

**Биоклиматические факторы
и эколого-географические закономерности
распространения редкого вида
Hedysarum grandiflorum Pall.**

Л. М. АБРАМОВА¹, С. Н. ЖИГУНОВА², В. Н. ИЛЬИНА³, М. В. ЛАВРЕНТЬЕВ^{4, 5}, Н. А. СУПРУН^{6, 7}

¹Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН
450080, Уфа, ул. Менделеева, 195/3

²Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, 450054
450054, Уфа, просп. Октября, 69

³Самарский государственный социально-педагогический университет
443090, Самара, ул. Антонова-Овсеенко, 26

⁴Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

⁵Национальный парк «Хвалынский»
412787, г. Хвалынский, ул. Октябрьская, 2Б

⁶Волгоградский региональный ботанический сад
400007, Волгоград, пос. Металлургов, 68

⁷Волгоградский государственный социально-педагогический университет
400066, Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 27
E-mail: abramova.lm@mail.ru

Статья поступила 07.04.2023

После доработки 12.07.2023

Принята к печати 26.07.2023

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты изучения ареала и диапазона экологических факторов редкого вида *Hedysarum grandiflorum* Pall. на территории европейской части России. В качестве исходного материала использовано 387 точек нахождения вида из 10 регионов РФ. Для расчета климатических показателей взяты растровые данные BIOCLIM по 19 биоклиматическим переменным, система глобального цифрового картографирования почв SoilGrids и цифровая модель рельефа SRTM 1arc_V3. Показатели среднегодовой температуры, температуры летних и зимних месяцев местообитаний *H. grandiflorum* уменьшаются

в северо-восточном направлении от Ростовской области до Республики Башкортостан, а годовое количество осадков меньше в южных регионах степной зоны и больше в регионах лесостепной зоны, при этом наблюдается большее количество летних осадков, чем зимних. Местонахождения вида, находящиеся на границе ареала, в большинстве случаев имеют крайние (максимальные или минимальные) значения климатических факторов. На северо-востоке ареала *H. grandiflorum* продвижение вида ограничивают низкие температуры летних и зимних месяцев, с юга – высокие летние температуры и малое количество осадков в летний период. Охрана вида осуществляется в 19 заповедниках, заказниках, природных и национальных парках, а также более чем в 80 памятниках природы, и в целом достаточна, однако особого внимания требуют краевые малочисленные местонахождения вида.

Ключевые слова: *Hedysarum grandiflorum* Pall., редкий вид, ареал, экологическая ниша, пределы распространения, охрана.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение редких видов растений в плане выявления закономерностей их географического распространения в связи с климатическими факторами имеет несомненную актуальность, поскольку вносит вклад в понимание генезиса вида, его экологической ниши и позволяет оценить перспективы его дальнейшего существования, что представляет интерес для осуществления его эффективной охраны.

Среди редких видов растений, изучение которых осуществляется в разных частях ареала, – представители рода *Hedysarum* L. (Fabaceae). Редким видом этого рода является *Hedysarum grandiflorum* Pall. – копеечник крупноцветковый. Этот кальцефильный вид хотя и имеет достаточно широкий ареал, но в связи с особенностями биологии и экологии и вследствие антропогенных изменений степных экосистем является уязвимым и охраняется практически на всей европейской части России. Вид включен в Красные книги: Российской Федерации [Красная книга..., 2008], Волгоградской [Красная книга..., 2017а], Оренбургской [Красная книга..., 2019б], Самарской [Красная книга..., 2017б], Саратовской [Красная книга..., 2021б], Ульяновской [Красная книга..., 2015], Челябинской [Красная книга..., 2017в], Белгородской [Красная книга..., 2019а], Воронежской [Красная книга..., 2018] и Ростовской [Красная книга..., 2014] областей, Республики Башкортостан [Красная книга..., 2021а] и Татарстан [Красная книга..., 2016].

В последние годы в разных частях эколого-географического ареала вида активно изучаются вопросы распространения, биологии, биохимии, генетики этого вида и другие особенности [Карнаухова, 2011; Кукушкина и др., 2011; Попова и др., 2012; Супрун, Шанцер, 2012; Аверинова, 2014; Попова,

2014; Попов, 2018; Розенцвет и др., 2021]. Довольно хорошо вид изучен на популяционном уровне [Мулдашев и др., 2013; Абрамова и др., 2016, 2019; Ильина, 2019; Супрун, 2021; Ильина и др., 2022; Карасёва и др., 2022; Лаврентьев, Болдырев, 2022]. Полученные популяционные данные показывают, что нормальные полночленные популяции типичны для *H. grandiflorum* в оптимальных эколого-фитоценологических условиях, регрессивные популяции отличаются неполночленным спектром, невысокой численностью и ее постепенным сокращением. Отмечена достаточная устойчивость вида в фитоценозах и наличие адаптаций к возникающей эрозии почв. Наиболее чувствительны популяции к возрастающей антропогенной нагрузке – стравливанию и вытаптыванию их при перевыпасе, а также выгоранию при пожарах. Интересным представляется сравнение центральных и окраинных популяций, в которых вид находится на пределе существования; такие популяции зачастую обладают своеобразием внутренней организации, структуры, эколого-фитоценологической приуроченности и пр.

Ранее различными авторами высказывались предположения о влиянии климатических факторов на морфогенез особей, структуру и состояние популяций редких видов [Blinova, 2008; Глазырина и др., 2015]. В настоящее время использование биоклиматических переменных позволяет провести такую диагностику редких видов [Санданов и др., 2017; Попов, 2018; Stoica, 2018; Чурюлина, Бочарников, 2019; Churiulina, Bocharnikov, 2019]. В целом биоклиматическому анализу естественных ареалов и экологических ниш растений в настоящее время в российской литературе посвящено немного работ, причем большинство из них приводит построенные прогнозные модели потенциальных аре-

алов видов растений [Куликова и др., 2018; Кутуева и др., 2019; Пшегусов и др., 2019; Чадаева, Пшегусов, 2020; Fedorov et al., 2020, 2021; Fedorova et al., 2021; Kutueva et al., 2021; Архипова и др., 2022; Афонин и др., 2022; Пшегусов, Чадаева, 2022]. По редкому виду *H. grandiflorum* таких исследований ранее не проводилось.

