

## СТРУКТУРА И СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РЕДКОГО ВИДА *HEDYSARUM GMELINII* LEDEB. (FABACEAE) В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЯХ АРЕАЛА

© 2020

**Ильина Валентина Николаевна**, кандидат биологических наук,  
доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения

*Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)*

**Абрамова Лариса Михайловна**, доктор биологических наук, профессор,

главный научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений

**Мустафина Альфия Науфалевна**, кандидат биологических наук,

старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений

*Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН  
(г. Уфа, Российская Федерация)*

**Аннотация.** Изучены особенности онтогенетической структуры ценопопуляций редкого представителя *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) на периферии ареала (Среднее Поволжье и Башкирское Приуралье) и в центральной его части (Горный Алтай). Определены основные демографические показатели – индекс возрастной и индекс старения. С учетом демографических показателей выявлены типы ценопопуляций по критерию «дельта-омега»: на территории Башкирского Приуралья они в основном молодые, в Среднем Поволжье – переходные, на Горном Алтае – зрелые. В местообитаниях с большим увлажнением в популяциях отмечено увеличение доли прегенеративных особей. Антропогенная нагрузка (в основном в виде выпаса) оказывает большее влияние на численность и плотность особей, а не на тип онтогенетического спектра ценопопуляций. Особенности пространственной и онтогенетической структуры ценопопуляций *H. gmelinii* заключаются в достаточно высоком разнообразии типов онтогенетических спектров (и типов популяций соответственно) в европейской части ареала вида. Выявлены отличия демографических параметров популяций Самарской и Оренбургской областей от популяций Башкирского Приуралья и Горного Алтая, что связано с разницей климатических условий (прежде всего степени увлажнения). Особенности организации популяций *H. gmelinii* свидетельствуют о большей их неустойчивости на границе ареала.

**Ключевые слова:** *Hedysarum gmelinii* Ledeb.; ценопопуляция; онтогенез; онтогенетический спектр; демографические показатели ценопопуляции; общая плотность; эффективная плотность; особь; редкий вид; ареал; Среднее Поволжье; Башкирское Приуралье; Горный Алтай; Красная книга; фитоценоз; мониторинг; тип ценопопуляции.

Многоаспектное изучение редких видов растений на разных уровнях организации (организменном, популяционном, видовом) является актуальным направлением современной биологической науки. Изучение природных популяций представляет собой один из способов мониторинга конкретного вида, так и их сообществ, а также природных комплексов в целом [1–5].

Онтогенетическая и пространственная структура и определяемые ею демографические показатели популяций во многом обуславливают жизнеспособность популяционной системы [6], ее самовосстановление, самоподдержание, стабильность и лабильность.

Нами проводится изучение структуры и мониторинг популяций редких видов Южного Урала и Среднего Поволжья, среди которых в качестве модельных объектов выступают редкие виды флоры, в основном относящиеся к эндемичным и реликтовым представителям на территории указанных регионов [7–21].

В данной статье приведены результаты многолетних исследований онтогенетической структуры и современного состояния ценопопуляций редкого вида степной и лесостепной зон европейской части России и Горном Алтае – *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae).

*Hedysarum gmelinii* относится к группе плейстоценовых реликтов южносибирского происхождения, основной ареал которого охватывает значительную территорию от гор Средней Азии до Якутии и Монголии [22]. На Южном Урале и Средней Волге рас-

положены изолированные реликтовые фрагменты ареала вида.

Исследования *H. gmelinii* в различных частях ареала имеют важное значение для выявления отличий и/или закономерностей популяционной структуры и некоторых других параметров [12; 13; 16; 23–25]. В связи с тем, что данный представитель бобовых имеет дизъюнктивный ареал и популяции на территории Южного Урала и Среднего Поволжья находятся в оторванном от основного ареала фрагменте, изучение этих популяций и сравнение их с популяциями в основной (южносибирской) части территории распространения, без сомнения, является актуальным.

**Цель исследования:** изучение и сравнение популяционных показателей *H. gmelinii* на периферии ареала (европейская часть) и в его основной (азиатской) части.

### Материал и методы

*H. gmelinii* – травянистый стержнекорневой многолетник до 60 см высотой (рис. 1, 2). Стебли восходящие или прямостоячие, ребристые. Листья непарноперистые, с 5–11 эллиптическими листочками. Цветки расположены в пазухах прицветников и собраны в густые кисти (до 40 цветков). Венчик розовый или розово-пурпурный. Окраска венчика может быть различной и обычно зависит от субстрата: на меловых склонах цвет палевый, на известняковых – розовый. Плод – 2–6-членный боб. Приурочен к каменистым и известняковым склонам долин, оврагов

со слабо развитыми щербчатými черноземами. Мезоксерофит, гелиофит, кальцефил. Включен в Красные книги Самарской [26], Челябинской [27] областей, Республики Татарстан [28] и др., внесен в Красный список МСОП [29]. В Республике Башкортостан данный представитель ранее являлся объектом охраны [30], в настоящее время исключен из последнего издания региональной Красной книги [31], как устойчивый вид, не требующий специальных мер по дальнейшему сохранению. В настоящее время входит в список объектов растительного мира Башкортостана, нуждающихся в особом внимании и контроле в природной среде и мониторинге [30].

Онтогенез *H. gmelinii* описан ранее [11; 12; 15]. Продолжительность его у особей на территории Среднего Поволжья составляет 11–46 и более лет. По данным других исследователей, в южной Сибири длительность большого жизненного цикла около 50 лет [24].

