. argyrophyllum* – from 1.7 to 15.1 ind./m<sup>2</sup>, in coenopopulations of *H. gmelinii* – from 1.7 to 12.2 ind./m<sup>2</sup>. Studies of the ontogenetic structure showed that the species populations are normal, most of them are incomplete, and a number of *H. grandiflorum* and *H. gmelinii* coenopopulations are complete. In most of the studied populations, the peak occurs in medium-generation individuals. According to the delta-omega classification, the coenopopulations range from young to mature (*H. grandiflorum* and *H. gmelinii* coenopopulations) and from young to aging (*H. argyrophyllum* coenopopulations). In general, all three studied rare species of *Hedysarum* are quite numerous in the South Urals, with a high density, the state of coenopopulations is stable, additional protection measures in the region are not required. For *H. argyrophyllum* it is possible to give protected status to the territories with well-preserved localities.

**Keywords:** genus *Hedysarum*, Republic of Bashkortostan, Orenburg Region, rare species cenopopulation, ontogenetic structure

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work was performed under the Basic Research Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences “Biodiversity of Natural Systems and Biological Resources of Russia”, and within the framework of the state assignment AAAA-A18-118011990151-7 by SUBGI UFRC RAS.

## REFERENCES

- Abramova L.M., Karimova O.A., Mustafina A.N. 2014. Characteristic of coenopopulations of a rare species *Hedysarum grandiflorum* Pall. in stony steppes of the Cis-Urals. – Italian Sci. Rev. 2 (11): 241–244.
- Abramova L.M., Ilyina V.N., Karimova O.A., Mustafina A.N. 2016. Comparative analysis of the population structure of *Hedysarum grandiflorum* (Fabaceae) in the Samara region and the Republic of Bashkortostan. – Rastitelnye resursy. 52 (2): 225–239 (In Russ.).
- Abramova L.M., Mustafina A.N., Andreeva I.Z. 2011. Sovremennoe sostoyanie i struktura prirodnikh populyatsiy *Dictamnus gymnostylis* Stev. na Yuzhnom Urale [Current state and structure of natural

populations of *Dictamnus gymnostylis* Stev. in South Ural]. – Byull. MOIP. Otd. biol. 116 (5): 32–38. (In Russ.).

Flora Vostochnoi Evropy. [Flora of East Europe]. Tom IX. 1996. St.-Petersburg. 456 p. (in Russ.).

Glotov N.V. 1998. Ob otsenke parametrov vozrastnoi struktury populyatsii rastenii [About the estimation of age structure parameters of plants populations]. – In: Zhizn populyatsii v geterogennoi srede. Ch. 1. Yoshkar-Ola. P. 146–149 (In Russ.).

Ilyina V.N. 2007. Ontogenez kopechnika krupnocvetkovogo (*Hedysarum grandiflorum* Pall.). [Ontogenesis of *Hedysarum grandiflorum* Pall.]. – In: Ontogeneticheskii atlas rastenii. T.V. Yoshkar-Ola. P. 126–132 (In Russ.).

Ilyina V.N. 2011. Ontogenez kopechnika Gmelina (*Hedysarum gmelinii* Ledeb.). [Ontogenesis of *Hedysarum gmelinii* Ledeb.]. Ontogeneticheskii atlas rastenii. Tom VI. Yoshkar-Ola. P. 102–107 (In Russ.).

Knyazev M.S. 2014. Bobovye (Fabaceae Lindl.) Urala: vidoobrazovanie, geograficheskoe rasprostranenie, istoriko-ekologicheskie svity. [Fabaceae Lindl. of the Urals: a new species, geographical distribution, historical and environmental Suite]: Dis. ...dokt. biol. nauk. St.-Petersburg. 607 p. (In Russ.).

Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan. T. 1. Rasteniya i griby [The Red book of Bashkortostan of Republic. Vol. 1. Plants and mushrooms]. 2011. Ufa. 384 p. (In Russ.).

Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby) [The Red Book of Russian Federation (plants and fungi)]. 2008. M. 855 p. (In Russ.).

Krasnyi spisok osobo okhranyaemykh redkikh i nakhodyashchikhsya pod ugrozoi ischeznoveniya zhivotnykh i rastenii. Ch. 3.1 (Semennye rasteniya) [The red list of rare and being under the threat of disappearance animals and plants which are especially protected. Part. 3.1 (Seed plants)]. 2004 (2005). Moscow. 352 p. (In Russ.).

Kucherov E.V., Muldashev A.A., Galeeva A.H. 1987. Okhrana redkikh vidov rastenii na Yuzhnom Urale. [Protection of rare plant species in the South Urals] Moscow. 204 p. (In Russ.).

Rabotnov T.A. 1950. Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travyanistykh rastenii v lugovykh tsenozakh [Vital cycle of perennial grasses in meadow coenosis]. – Trudy BIN AN SSSR. Ser. 3. Geobotanika. T. 6. P. 7–204 (In Russ.).

Tsenopopulyatsii rastenii (osnovnye ponyatiya i struktura) [Coenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. 1976. M. 217 p. (in Russ.).

Uranov A.A. 1975. The age spectrum of phytocoenopopulations as function of time and power wave processes. – Biologicheskie nauki. 2: 7–34. (In Russ.).

Uranov A.A., Smirnova O.V. 1969. Classification and main features of the development of populations of perennial plants. – Byull. MOIP. Otd. biol. 79 (1): 119–135 (In Russ.).

Zaitsev G.N. 1990. Matematika v ehksperimentalnoi biologii [Mathematics in experimental biology]. Moscow. 296 p. (In Russ.).

Zhivotovskii L.A. 2001. The ontogenetic state, effective density and classification of populations]. – J. Ecol. 1: 3–7 (In Russ.).

Zhukova L.A. 1995. Populyatsionnaya zhizn lugovykh rastenii [The population life of meadow plants]. Yoshkar-Ola. 224 p. (In Russ.).