Целью настоящей работы стало выявление биоклиматических характеристик и особенностей эколого-географического распространения *H. grandiflorum* в пределах ареала вида в европейской части России.

ОБЪЕКТ И РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследований – *Hedysarum grandiflorum* – многолетний травянистый стержнекорневой поликарпик высотой 25–40 см с укороченными стеблями до 3–5 см, иногда до 10 см высотой. Листочки непарноперистосложные, эллиптические или широкоовальные, около 20–30 мм длиной, 12–15 мм шириной, сверху зеленые, снизу густо серебристопелковистые, число пар 2–5. Длина рахиса листа от 5 до 25(30) см. Цветоносы немногочисленны, превышают листья. Чашечка короче венчика, зубцы чашечки в несколько раз длиннее трубки. Венчик бледно-желтый, иногда с розоватыми жилками, 20–25 мм длиной. Боб 2–4-членный, членики почти округлые, сетчато-ребристые, опушенные. Мезоксерофит, петрофит, кальцефил. Произрастает в петрофитных степях на щебнистых склонах, в различных орографических условиях: на смытых органогенно-щебнистых и слабо развитых маломощных черноземах, обычно подстилаемых карбонатными породами (известняк, мергель, гипс, мел) и карбонатизированными песчаниками. Чаще всего регистрируется на вершинах или верхних частях крутых или пологих склонов южной, западной, изредка восточной экспозиций. В степной зоне (например, в Самарской и Оренбургской областях) вид также встречается в плакорных степях на черноземах разного типа. Места обитания *H. grandiflorum* нередко распахиваются и используются в качестве пастбищ, что приводит к сокращению численности вида. В некоторых регионах вид сохранился только на особо охраняемых природных территориях.

Ареал *H. grandiflorum* в Европейской России охватывает Волжско-Камское междуречье (Татарстан, Кировская обл.), Волжско-Донское междуречье (Пензенская, Воронежская, Ульяновская, Самарская, Саратовская области, Татарстан), Заволжье (Саратовская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская области) и Приуралье (Оренбургская обл., Республики Башкортостан и Татарстан). Резких отличий в жизненной стратегии в разных природных зонах не отмечается, однако выявлено снижение численности особей и плотности популяций в краевых местообитаниях [Шишлова, Шмараева, 2014; Фардеева, Зарипова, 2018; Карасёва и др., 2022].

Территория исследования включала основные регионы произрастания *H. grandiflorum*: Волгоградскую, Самарскую, Саратовскую, Ульяновскую, Оренбургскую, Ростовскую, Воронежскую, Белгородскую области РФ, а также Республики Башкортостан и Татарстан (рис. 1). Кроме того, исследованы краевые местонахождения, например, единственное местонахождение в Зауралье (в Челябинской области в окрестностях г. Шартымка), где располагается малочисленная популяция вида. Основной ареал вида охватывает лесостепную, степную и полупустынную зоны, что обуславливает большое разнообразие петрофитных и степных сообществ, в которых он произрастает.

МЕТОДЫ

В ходе работ исследовано 387 местонахождений *Hedysarum grandiflorum* из десяти регионов европейской части России. Геопривязанные точки местонахождений вида отражены на ГИС-карте в виде полигонов размером 10 × 10 м (см. рис. 1).

Для расчета климатических показателей использовались растровые слои 19 биоклиматических переменных BIOCLIM с разрешением 30 угловых секунд, доступные на сайте глобальных климатических данных CHELSA [Karger et al., 2017]: bio1 – среднегодовая температура; bio2 – среднегодовая среднесуточная амплитуда; bio3 – изотермальность; bio4 – сезонность температуры (стандартное отклонение); bio5 – максимальная температура самого теплого месяца; bio6 – минимальная температура самого холодного месяца; bio7 – годовой диапазон температуры;

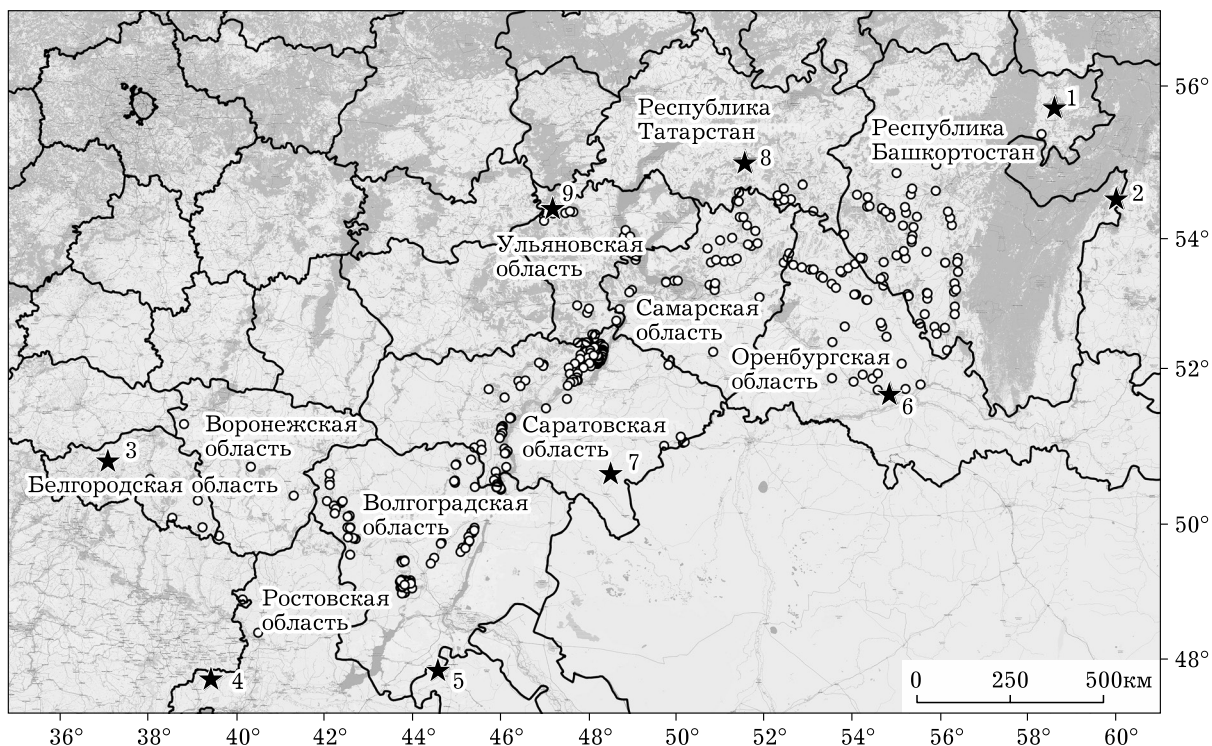


Рис. 1. Точки местонахождений *Hedysarum grandiflorum* на территории РФ. Черными звездочками и цифрами обозначены пограничные точки местообитаний вида