Исследования проводились: 1) в лесостепной и степной зонах Средней Волги (на территории Самарской (СО) и Оренбургской (ОрО) областей); 2) в лесостепной зоне Башкирского Предуралья (Республика Башкортостан (РБ)); 3) в южной Сибири на территории горной части Алтая (Республика Алтай (РА)) [13].

На Средней Волге и в Предуралье важным элементом растительного покрова являются петрофитные степи. Здесь они распространены по склонам Жигулевских и Сенгилеевских гор (Самарское Предволжье), по отрогам Бугульмино-Белебеевской возвышенности и Общего Сырта (в Самарском Заволжье, Оренбургском Заволжье и Предуралье, а также Башкирском Предуралье). Климат на данной территории континентальный, сумма осадков составляет около 400–600 мм в год.

Зона степей в Центральном Алтае отсутствует. Здесь встречаются различные пояса степной растительности – каменистые, солончаковые, псаммофитные, расположенные по направлению от нижней границы леса к долинам рек. Климат горного Алтая континентальный. Основное количество влаги распределяется неравномерно – от 200–300 мм на юго-востоке региона до 2500 мм на Катунском хребте. Изолированные котловины отличаются значительной сухостью.

Изучение параметров ценопопуляций осуществлялось согласно традиционным рекомендациям популяционно-онтогенетического направления биоэкологических исследований. Для оценки пространственной и онтогенетической (возрастной) структу-

ры ценопопуляций (ЦП) редкого представителя флоры *H. gmelinii* закладывалось по 30–50 учетных площадок размером в 1 м<sup>2</sup> [32–35]. Определялись основные демографические показатели ЦП: индекс восстановления [36] и индекс старения [37]. Для оценки состояния ЦП применялся критерий «дельта-омега» профессора Л.А. Животовского [37], при котором учитываются индексы возрастности ( $\Delta$ ) [33] и эффективности ( $\omega$ ) [37]. Общая плотность определялась как общее количество особей на 1 м<sup>2</sup> изученной ценопопуляции. Эффективная плотность особей рассчитывали по методике Л.А. Животовского [37]. Если значение индекса эффективности ( $\omega$ ) не превышает единицы, то эффективная плотность всегда меньше общей (физической) плотности. Значения эффективной плотности, близкие к значениям физической плотности, характерны для зрелых ЦП. Для старых и молодых ЦП эффективная плотность гораздо меньше по величине средней плотности.

Статический анализ полученных в результате исследований данных проводился в Microsoft Excel 2010 [38].

#### Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведена краткая характеристика местообитаний ЦП *H. gmelinii* в названных выше регионах (СО, ОрО, РБ и РА). Названия обследованных ЦП модельного вида приведены по какому-либо близкому географическому объекту (населенному пункту, урочищу).

Популяции вида в европейской части ареала расположены на склонах южной и близких к ней экспозиций с уклоном 5–35°, в основном около 10–15°; большинство местообитаний вида нарушены рекреацией или выпасом скота в слабой и средней степени. Основными типами растительных сообществ являются пустынноовсецово-коржинскоковыльная, пустынноовсецово-солонечниковая, пустынноовсецово-ковыльковая, полынно-коржинскоковыльная петрофитные степи, а на сбитых пастбищах тырсово-степномятликовые, полынно-ковыльковые, полынно-ковыльковые, солонечниково-тырсовые ценозы. Сообщества с копеечником Гмелина в основном располагаются в средней или нижней части склонов, реже на вершинах холмов, на задернованных почвах с плотным травостоем (иногда до 80%). На мелах Самарского Предволжья (Гурьев овраг) *H. gmelinii* выходит на роль содоминанта в фитоценозах; почвы здесь смытые, нередко представленные редзинами, общее проективное покрытие почвы травостоем менее 30%.



**Рисунок 1** – Молодое генеративное растение *H. gmelinii* (Самарская область, Шигонский район, Гурьев овраг, 03.06.2013 г.)



**Рисунок 2** – Зрелое генеративное растение *H. gmelinii* (Самарская область, Челно-Вершинский район, Кондурчинские яры, 16.06.2011 г.)

Обследованные алтайские ЦП *H. gmelinii* чаще располагаются в нижней части склонов южной и западной экспозиций с небольшим уклоном (около 3–5°); степень нарушенности почвенно-растительного покрова, в связи с выпасом скота, различается в зависимости от удаленности территории от населенных пунктов. Степень антропогенной нагрузки влияет на численность особей в ЦП на территории РА: при перевыпасе число экземпляров невысокое, популяциям свойственна агрегация растений и большие промежутки между скоплениями. *H. gmelinii* зарегистрирован в составе петрофитных степей (келериево-прутникавое и копеечниково-кострецовое сообщества) и луговых степей (мятликово-разнотравное, келериево-спирейное, полынно-пырейное сообщества). Только в одном из пунктов *H. gmelinii* выходит на роль содоминанта (ЦП № 22), выпас на участке незначительный. Общее проективное покрытие травостоя – 30–50%.

Общая, эффективная плотность и возрастной состав популяций *H. gmelinii* представлены в таблице 1. Вклад растений разных онтогенетических состояний в популяционную плотность определен соответственно с их энергетической эффективностью в соответствии с методикой Л.А. Животовского [37].

Общая плотность особей в обследованных ЦП *H. gmelinii* на европейской территории изменяется в пределах 1,7–13,6 экз./м<sup>2</sup>, а эффективная плотность особей составляет 1,5–9,2 экз./м<sup>2</sup>. В большинстве ценопопуляций *H. gmelinii* преобладают генеративные особи. В РБ наибольшие значения плотности выявлены в ЦП № 1 и № 5 (12,2 экз./м<sup>2</sup>), где преобладают прегенеративные растения (69,7% и 65,2% соответственно). В СО высокой плотностью отличаются ЦП № 7 и № 9 (с плотностью 12,7 и 13,6 экз./м<sup>2</sup>), однако здесь преобладают генеративные особи (70,7 и 70,9% соответственно).

ЦП *H. gmelinii* на территории РА характеризуются общей плотностью 3,8–19,6 экз./м<sup>2</sup>, эффективной плотностью – 2,3–12,1 экз./м<sup>2</sup>, что заметно выше данных показателей для европейской части России. Эффективная плотность особей в ЦП №№ 18–22 ниже общей плотности, в среднем более чем на 30%.

Для ЦП *H. gmelinii* европейской части ареала нет четкой зависимости показателей общей и эффективной плотности от степени антропогенной нагрузки на местообитание: низкая нагрузка в ЦП №№ 1, 2, 11, 12: общая плотность особей – 1,7–12,2 экз./м<sup>2</sup>, эффективная плотность – 1,6–6,9 экз./м<sup>2</sup>; средняя нагрузка в ЦП №№ 3–9, 13–17: 1,8–12,7 и 1,5–9,2 экз./м<sup>2</sup>; высокая нагрузка в ЦП № 10: 3,8 и 2,6 экз./м<sup>2</sup> соответственно. В азиатской части ареала нами отмечено снижение данных популяционных характеристик при увеличении антропогенной нагрузки (ЦП №№ 18, 19 испытывают высокую антропогенную нагрузку, ЦП № 20 – среднюю, ЦП №№ 21, 22 – низкую). Это еще раз подтверждает факт снижения числа особей в ЦП на границе распространения вида даже при невысоком антропогенном прессе и необходимости охраны краеарейальных ЦП реликтовых видов.

Изучение онтогенетической структуры ЦП *H. gmelinii* показывает достаточно высокое разнообразие типов онтогенетических спектров в европейской части ареала и более «ровный» состав ЦП в азиатской.

В РБ доля генеративных особей преобладает в ЦП №№ 1, 2, 3 (73,9%, 97,6% и 81,8% соответственно), а значения общей и эффективной плотности особей наиболее близки (2,1, 2,8; 1,6, 1,7 и 1,5, 1,8 экз./м<sup>2</sup> соответственно). Число прегенеративных особей максимально в ЦП №№ 1, 5 и 6, где наиболее четко выражены различия показателей плотности.

Постгенеративная группа особей имеет значительную долю только в ЦП 2 (2,4%), так как в данной ЦП на момент исследования полностью отсутствовали прегенеративные растения. В СО и ОрО во всех обследованных ЦП (№№ 7–17) преобладали генеративные особи (48,5–72,3%), а наиболее близкие показатели общей и эффективной плотности отмечены в ЦП № 10 (3,8 и 2,6% соответственно), однако она же отличается минимальной плотностью среди ЦП в Самарском Заволжье.

В обследованных ЦП в РА преобладает генеративная фракция особей (55,3–66,5%), однако высока по численности и прегенеративная группа особей (33,0–43,1%). Постгенеративные экземпляры регистрируются во всех ЦП (0,5–5,5%, в среднем около 2,7%).

Распределение особей по трем онтогенетическим периодам и рассчитанные демографические параметры ценопопуляций *H. gmelinii* представлены в табл. 2.

Оценка исследованных ценопопуляций *H. gmelinii* по классификации «дельта-омега» показала, что в европейской части ареала пять ЦП (№№ 1, 4–6, 16) являются молодыми (база вариации индексов:  $\Delta = 0,18–0,29$ ;  $\omega = 0,37–0,55$ ), в которых высока доля прегенеративных особей (четыре из них отмечены в Республике Башкортостан, одна – в Оренбургском Заволжье). Шесть обследованных ЦП являются переходными (№№ 7, 9, 10, 12–14), демографические параметры которых составили  $\Delta = 0,35–0,45$ ,  $\omega = 0,66–0,68$  (три в Самарском Заволжье, одна в Самарском Предволжье, две в Оренбургском Заволжье). Шесть модельных ЦП (№№ 2, 3, 8, 11, 15, 17) относятся к зрелым ( $\Delta = 0,39–0,52$ ;  $\omega = 0,70–0,97$ ), в их составе число зрелых генеративных особей значительная, а прегенеративных низкая (две из них в РБ, две в Оренбургском Заволжье, одна в Самарском Предволжье, одна в Самарском Заволжье).

Индекс восстановления в двух ЦП (№№ 1 и 6) выше единицы (1,91 и 1,65 соответственно), в остальных он ниже единицы (0,22–0,99). В ЦП № 2 индекс восстановления равен нулю, так как прегенеративная группа особей не зарегистрирована. Индекс старения ЦП очень низкий (0,0–0,06), что свидетельствует как о незначительном пополнении молодыми растениями, так и о быстром отмирании старых генеративных экземпляров.