bio8 – средняя температура самого влажного квартала; bio9 – средняя температура самого сухого квартала; bio10 – средняя температура самого теплого квартала; bio11 – средняя температура самого холодного квартала; bio12 – годовое количество осадков; bio13 – количество осадков в самый влажный месяц; bio14 – количество осадков в самый засушливый месяц; bio15 – сезонность осадков (коэффициент вариации); bio16 – количество осадков в самом влажном квартале; bio17 – количество осадков в самом засушливом квартале; bio18 – количество осадков в самом теплом квартале; bio19 – количество осадков в самом холодном квартале.

Для характеристики почв местообитаний *H. grandiflorum* использовались почвенные растровые карты системы глобального цифрового картографирования почв SoilGrids с пространственным разрешением 250 м [Poggio et al., 2021; SoilGrids..., 2021]. Для расчета высоты над уровнем моря, экспозиции и крутизны склонов использована цифровая модель рельефа SRTM 1arc_V3 с пространственным разрешением три угловых секунды, доступная на сайте “USGS” [<https://earthexplorer.usgs.gov>].

Расчеты проводились в программах QGIS 3.14 с поддержкой GRASS 7.8.3. Оценка значений климатических и ландшафтных характеристик для полигонов описаний по растровым слоям проводилась с использованием модуля QGIS “Зональная статистика”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Hedysarum grandiflorum – восточноевропейский вид, встречающийся на территории России, Казахстана, Украины, Болгарии и Румынии. В России популяции вида описаны в основном по среднему и нижнему течению рек Волги и Дона и на Южном Урале. В большинстве случаев популяции копеечника крупноцветкового произрастают в местообитаниях с выходами известняка, мела и мергеля. *H. grandiflorum* является ксерофитом (башкирскими учеными вид указан как мезоксерофит), петрофитом и кальцефитом. Обладая определенной степенью экологической пластичности, копеечники выдерживают периодическое повышение почвенной влажности. Наряду с поливариантностью онтоморфогенеза, это служит дополнительным

адаптивным механизмом для сохранения их ценопопуляций [Ильина, 2019].

Средние значения климатических и почвенных характеристик местообитаний *H. grandiflorum* приведены в табл. 1.

В Белгородской области популяции *H. grandiflorum* описаны вблизи населенных пунктов Гнездиловка (Прохоровский р-н), Саловка (Вейделевский р-н), Варваровка (Алексеевский р-н), Нагольное (Ровеньский р-н) и на территории Государственного природного заповедника “Белогорье”. Для местообитаний вида в Белгородской области характерны минимальные значения сезонности температуры и годового диапазона температур. Среднегодовая температура довольно высока и составляет 7,7 °С. Температура летних месяцев близка к средней по регионам, но в Белгородской области более теплая зима. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях копеечника в Белгородской области максимальное среди всех регионов за счет большого количества летних и зимних осадков. Кроме того, для данных местообитаний характерны самые высокие показатели содержания органического углерода в верхнем слое почвы.

Популяции *H. grandiflorum* в Воронежской области описаны в Нижнедевицком, Бобровском и Калачеевском районах. Для местообитаний вида в Воронежской области характерны высокие показатели среднегодовой температуры (7,6 °С), температуры летних месяцев близки к средней по регионам, а зимних – выше средних значений. Среднегодовое количество осадков, количество осадков летних и зимних месяцев в местообитаниях копеечника в Воронежской области выше среднего по регионам. Для данных экотопов местообитаний характерны высокие показатели содержания органического углерода в почве.

На территории Ростовской области местообитания *H. grandiflorum* сосредоточены в северной (правобережье среднего течения Дона) и северо-западной (восточный отрог Донецкого кряжа, р. Калитва с притоками, Северное Приазовье) частях региона, в Миллеровском, Каменском, Константиновском, Дубовском и Куйбышевском районах. По долине Нижнего Дона в целом проходит южная граница распространения вида [Шишлова, Шмараева, 2014]. Для местообитаний вида в этом районе характерны наибольшие значе-

ния среднегодовой температуры (9,2 °С), высокие температуры летних и зимних месяцев. Среднегодовое количество осадков немного выше среднего за счет зимних осадков.

В Волгоградской области *H. grandiflorum* распространен в правобережной части по меловым и каменистым обнажениям в долинах рек Хопра, Бузулука, Медведица и Иловли, а также в северной части Донской излучины [Красная книга..., 2017a]. В данном регионе сообщества копеечника крупноцветкового встречаются на достаточно большом диапазоне карбонатных субстратов: от чистых плотных мелов до довольно сильно задернованных участков на выположенных вершинах холмов и мелкозем. Однако чаще всего они приурочены к вершинам меловых обнажений [Супрун, 2021]. Для местообитаний вида в этом регионе характерны высокие показатели среднегодовой температуры и температуры летних месяцев. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях копеечника в Волгоградской области минимальное среди всех регионов, при этом выявлено минимальное количество летних осадков. Кроме того, для данных местообитаний характерны самые низкие показатели содержания органического углерода в почве.