В азиатской части ареала четыре ЦП (№№ 18, 19, 21, 22) характеризуются как зреющие ( $\Delta = 0,33–0,35$ ,  $\omega = 0,61–0,62$ ), с индексом восстановления 0,69–0,79 и индексом старения 0,02–0,06. Одна ЦП 20 является переходной ( $\Delta = 0,36$ ,  $\omega = 0,66$ ), с индексом восстановления 0,50 и минимальным индексом старения 0,01.

По классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой [39], обследованные ЦП *H. gmelinii* в европейской части ареала относятся к нормальным, большинство из них – неполночленные. Отсутствие в спектрах значительной части ЦП субсенильных и сенильных растений прежде всего связано с сокращенным вариантом онтогенеза в связи с быстрым отмиранием особей при достижении старого генеративного состояния. В природных ЦП *H. gmelinii* особи проходят полный онтогенез только в условиях достаточно высокой влажности почвы и незначительных антропогенных нарушениях местообитаний. В азиатской части ареала все обследованные ЦП нормальные полночленные, что свидетельствует о более благоприятных условиях существования (малая нарушенность фитоценозов, более высокая влажность почв, значительная площадь популяций, достаточное число особей для самоподдержания локальных популяций), в том числе в связи с минимальной антропогенной нагрузкой.

**Таблица 1** – Особенности местообитаний и пространственной структуры ценопопуляций *H. gmelinii*

№ ЦП	Местообитание	Положение ЦП на рельеф	Растительное сообщество	Эффективная плотность, экз./м <sup>2</sup>	Плотность, экз./м <sup>2</sup>	Антропогенная нагрузка
1	РБ, д. Бурангулово	Нижняя часть западного склона, 20°	Тырсово-степномятликовая петрофитная степь	4,6	12,2	слабая (выпас, рекреация)
2	РБ, гора Таштубэ	Нижняя часть северо-западного склона, 20°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	1,6	1,7	слабая (выпас)
3	РБ, д. Алышево	Западный склон, 5–10°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	1,5	1,8	средняя (выпас)
4	РБ, гора Пикарская	Верхняя часть западного склона, 5–10°	Пустынноовсецово-тырсовая петрофитная степь	2,8	6,1	средняя (выпас)
5	РБ, гора Сатыртау	Нижняя часть восточного склона, 20–25°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	4,5	12,2	средняя (выпас, рекреация)
6	РБ, д. Чятай-Бурзян	Вершина юго-западного склона, 10–15°	Пустынноовсецово-тырсовая петрофитная степь	4,2	10,0	средняя (выпас)
7	СО, Успенская горка	Средняя часть южного склона, 10°	Пустынноовсецово-тырсовая петрофитная степь	8,6	12,7	средняя (выпас, рекреация)
8	СО, с. Челно-Вершины	Средняя часть юго-западного склона, 10–15°	Пустынноовсецово-ковыльковая петрофитная степь	8,1	10,5	средняя (выпас, рекреация)
9	СО, с. Челно-Вершины	Средняя часть восточного склона, 10°	Солонечниково-тырсовая петрофитная степь	9,2	13,6	средняя (выпас, рекреация)
10	СО, Серноводный шихан	Средняя часть юго-восточного склона, 15–20°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	2,6	3,8	высокая выпас, рекреация)
11	СО, Гурьев овраг	Вершина юго-восточного склона, 10–15°	Копеечниково-тырсовая петрофитная степь	6,9	9,7	слабая (рекреация)
12	СО, Гурьев овраг	Вершина юго-восточного склона, 10–15°	Копеечниково-тырсовая петрофитная степь	5,3	7,8	слабая (рекреация)
13	ОрО, истоки р. Б. Кинель	Средняя часть юго-восточного склона, 10°	Полынно-ковыльковая петрофитная степь	4,5	6,5	средняя (выпас)
14	ОрО, истоки р. Б. Кинель	Средняя часть южного склона, 10°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	6,3	9,5	средняя (выпас)
15	ОрО, с. Алябьево	Вершина юго-восточного склона, 10–15°	Полынно-коржинско-ковыльковая петрофитная степь	5,1	7,2	средняя (выпас)
16	ОрО, с. Алябьево	Вершина юго-западного склона, 10–15°	Пустынноовсецово-коржинскоковыльная петрофитная степь	6,5	11,8	средняя (выпас)
17	ОрО, с. Алябьево	Средняя часть южного склона, 10°	Пустынноовсецово-солонечниковая петрофитная степь	6,0	8,5	средняя (выпас)
18	Алтай, правый берег р. Чуя, с. Чибит	Нижняя часть южного склона, 3–5°	Келериево-прутняковое, петрофитная степь	2,3	3,8	высокая (выпас)
19	Алтай, с. Акташ	Нижняя часть южного склона, 3–5°	Мятликово-разнотравное, луговая степь	3,3	5,4	высокая (выпас)
20	Алтай, левый берег р. Чуя, с. Чибит	Нижняя часть западного склона, 5°	Келериево-спирейное, луговая степь	8,2	12,4	средняя (выпас)
21	Алтай, с. Хабаровка	Нижняя часть юго-западного склона, 3°	Полынно-пырейное, луговая степь	9,5	15,6	низкая (выпас)
22	Алтай, с. Онгудай	Нижняя часть южного склона, 5°	Копеечниково-кострецовое, петрофитная степь	12,1	19,6	низкая (выпас)

**Таблица 2** – Распределение особей по онтогенетическим состояниям и демографические показатели состояния ЦП *H. gmelinii*