В Саратовской области копеечник крупноцветковый встречается в Правобережье (Аткарский, Базарно-Карабулакский, Вольский, Красноармейский, Лысогорский, Новобураский, Саратовский, Татищевский и Хвалынский районы) и в Левобережье (Ивантеевский, Марковский, Новоузенский и Озинский районы). Популяции копеечника приурочены к карбонатным и глинисто-известковым (мергелистым) обнажениям, карбонатным почвам, чаще всего на склонах [Лаврентьев, Болдырев, 2017; Лаврентьев, 2019; 2022]. Иногда вид встречается по кустарниковым опушкам, в каменистых ковыльных и типчаковых степях. Для местообитаний вида в этом регионе характерны близкие к средним по ареалу показатели среднегодовой температуры и температуры летних и зимних месяцев. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях копеечника в данном регионе выше среднего, рассчитанного по всем местонахождениям вида в пределах всего ареала. При этом для данных местообитаний характерно наибольшее (среди средних по всем регионам) коли-

Т а б л и ц а 1
Средние значения некоторых биоклиматических и почвенных характеристик местообитаний *H. grandiflorum*

Показатель	Регион									
	БелО	ВолО	ВорО	ОрО	РБ	РТ	РО	СамО	СарО	УО
Среднегодовая температура, °С	7,7 ± 0,1	7,7 ± 0,05	7,6 ± 0,3	4,5 ± 0,1	3,9 ± 0,04	4,1 ± 0,1	9,2 ± 0,2	4,9 ± 0,1	5,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Среднегодовая среднесуточная амплитуда, °С	7,7 ± 0,06	8,4 ± 0,02	7,9 ± 0,08	8,3 ± 0,04	8,1 ± 0,02	7,8 ± 0,03	8,3 ± 0,03	8,0 ± 0,03	8,2 ± 0,01	7,7 ± 0,05
Изотермальность	220,4 ± 0,6	214,1 ± 0,4	217,5 ± 1,3	198,3 ± 0,3	197,5 ± 0,2	193,4 ± 0,3	228,7 ± 1,4	196,9 ± 0,4	202,6 ± 0,2	197,7 ± 0,4
Сезонность температуры (стандартное отклонение)	9946 ± 42,8	11031 ± 32,9	10185 ± 70,2	12053 ± 32,8	11811 ± 18,7	11555 ± 12,8	9996 ± 78,5	11635 ± 22,6	11520 ± 16,8	11080 ± 52,2
Максимальная температура самого теплого месяца, °С	26,2 ± 0,3	28,4 ± 0,1	26,5 ± 0,3	26,3 ± 0,1	25,1 ± 0,1	25,0 ± 0,1	28,3 ± 0,1	26,0 ± 0,1	26,9 ± 0,1	25,2 ± 0,1
Минимальная температура самого холодного месяца, °С	-9,0 ± 0,1	-10,9 ± 0,1	-9,6 ± 0,2	-15,5 ± 0,1	-15,7 ± 0,03	-15,1 ± 0,1	-7,8 ± 0,3	-14,5 ± 0,1	-13,5 ± 0,1	-13,7 ± 0,1
Годовой диапазон температуры, °С	35,2 ± 0,2	39,2 ± 0,1	36,1 ± 0,3	41,8 ± 0,1	40,9 ± 0,1	40,1 ± 0,04	36,1 ± 0,2	40,6 ± 0,1	40,5 ± 0,1	38,9 ± 0,2
Средняя температура самого теплого квартала, °С	20,7 ± 0,2	22,1 ± 0,05	20,9 ± 0,3	20,3 ± 0,1	19,4 ± 0,1	19,3 ± 0,1	22,3 ± 0,2	20,2 ± 0,1	20,9 ± 0,1	19,5 ± 0,1
Средняя температура самого холодного квартала, °С	-5,7 ± 0,1	-7,3 ± 0,1	-6,2 ± 0,3	-11,9 ± 0,1	-12,1 ± 0,04	-11,6 ± 0,1	-4,3 ± 0,3	-10,9 ± 0,1	-9,9 ± 0,1	-10,1 ± 0,1
Годовое количество осадков, мм/год	540,4 ± 15,9	405,3 ± 4,0	511,0 ± 20,4	447,1 ± 7,6	517,3 ± 7,6	509,4 ± 13,3	497,0 ± 9,2	460,8 ± 5,7	523,0 ± 9,6	522,2 ± 10,7
Сезонность осадков (коэффициент вариации)	18,8 ± 0,8	18,3 ± 0,2	20,8 ± 1,4	23,4 ± 0,5	28,1 ± 0,6	30,2 ± 0,6	19,7 ± 0,7	26,9 ± 0,5	17,9 ± 0,3	32,0 ± 1,6
Количество осадков в самом теплом квартале, мм / квартал	178,0 ± 6,0	126,3 ± 1,6	169,8 ± 10,0	143,6 ± 2,9	179,0 ± 2,7	180,1 ± 3,9	139,0 ± 8,2	159,5 ± 2,3	156,6 ± 2,4	205,2 ± 5,6
Количество осадков в самом холодном квартале, мм / квартал	112,8 ± 3,6	86,6 ± 0,9	102,3 ± 2,2	83,4 ± 1,4	92,3 ± 1,6	85,3 ± 2,5	110,7 ± 3,5	82,5 ± 1,1	115,8 ± 2,4	84,5 ± 3,2
Каменность почв (объемная доля крупных фрагментов (> 2 мм), см³/100 см³ (об. %))	10,3 ± 0,4	10,5 ± 0,2	10,1 ± 0,2	12,2 ± 0,2	11,9 ± 0,1	12,4 ± 0,3	10,4 ± 0,3	11,9 ± 0,2	11,5 ± 0,1	11,3 ± 0,2
Плотность органического углерода в горизонте 0–30 см, кг/м³	7,9 ± 0,1	6,1 ± 0,1	7,3 ± 0,3	7,3 ± 0,1	8,1 ± 0,1	9,0 ± 0,1	7,3 ± 0,3	8,0 ± 0,2	6,4 ± 0,05	6,8 ± 0,1