№ ЦП	Онтогенетические периоды, %			Демографические показатели				
	прегенеративный	генеративный	постгенеративный	$\Delta$	$\omega$	тип ЦП	$I_B$	$I_{CT}$
1	69,7	28,9	1,3	0,18	0,37	молодая	1,91	0,02
2	0	97,6	2,4	0,52	0,97	зрелая	0	0,02
3	18,2	81,8	0	0,39	0,85	зрелая	0,22	0
4	57,5	41,2	1,3	0,25	0,45	молодая	0,67	0,02
5	65,2	34,8	0	0,18	0,37	молодая	0,47	0
6	66,7	33,3	0	0,19	0,42	молодая	1,65	0
7	29,3	70,7	0	0,39	0,68	переходная	0,41	0
8	14,2	81,5	4,3	0,48	0,77	зрелая	0,17	0,04
9	24,0	70,9	5,1	0,45	0,68	переходная	0,34	0,05
10	31,8	68,2	0	0,36	0,69	переходная	0,47	0
11	25,2	72,3	2,5	0,42	0,71	зрелая	0,35	0,03
12	28,0	70,5	2,5	0,43	0,68	переходная	0,40	0,03
13	27,7	72,3	0	0,39	0,69	переходная	0,38	0
14	34,8	65,2	0	0,35	0,66	переходная	0,53	0
15	28,2	71,1	1,7	0,39	0,71	зрелая	0,40	0,02
16	48,1	48,5	3,4	0,29	0,55	молодая	0,99	0,04
17	22,6	71,9	5,5	0,47	0,70	зрелая	0,31	0,06
18	41,1	56,2	2,7	0,33	0,61	зреющая	0,73	0,03
19	39,5	57,5	3,0	0,35	0,61	зреющая	0,69	0,03
20	33,0	66,5	0,5	0,36	0,66	переходная	0,50	0,01
21	43,1	54,8	2,1	0,33	0,61	зреющая	0,79	0,02
22	39,2	55,3	5,5	0,35	0,62	зреющая	0,71	0,06

Усредненный онтогенетический спектр изученных ЦП *H. gmelinii* для всей территории и спектры для конкретного региона показал, что для популяций в РБ свойственно преобладание зрелых генеративных особей (43,6%), на эту часть спектра приходится максимум; локальные пики наблюдаются на начальных стадиях онтогенеза (проростки – 17,5%, ювенильные особи – 13,7%). Остальные стадии представлены значительно меньшей долей особей (имматурные – 7,7%, виргинильные – 7,2%, молодые генеративные – 5,3%, старые генеративные – 4,1%, субсенильные – 0,8%).

В СО и ОрО возрастные спектры в общем схожи между собой, но несколько отличаются от башкирских ЦП. Спектры ЦП на Средней Волге также с преобладанием зрелых генеративных особей (32,7% и 27,1% соответственно), субдоминированием старых генеративных растений (24,9% и 21,0%), более низким содержанием особей в виргинильном периоде онтогенеза.

Усредненный онтогенетический спектр ЦП *H. gmelinii* европейской части России, центрированный с максимумом на средневозрастных генеративных особях (34,9%). Остальные онтогенетические группы имеют примерно одинаковую долю особей в пределах 7–16% от общей численности, за исключением субсенильной стадии (1,7%).

Алтайская группа ЦП *H. gmelinii* характеризуется преобладанием генеративной фракции особей (58,1%), достаточно высоким содержанием прегенеративных растений (39,2%) и низкой долей сенильных экземпляров (менее 3%).

В основном вид произрастает в благоприятных по соотношению влаги и температуры условиях, большей частью в средней и нижней частях склонов с плотным травостоем, и, по нашим наблюдениям, для него именно задернение определяет возможности прорастания семян и развития молодых растений. Каждая конкретная ЦП имеет свой онтогенетический

спектр, характеризующий ее современное состояние с учетом жизненной стратегии, жизненной формы и других биоэкологических признаков конкретного вида. Он также находится в зависимости от условий местообитания, плотности травостоя, степени антропогенной нагрузки и колебаний метеорологических условий, которые влияют на способность к самовосстановлению и самоподдержанию ЦП, связанные с особенностями прорастания семян и темпов развития особей определенного онтогенетического состояния.

На наш взгляд, отличия в онтогенетических спектрах природных ЦП *H. gmelinii* связаны как с особенностями эколого-фитоценологических условий местообитаний, так и со степенью антропогенной нагрузки. С увеличением воздействия антропогенного фактора и в более засушливом климате в ЦП резко снижается процент всхожести семян и выживаемости проростков, в связи с чем в СО и ОрО спектры имеют более правосторонний характер, а ЦП молодого типа регистрируются редко.

Онтогенетическая структура конкретных природных ЦП *H. gmelinii* на территории РБ имеет два основных типа спектра: левосторонний и центрированный. Левосторонний одновершинный онтогенетический спектр формируется в ЦП № 1, где максимум приходится на ювенильные особи (30,6%). Эта ЦП находится в нарушенном выпасом местообитании, возле населенного пункта, где разреженный травостой не препятствует прорастанию семян, образованию проростков и дальнейшему развитию молодых особей. В остальных обследованных ЦП отмечается центрированный онтогенетический спектр, с преобладанием зрелых генеративных особей (29,7–88,1%). Растения прегенеративной фракции представлены небольшим числом особей, или же они полностью отсутствуют. Незначительная доля прегенеративных растений в составе ЦП *H. gmelinii* связана с затрудненным прорастанием семян и дальнейшим развитием молодых растений, обусловленных как биоэкологией вида, так и сомкнутостью фитоце-



нозов, в которых произрастает копеечник Гмелина, а также с высокой гибелью проростков и ювенильных особей в сухих склоновых местообитаниях, подверженных эрозии. Центрированные онтогенетические спектры характерны для популяций с устойчивым положением в растительных сообществах.

В ЦП № 4 и № 6 центрированный онтогенетический спектр имеет два пика. Первый пик для ЦП № 6 приходится на ювенильные особи (27,3%) и для ЦП № 4 на проростки (30,1%), второй пик выявлен на средне генеративных особей (29,7 и 32,0% соответственно). Данные популяции малонарушены выпасом скота, располагаются в верхней части склона горы с невысоким процентом проективного покрытия почвы травостоем, что способствует быстрому переходу молодых особей в генеративное состояние.

В западной части ареала для ЦП характерно смещение пиков онтогенетического спектра вправо, особенно выражено это в ЦП 9 (СО, окр. с. Челно-Вершины). Данный локус зарегистрирован в составе одной из крупнейших в Самарском Заволжье географической популяции на Кондурчинских ярах. Для нее свойственная высокая плотность особей и значительное задернение почвы. Прорастание семян незначительное за счет накопления степного войлока. Ядро ЦП здесь составляют генеративные, т.е. наиболее длительно живущие особи.

На территории РА во всех модельных ЦП отмечено преобладание зрелых генеративных особей. Локальный пик онтогенетического спектра приходится как на старые генеративные растения (ЦП №№ 19, 20), так и на ювенильные особи (ЦП №№ 18, 21, 22). Как указывалось ранее, состав онтогенетических групп в ЦП региона отличается зачастую незначительно, и выделение локальных пиков в спектре практически условное, например, в ЦП 19:  $g_2$  – 23,5%,  $g_3$  – 18,4%;  $v$  – 17,9%;  $g_1$  – 15,6%;  $im$  – 13,1%.

Оптимальными условиями обитания для *H. gmelinii* закономерно являются те, в которых онтогенетические спектры их ЦП близки к базовому спектру. Для РБ (в сравнении с усредненным спектром для региона (РБ)) это ЦП 1 и 4, расположенные в средней или в верхней части склонов, с небольшой антропогенной нагрузкой. В СО это ЦП 7 и 12, зарегистрированные в верхней и средней части склона с небольшой или средней антропогенной нагрузкой. В ОрО – ЦП 15 и 17 – в верхней и средней части склонов при средней антропогенной нагрузке.

Для сравнения приведем наши данные по онтогенетической структуре ЦП *H. gmelinii* на территории Горного Алтая – он является полночленным левомодальным, по сравнению с западной частью ареала более выровненный, но все же имеющий два максимума (пика). Как и в первом случае, преобладают зрелые генеративные особи, составляющие в спектре один из пиков, хотя процент их от общего числа около 25%. Заметную роль играют также ювенильные растения, на которые и приходится локальный максимум спектра – данных особей зарегистрировано около 18,5%. Общая доля генеративных особей алтайских популяций составила около 58%, что ниже по сравнению с средневожскими и приуральскими более чем на 10%.

Полученные нами данные в целом согласуются с результатами исследований сибирских ученых [24], указывающих, что с увеличением степени увлажнения местообитаний копеечника возрастает доля пре-генеративных растений – это отчетливо прослеживается в ЦП на территории Республики Башкортостан и Республики Алтай.

Обобщенные данные свидетельствуют о достаточно высоком разнообразии онтогенетических спектров ЦП и лабильности ценопопуляций вида в составе фитоценозов в условиях низкой и в некоторых случаях средней антропогенной нагрузки. Однако прослеживается сходство в спектрах башкирских и алтайских популяций, что в первую очередь можно связать с большим увлажнением и проявлением мезофитных черт у копеечника Гмелина, в СО и ОрО произрастающего на южной границе ареала в зоне лесостепи.

#### Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований определены онтогенетические (возрастные) спектры ценопопуляций плейстоценового реликта *Hedysarum gmelinii* в европейской части ареала. Семь ЦП Средней Волги и Приуралья отличаются довольно высокой плотностью (10,0–13,6 экз./м<sup>2</sup>). Онтогенетический спектр в большинстве ЦП неполночленный, что связано с быстрым отмиранием растений после завершения генеративного состояния, а также тем, что *H. gmelinii* произрастает в сообществах с довольно плотным травостоем, препятствующим прорастанию семян и развитию молодых растений. В случае, когда вид произрастает на меловых отложениях, в сообществах с разреженным травостоем, семена часто смываются осадками или сдуваются ветром с поверхности субстрата, а образовавшиеся проростки испытывают значительный недостаток влаги, что вызывает их элиминацию. Существенное влияние на молодые растения здесь оказывают эрозийные процессы на склонах.

По классификации «дельта-омега» ЦП *H. gmelinii* в Башкирском Приуралье представлены преимущественно молодыми, реже зрелыми. *H. gmelinii*, как вид, представленный достаточно хорошо сохранившимися и многочисленными популяциями, не требует здесь дополнительных мер по охране, поэтому исключение его из числа охраняемых видов на территории РБ правомерно. Тем не менее, принимая во внимание то, что число популяций вида в Башкортостане невелико и он находится в изолированном фрагменте в стороне от основного ареала, занимающем всего несколько административных районов центральной части Предуралья, необходим дальнейший мониторинг состояния его популяций.