Содержание органического углерода в мелкоземной фракции в горизонте 0–5 см, г/кг	108,6 ± 7,6	65,8 ± 1,2	105,3 ± 7,9	75,3 ± 2,4	95,9 ± 1,6	102,6 ± 3,8	87,1 ± 5,7	83,6 ± 1,9	65,1 ± 0,8	79,9 ± 3,4
Содержание органического углерода в мелкоземной фракции в горизонте 5–15 см, г/кг	44,2 ± 3,9	39,1 ± 1,1	50,5 ± 5,9	47,4 ± 1,4	54,4 ± 1,1	55,3 ± 2,6	41,8 ± 5,4	50,4 ± 1,3	41,7 ± 0,9	43,4 ± 1,4
Богатство почв азотом в горизонте 0–5 см, г/кг	9,8 ± 0,5	5,7 ± 0,1	8,6 ± 0,3	4,7 ± 0,2	5,5 ± 0,1	7,4 ± 0,2	8,0 ± 0,1	6,6 ± 0,2	6,6 ± 0,1	6,3 ± 0,3
Богатство почв азотом в горизонте 15–30 см, г/кг	2,9 ± 0,1	2,6 ± 0,03	2,5 ± 0,1	2,4 ± 0,04	2,4 ± 0,03	2,1 ± 0,1	2,6 ± 0,3	2,4 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Богатство почв азотом в горизонте 5–15 см, г/кг	3,1 ± 0,1	2,8 ± 0,03	2,8 ± 0,1	3,3 ± 0,1	2,9 ± 0,2	3,2 ± 0,1	2,7 ± 0,2	3,2 ± 0,1	3,2 ± 0,04	2,8 ± 0,1
Высота над уровнем моря, м	148,4 ± 6,7	123,0 ± 4,4	133,7 ± 13,4	199,8 ± 10,3	238,2 ± 7,2	179,0 ± 13,4	98,3 ± 4,9	134,3 ± 7,9	162,9 ± 5,7	170,8 ± 9,2
Средняя крутизна склона, град	10,3 ± 0,7	6,4 ± 0,4	10,4 ± 1,3	5,9 ± 0,6	9,0 ± 0,7	11,6 ± 1,8	11,6 ± 2,4	8,0 ± 1,0	6,7 ± 0,3	8,5 ± 0,5
Экспозиция склона	S, SW, SE	S, SW, SE, N, NW NE	S	S, SW, SE	S, SW, SE, W	S, SW	S, SE, E	S, SW, SE	S, SW, SE W	S, SW, W, NW

чество зимних осадков. Кроме того, для них характерны самые низкие показатели содержания органического углерода в почве.

В Ульяновской области популяции копеечника крупноцветкового описаны в приволжских и южных районах Правобережья: на востоке Сенгилеевского и Николаевского, юго-востоке Радищевского района, в Новопасском, Павловском, Карсунском и Старокулаткинском районах. В Ульяновской области *H. grandiflorum* находится на северной границе распространения [Красная книга..., 2015]. Среднегодовая температура в местообитаниях вида в Ульяновской области составляет 4,9 °С. Температуры летних и зимних месяцев ниже средних значений. Среднегодовое количество осадков выше среднего по регионам за счет большого количества летних осадков, при этом количество зимних осадков ниже среднего.

В Самарской области *H. grandiflorum* встречается во многих районах Предволжья (Ставропольский, Сызранский, Шигонский районы) и Заволжья (Богатовский, Большечерниговский, Большеглушицкий, Елховский, Иса克林ский, Камышлинский, Кинельский, Клявлинский, Красноармейский, Красноярский, Пестравский, Похвистневский, Сергиевский, Челно-Вершинский районы) в составе каменистых, луговых, настоящих степей и кустарниковых опушек на известняковой, меловой, доломитовой, мергелистой литологии. Вид произрастает на меловых обнажениях и карбонатных почвах с недостаточной увлажненностью и предпочитает открытые пространства с разреженным травостоем [Ильина, Матвеев, 2005; Попова и др., 2012; Ильина, 2019]. Для местообитаний вида в Самарской области характерны показатели среднегодовой температуры и температуры летних и зимних месяцев, близкие к средним по ареалу. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях копеечника в регионе немного ниже среднего по ареалу.

Климатические показатели местообитаний в Оренбургской области близки к показателям Самарской области, однако в конкретные годы отмечается более жаркая и засушливая погода по сравнению со средними значениями. Вид распространен в северо-западных районах области, граничащих с Самарской областью и Башкортостаном. Для его местообитаний характерны показатели среднегодовой

температуры и температуры летних и зимних месяцев, близкие к средним по ареалу. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях вида в регионе немного ниже среднего по ареалу.

В Республике Татарстан популяции копеечника малочисленны, описаны вблизи юго-восточной границы республики в бассейнах рек Кувак и Шешма, где встречаются в ксерофитных разнотравно-ковыльных сообществах [Фардеева, Зарипова, 2018]. Для местообитаний вида в Республике Татарстан характерны низкие показатели среднегодовой температуры и температуры летних и зимних месяцев. Среднегодовое количество осадков в местообитаниях копеечника значительно выше среднего за счет летних осадков, при этом количество зимних осадков меньше среднего по регионам.

В Республике Башкортостан вид находится на северной и восточной границах ареала и встречается преимущественно в Предуралье (Бугульминско-Белебеевская возвышенность, Прибельская низменность, Общий Сырт) в 20 административных районах. Изолированно встречается в Месягутовской лесостепи в Мечетлинском р-не на северо-востоке республики (два местонахождения). Вид произрастает в каменистых степях, на щебнистых склонах на органогенно-щебнистых и маломощных черноземах, подстилаемых карбонатными породами (известняки, гипсы, карбонатизированные песчаники и пр.) в сообществах петрофитных степей на крутых инсолируемых склонах [Мулдашев и др., 2012]. Из-за постоянного смыва субстрата и засушливости местообитаний конкуренция с другими травянистыми видами растений снижена [Мулдашев и др., 2013]. В Башкирском Предуралье вид встречается на горах-останцах эрозионного происхождения (шиханах), представляющих рефугиумы степной флоры и растительности с уникальными петрофитными вариантами степей [Абрамова и др., 2016]. Для местообитаний вида в республике характерны наименьшие показатели среднегодовой температуры и температуры летних и зимних месяцев. Среднегодовое количество осадков выше среднего, рассчитанного по всем местонахождениям в пределах европейской части ареала, при этом количество летних осадков значительно превышает средние значения, а зимних близ-

ко к средним. Кроме того, для данных местообитаний характерны достаточно высокие показатели содержания органического углерода в почве.

Таким образом, ареал *H. grandiflorum* на территории европейской части Российской Федерации простирается с юго-запада в северо-восточном направлении от Ростовской и Белгородской областей до Южного Урала. Среднегодовая температура в местообитаниях с присутствием вида изменяется в широком диапазоне – от 2,7 до 9,7 °С. Показатели среднегодовой температуры, температуры летних и зимних месяцев уменьшаются в северо-восточном направлении от Ростовской области до Республики Башкортостан (рис. 2). В целом различия в температуре летних месяцев менее значительные, чем зимних (5,7 и 9,8 °С соответственно).

Годовое количество осадков изменяется в диапазоне от 405,3 мм в Волгоградской до 540,4 мм в Белгородской области (рис. 3). В целом годовое количество осадков меньше в южных регионах, которые находятся преимущественно в степной зоне (Волгоградская, Оренбургская, Самарская области) и больше в регионах лесостепной зоны. В изученных местонахождениях во всех регионах европейской части РФ наблюдается большее количество летних осадков, чем зимних. Относительно высокое количество осадков в местообитаниях *H. grandiflorum* нивелируется низкой влагоудерживающей способностью каменистых почв, которые к тому же чаще всего располагаются на крутых инсолируемых склонах.

Анализ климатических показателей краевых точек ареала *Hedysarum grandiflorum*. Большой интерес представляет сравнение биоклиматических характеристик окраинных пограничных местообитаний вида, в которых он находится на пределе существования. Логично предположить, что некоторые климатические факторы будут иметь в таких краевых местонахождениях крайние значения диапазонов, играя ограничивающую роль в распространении вида. Исследования, проведенные на других редких видах, показали, что на границе ареалов видов лимитирующими являются макроклиматические факторы, в то время как ближе к центру ареала большую роль в ограничении распространения

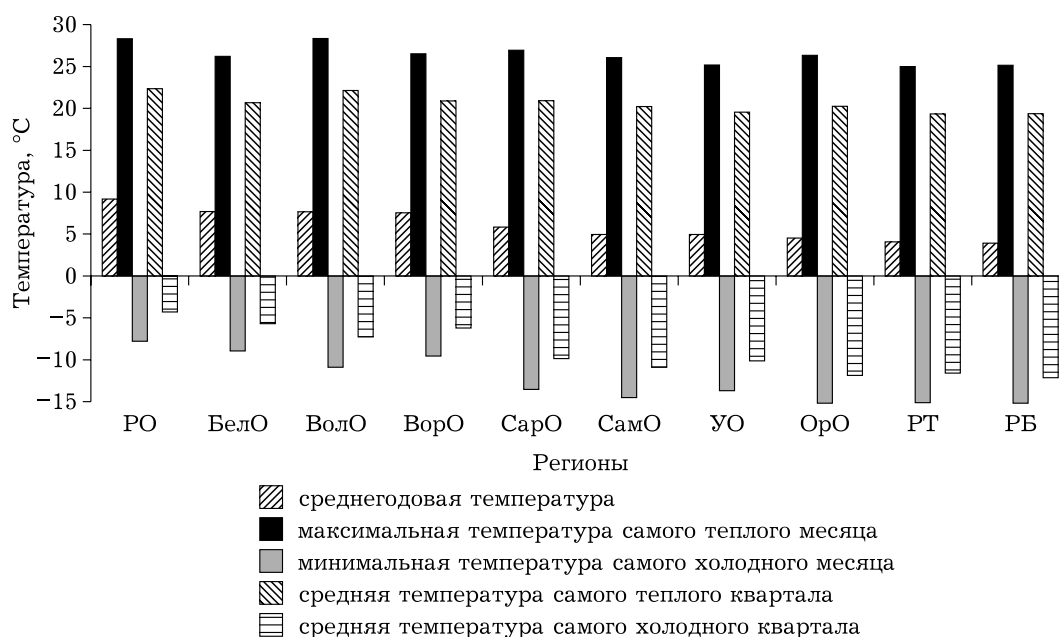


Рис. 2. Средние значения температуры воздуха местообитаний *Hedysarum grandiflorum* в разных регионах РФ. РО – Ростовская область; БелО – Белгородская область; ВолО – Волгоградская область; ВорО – Воронежская область; СарО – Саратовская область; СамО – Самарская область; УО – Ульяновская область; ОрО – Оренбургская область; РТ – Республика Татарстан; РБ – Республика Башкортостан

вида имеют локальные факторы, такие как приуроченность вида к специфическим почвенным условиям, низкая конкурентная способность, антропогенная нагрузка и т. д. [Санданов и др., 2017].

Местонахождение на северо-восточной границе распространения вида (точка 1 на карте,

координаты в системе WGS84 – 55,70615° с. ш., 58.304481° в. д.) описано в Мечетлинском р-не на северо-востоке Республики Башкортостан. Для этого местонахождения характерны очень низкие показатели среднегодовой температуры (3 °C) и более низкие температуры летних и зимних месяцев (табл. 2). Среднегодовое

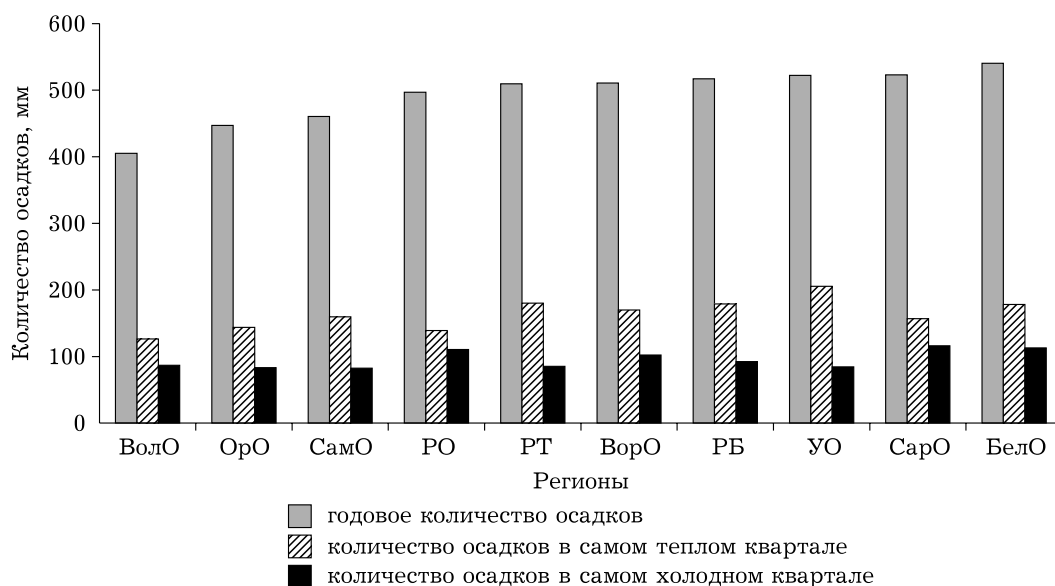


Рис. 3. Среднее количество осадков в местообитаниях *Hedysarum grandiflorum* в разных регионах РФ. Усл. обозн. см. на рис. 2