В Самарской и Оренбургской областях большинство популяций является переходными. Число известных местообитаний здесь невелико, а численность особей в них (за редким исключением) незначительна. В данных регионах включение представителя в Красные книги, как и дальнейший мониторинг, считаем целесообразным и необходимым, так как популяциям свойственно старение и снижение численности при увеличении антропогенного пресса.

Алтайские ЦП имеют значительное сходство между собой по составу онтогенетических групп в своих спектрах. Выделение локальных пиков спектров часто условно, онтогенетические группы занимают примерно равные позиции. Большинство ЦП относятся к зреющему типу, одна из них – переходная. Онтогенетические спектры ЦП региона не имеют значимых расхождений в связи с интенсивностью антропогенного пресса, а вот плотность (и численность) особей в ЦП зависит от степени паскальной нагрузки.

Таким образом, краевые популяции *H. gmelinii* на Средней Волге и в Приуралье более разнообразны по типам онтогенетических спектров, что является адаптационной особенностью, способствующей сохранению вида в изолированной части ареала на европейской части России.

**Список литературы:**

1. McCune B., Grace J.B. Analysis of Ecological Communities. Glendon Beach: MiM Software Design, 2002. 300 p.
2. Кузнецова М.Н. Биолого-ценотические особенности *Globularia punctata* Lareug. в центральной части Приволжской возвышенности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 18 с.
3. Nomás R.-R., Ortega-Olivencia A., Devesa Alcaraz J.A. Reproductive biology in *Cytisus multiflorus* (Fabaceae) // *Annales Botanici Fennici*. 2004. Vol. 41, № 3. P. 179–188.
4. Лаврентьев М.В. Ботанико-экологическая характеристика *Hedysarum grandiflorum* Pall. и фитоценозов с его участием в южной части Приволжской возвышенности: дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2018. 197 с.
5. Abramova L.M., Ilyina V.N., Mustafina A.N., Karimova O.A. Features of the Organization of Populations of a Rare Species *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. (Dipsacaceae, Magnoliopsida) in the Trans Volga and Cis-Urals Regions // *Biology Bulletin*. 2019. Vol. 46, № 10. P. 1199–1205.
6. Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. Возрастная структура ценопопуляций многолетних растений и ее динамика // *Журнал общей биологии*. 1978. Т. 39, № 6. С. 849–857.
7. Абрамова Л.М., Баширова Р.М., Муртазина Ф.К., Усманов И.Ю. Характеристика ценопопуляций *Glycyrrhiza korshinskyi* Grig. на юго-востоке Республики Башкортостан // *Растительные ресурсы*. 2001. Т. 37, вып. 2. С. 24–29.
8. Абрамова Л.М., Ильина В.Н., Каримова О.А., Мустафина А.Н. Сравнительный анализ структуры популяций *Hedysarum grandiflorum* (Fabaceae) в Самарской области и Республике Башкортостан // *Растительные ресурсы*. 2016. Т. 52, № 2. С. 225–239.
9. Абрамова Л.М., Ильина В.Н., Каримова О.А., Мустафина А.Н. Особенности организации популяций редкого вида *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. (Dipsacaceae, Magnoliopsida) в Заволжье и Предуралья // *Поволжский экологический журнал*. 2018. № 1. С. 3–15. DOI: 10.18500/1684-7318-2018-1-3-15.
10. Абрамова Л.М., Каримова О.А., Андреева И.З. Структура и состояние ценопопуляций *Althaea officinalis* (Malvaceae) на юге Предуралья (Республики Башкортостан) // *Растительные ресурсы*. 2010. Вып. 4. С. 46–53.
11. Ильина В.Н. Онтоморфогенез некоторых видов рода *Hedysarum* L. // XVIII Любичевские чтения. Современные проблемы эволюции: сб. докладов конф. Ульяновск: УлГПУ, 2004. С. 158–165.
12. Ильина В.Н. Эколого-биологические особенности и структура ценопопуляций редких видов рода *Hedysarum* L. в условиях бассейна Средней Волги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006. 19 с.
13. Ильина В.Н. Структура популяций *Hedysarum gmelinii* Ledeb. на западной границе и в центральной части ареала // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2007. Т. 9, № 1. С. 153–157.
14. Ильина В.Н. Онтогенез копеечника Гмелина (*Hedysarum gmelinii* Ledeb.) // *Онтогенетический атлас растений: научное издание*. Т. VI. Йошкар-Ола: МарГУ, 2011. С. 102–107.
15. Ильина В.Н. Структура и состояние популяций средневожских видов рода *Hedysarum* L. (Fabaceae) // *Сам. научный вестник*. 2014. № 2 (7). С. 37–40.
16. Ильина В.Н. Редкие копеечники на Средней Волге. Биология, структура популяций и вопросы охраны: монография. Самара: СГСПУ, 2019. 164 с.
17. Каримова О.А., Мустафина А.Н., Абрамова Л.М. Современное состояние и виталитетная структура природных популяций редкого вида *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. на Южном Урале // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2015. № 3 (31). С. 27–39.
18. Каримова О.А., Абрамова Л.М., Ильина В.Н., Мустафина А.Н. Структура ценопопуляций и охрана редкого вида *Anthemis troztkiana* Claus в Самарской и Оренбургской областях // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2018. Т. 123, № 5. С. 58–66.
19. Каримова О.А., Мустафина А.Н., Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Возрастной состав ценопопуляций *Patrinia sibirica* (Valerianaceae) на Южном Урале // *Растительные ресурсы*. 2016. Т. 52, вып. 1. С. 49–65.
20. Каримова О.А., Мустафина А.Н., Абрамова Л.М. Современное состояние природных популяций редкого вида *Medicago cancellata* Vieb. в Республике Башкортостан // *Вестник Томского государственного ун-та. Биология*. 2016. № 3 (35). С. 43–59.
21. Каримова О.А., Абрамова Л.М., Мустафина А.Н., Голованов Я.М. Состояние ценопопуляций *Anthemis troztkiana* (Asteraceae) в Оренбургской области // *Ботанический журнал*. 2018. Т. 103, № 6. С. 740–754.
22. Князев М.С. Бобовые (Fabaceae Lindl.) Урала: видообразование, географическое распространение, историко-экологические свиты: дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2014. 607 с.
23. Жмудь Е.В. Экологическая пластичность *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) в Горном Алтае и Хакасии // *Вестник Вестник Томского государственного педагогического университета*. 2014. № 11 (152). С. 220–226.
24. Карнаухова Н.А., Сыева С.Я. Копеечники Южной Сибири. Барнаул: Концепт, 2017. 501 с.
25. Сыева С.Я., Карнаухова Н.А. Биологический потенциал ценопопуляций *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) в Горном Алтае // *Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII междунар. науч.-практ. конф., посв. 70-летию Горно-Алтайского государственного университета (6–8 июня 2019 г.)*. Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2019. С. 404–411.
26. Красная книга Самарской области. Т. I. Редкие виды растений и грибов / под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Изд. 2-е, перераб. и доп. Самара: Самарская государственная областная академия, 2017. 384 с.
27. Красная книга Челябинской области: Животные, растения, грибы / отв. ред. А.В. Лагунов. 2-е изд. М.: Реарт, 2017. 504 с.
28. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы / гл. ред. А.А. Назиров. Изд. 3-е. Казань: Идел-Пресс, 2016. 760 с.
29. Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений. Ч. 3.1 (Семенные растения). М., 2004 (2005). 352 с.
30. Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Галеева А.Х. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. Уфа: Китап, 2001. 280 с.

31. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Растения и грибы. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
32. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М.; Л., 1950. Вып. 6. С. 7–204.
33. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.
34. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 217 с.
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 // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола: МарГУ, 1998. С. 146–149.
37. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
38. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной биологии. М.: Наука, 1990. 296 с.
39. Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МОИП. 1969. Отд. биол. Вып. 79 (1). С. 119–135.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем» и в рамках госзаданий ЮУБСИ УФИЦ РАН и Самарского государственного социально-педагогического университета.*

## THE STRUCTURE AND STATE OF COENOPULATIONS OF THE RARE SPECIES *HEDYSARUM GMELINII* LEDEB. (FABACEAE) IN DIFFERENT PARTS OF THE RANGE

© 2020

**Iliina Valentina Nikolaevna**, candidate of biological sciences, associate professor of Biology, Ecology and Methods of Teaching Department *Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation)*

**Abramova Larisa Mikhailovna**, doctor of biological sciences, professor, chief researcher of Wild Growing Flora and Herbaceous Plants Introduction Laboratory

**Mustafina Alfiya Naufalevna**, candidate of biological sciences, senior researcher of Wild Growing Flora and Herbaceous Plants Introduction Laboratory *South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences (Ufa, Russian Federation)*

**Abstract.** The paper studies the ontogenetic structure features of coenopopulations of a rare representative *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) on the periphery of the range (the Middle Volga and the Bashkir pre-Urals) and in its central part (the Altai Mountains). The main demographic indicators are determined – the age index and the aging index. Taking demographic indicators into account, the types of coenopopulations were determined according to the «delta-omega» criterion: in the Bashkir pre-Urals they are mostly young, transitional in the Middle Volga region, and mature in the Altai Mountains. In habitats with great moisture in populations, an increase in the proportion of regenerative individuals was noted. Anthropogenic load (mainly in the form of grazing) has a greater impact on the number and density of individuals, but not on the type of ontogenetic spectrum of coenopopulations. The spatial and ontogenetic structure of coenopopulations of *H. gmelinii* is characterized by a rather high variety of ontogenetic spectra types (and types of populations, respectively) in the European part of the species range. Differences in the demographic parameters of the populations of the Samara and Orenburg Regions from the populations of the Bashkir pre-Urals and the Altai Mountains were revealed, which is associated with the difference in climatic conditions (primarily the degree of moisture). Features of the organization of *H. gmelinii* populations indicate their greater instability on the border of the range.

**Keywords:** *Hedysarum gmelinii* Ledeb.; coenopopulation; ontogenesis; ontogenetic spectrum; demographic indicators of coenopopulation; total density; effective density; individual; rare view; area; Middle Volga region; Bashkir pre-Urals; Mountain Altai; Red Book; phytocenosis; monitoring; type of coenopopulation.

\* \* \*

УДК 504.064.2.001.18

DOI 10.24411/2309-4370-2020-11107

Статья поступила в редакцию 30.01.2020

## УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020

**Ковалева Ольга Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования

**Санникова Наталья Владиславовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования

**Шулепова Ольга Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень, Российская Федерация)*

**Аннотация.** Агропромышленный комплекс имеет огромный потенциал повышения эффективности использования природных ресурсов, а значит, может служить хорошей площадкой для внедрения наилучших Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 1 (30)