Т а б л и ц а 2
Значения некоторых климатических и почвенных характеристик пограничных местообитаний *Nedusagut grandiflorum*

Показатель	Номер пограничной точки										Среднее, минимальное и максимальное значения признака по всем точкам ареала		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		mean	min	max
Среднегодовая температура, °С	3,0	2,7	7,2	9,7	9,2	4,6	7,0	4,5	4,8		5,8	2,7	9,7
Среднегодовая среднесуточная амплитуда, °С	7,7	8,2	7,5	8,3	8,8	8,7	8,6	7,6	7,5		8,2	7,5	8,8
Изотермальность	194,0	203,0	219,0	232,0	222,0	202,0	203,0	192,0	196,0		204,2	192,0	232,0
Сезонность температуры	11485	11747	9771	9804	10959	12351	12023	11486	10831		11428,0	9771,0	12449,0
Максимальная температура самого теплого месяца, °С	23,6	23,4	25,2	28,6	30,5	27,1	29,1	25,3	24,6		26,8	23,4	30,5
Минимальная температура самого холодного месяца, °С	-16,3	-17,2	-9,2	-7,1	-9,3	-15,9	-13,1	-14,6	-13,4		-13,3	-17,2	-7,1
Годовой диапазон температуры, °С	39,9	40,6	34,4	35,7	39,7	43,0	42,3	39,9	38,0		40,1	34,4	43,2
Средняя температура самого теплого квартала, °С	18,2	18,0	19,9	22,7	23,7	20,7	22,8	19,7	19,1		20,8	18,0	23,7
Средняя температура самого холодного квартала, °С	-12,6	-13,3	-6,0	-3,5	-5,6	-12,2	-9,4	-11,1	-9,9		-9,7	-13,3	-3,5
Годовое количество осадков, мм/год	488,0	483,0	594,9	519,0	325,0	408,0	351,0	468,0	486,0		475,9	325,0	684,0
Сезонность осадков (коэффициент вариации)	43,0	48,0	19,0	21,0	19,0	18,0	24,0	30,0	36,0		22,2	14,0	48,0
Количество осадков в самом теплом квартале, мм	204,0	230,0	203,0	129,0	92,0	125,0	124,0	167,0	208,0		154,2	92,0	248,0
Количество осадков в самом холодном квартале, мм	77,0	60,0	117,0	119,0	66,0	83,0	68,0	76,0	73,0		95,1	60,0	160,0
Плотность органического углерода в горизонте 0–30 см, кг/м³	90,0	81,0	75,0	68,0	45,0	68,0	46,0	87,0	79,0		69,6	45,0	101,0
Содержание органического углерода в мелкоземной фракции в горизонте 0–5 см, г/кг	1137,0	620,0	1239,8	732,0	410,0	654,0	609,0	898,0	947,0		757,5	410,0	1299,0
Содержание азота в мелкоземной фракции в горизонте 0–5 см, г/кг	604,0	502,0	1171,0	798,4	403,5	433,0	465,0	813,0	628,0		606,3	304,0	1171,0
Высота над уровнем моря, м	283,9	386,0	170,3	86,9	93,5	313,3	55,0	99,3	179,0		165,6	16,0	386,0

П р и м е ч а н и е. 1 – точка на северо-восточной границе распространения вида; 2 – точка на восточной границе распространения вида; 3 – точка на западной границе распространения вида; 4 – точка на южной границе распространения вида; 5 – точка на границе с Калмыкией (южная граница распространения вида); 6 – самая южная точка местонахождения вида в Оренбургской области; 7 – самая южная точка местонахождения вида в Саратовской области; 8 – самая северная точка местонахождения вида в Республике Татарстан; 9 – самая северная точка местонахождения вида в Ульяновской области.

количество осадков в данном местонахождении близко к таковому, рассчитанному по всем местонахождениям ареала. Количество летних и зимних осадков превышает средние показатели. Кроме того, для данного местообитания характерны достаточно высокие показатели содержания органического углерода в верхнем слое почвы. Популяция вида в данном местонахождении описана как угнетенная, насчитывает несколько десятков особей. Ограничивающим фактором для популяции является неподходящий температурный режим и конкуренция со стороны других видов травяного яруса на более развитых почвах.

Находки единичных экземпляров *H. grandiflorum* отмечаются также возле р. Шартымка и одноименной горы в Уйском районе Челябинской области по границе с Республикой Башкортостан (точка 2 на карте, 54.52323045° с. ш., 59.70689346° в. д.). Это крайнее восточное местонахождение вида и единственное в азиатской части РФ. Для этого местонахождения характерны минимальные показатели среднегодовой температуры (2,7 °С) и минимальные температуры летних и зимних месяцев (см. табл. 2). Среднегодовое количество осадков в данном локалитете близко к среднегодовому количеству осадков, рассчитанному по всем местонахождениям, но при этом наблюдается сильная сезонность осадков. Для местонахождения характерно минимальное количество зимних осадков, а количество летних осадков, напротив, значительно выше средних показателей. В данном местонахождении отмечается также максимальная высота над уровнем моря.

Точка на северо-западной границе распространения вида (точка 3 на карте, 50.924944° с. ш., 36.854475° в. д.) описана в Белгородской области вблизи населенного пункта Гнездиловка. Для данного местонахождения отмечены самая низкая сезонность и годовой диапазон температуры. Также в данном местообитании самые высокие показатели содержания органического углерода и азота в верхнем слое почвы, что говорит о более развитых почвах, чем свойственные большинству местообитаний с *H. grandiflorum*. Показатели температуры и количества осадков выше средних по ареалу. Так как вид описан также в Южной Украине, в Болгарии и Румынии, то данная точка не является крайней запад-

ной точкой ареала вида, но является самой северной точкой западной границы ареала.

Точка на южной границе распространения вида (точка 4 на карте, 47.707999° с. ш., 39.198631° в. д.) описана вблизи населенного пункта Лысогорка в Куйбышевском р-не на западе Ростовской обл. Для данного местонахождения характерны максимальная среднегодовая температура (9,7 °С) и температура зимних месяцев среди всех местонахождений в пределах ареала вида. Сходные показатели характерны и для местонахождения, описанного на границе с Калмыкией (также южная граница распространения вида, точка 5 на карте, 47.841036° с. ш., 44.335361° в. д.). Среднегодовая температура составляет 9,2 °С. По сравнению с предыдущим местонахождением для данного местообитания типична наиболее высокая средняя температура летних месяцев. Кроме того, ограничивающими факторами для продвижения вида дальше на юг является наименьшее годовое количество осадков, и прежде всего в летний сезон, а также наименьшее содержание и плотность органического углерода в почве.

Самая южная точка местонахождения вида в Оренбургской области (точка 6 на карте, 51.879657° с. ш., 54.564631° в. д.) описана в 3,5 км на северо-восток от пос. Сырт в Переволоцком р-не области. Для этого местообитания характерны наиболее выраженная сезонность температуры и наибольший годовой диапазон температуры, которые характеризуют континентальность климата. Остальные климатические показатели близки к средним, рассчитанным по всем местонахождениям в пределах ареала вида. Самая южная точка местонахождения вида в Саратовской области (точка 7 на карте, 50.74906° с. ш., 48.243922° в. д.) так же, как и предыдущая, характеризуется выраженной сезонностью температуры и большим годовым диапазоном температуры. Показатели летних температур близки к максимальным по всему ареалу, зимние температуры очень близки к средним значениям.

Самая северная точка местонахождения вида в Республике Татарстан (точка 8 на карте, 55.002899° с. ш., 51.286263° в. д.) описана возле пос. Красный Октябрь в Новошешминском р-не Республики Татарстан. Для данного местонахождения характерны наименьшие

значения изотермальности и среднегодовой среднесуточной амплитуды температур. Остальные климатические параметры близки к средним по ареалу. Температурные показатели несколько ниже средних значений. Ту же самую характеристику можно дать самой северной точке местонахождения вида в Ульяновской обл. (точка 9 на карте, 54.400888° с. ш., 46.93888° в. д.) возле с. Малая Кандарать в Карсунском р-не Ульяновской обл.

Таким образом, пограничные местонахождения ареала вида в большинстве случаев имеют крайние (максимальные или минимальные) значения климатических факторов. Ареал *H. grandiflorum* в России простирается от Ростовской обл. до Южного Урала, т. е. с юго-запада в северо-восточном направлении. На северо-востоке ареала продвижение вида ограничивают низкие температуры летних и зимних месяцев, с юга – высокие летние температуры и малое количество осадков в летний период. Северные местонахождения вида имеют близкие к средним значения температуры и количества осадков, но в целом характеризуются меньшей континентальностью климата.

Охрана *Hedysarum grandiflorum*. Исследования эколого-географических закономерностей и лимитирующих факторов распространения вида имеет значение при оценке перспектив его дальнейшего существования, особенно в условиях современного потепления климата и для совершенствования природоох-

ранных мероприятий. В табл. 3 приведены сведения по существующей охране вида в исследуемом регионе.

Можно видеть, что он охраняется как в заповедниках и национальных парках, так и в многочисленных памятниках природы регионального значения. В совокупности с выявленной широкой амплитудой вида по большинству биоклиматических параметров достаточно полно организованная охрана его в разных частях эколого-географического ареала позволяет утверждать, что даже в условиях климатических изменений у этого вида есть будущее. Следует заметить, что большая часть популяций вида охраняется в центральной части ареала, в меньшей степени охране подвергаются краевые популяции вида. Именно они нередко малочисленные (например, две северо-восточные популяции в Республике Башкортостан и Челябинской обл. на горах Шартымка и Б. Мунчуг содержат всего около 20 особей каждая), поэтому требуют особого внимания в плане охраны и, возможно, даже искусственного поддержания методами реинтродукции, поскольку могут исчезнуть в ближайшее время. На краевые местонахождения вида следует обратить особое внимание и включить их в сеть ООПТ соответствующих регионов. В Республике Башкортостан имеется опыт по созданию искусственных популяций и поддержанию критических популяций вида [Мулдашев и др., 2012; Maslova et al., 2019],

Т а б л и ц а 3

Охрана *Hedysarum grandiflorum* на ООПТ в исследуемом регионе

Регион	Заповедники	Национальные и природные парки, заказники	Памятники природы
БелО	1	1	–
ВолО	–	5	14
ВорО	1	–	4
СарО	–	1	10
СамО	1	1	22
УлО	–	1	2
ОрО	1	–	15
РО	–	–	5
РТ	–	4	2
РБ	–	2	8
Всего	4	15	82

П р и м е ч а н и е. РО – Ростовская обл.; БелО – Белгородская обл.; ВолО – Волгоградская обл.; ВорО – Воронежская обл.; СарО – Саратовская обл.; СамО – Самарская обл.; УО – Ульяновская обл.; ОрО – Оренбургская обл.; РТ – Республика Татарстан; РБ – Республика Башкортостан.

который можно использовать в дальнейшем в других регионах произрастания вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

H. grandiflorum является мезоксерофитом (годовое количество осадков от 405,3 до 540,4 мм), петрофитом (объемная доля крупных фрагментов (> 2 мм), от 10,1 до 12,4 см³/100 см³), олиготрофом (плотность органического углерода в горизонте 0–30 см от 6,1 до 9,0 кг/м³) и кальцефилом. Местобитания копеечника приурочены к пологим и крутым склонам преимущественно южной, юго-восточной и юго-западной экспозиций. Ареал *H. grandiflorum* на территории Российской Федерации простирается с юго-запада от Белгородской и Ростовской областей до Южного Урала в северо-восточном направлении. Распространение вида в центральных частях ареала больше зависит от локальных факторов (экспозиция и крутизна склона, карбонатность почвы и т. д.), в то время как на краю ареала распространение *H. grandiflorum* ограничивают климатические факторы, такие как температура и количество доступной влаги. Пограничные местонахождения ареала вида в большинстве случаев имеют крайние (максимальные или минимальные) значения климатических факторов.

Для местобитаний на западной границе распространения копеечника крупноцветкового (Белгородская и Воронежская области) выпадает наибольшее среди всех изученных местобитаний количество летних и зимних осадков и самые высокие показатели содержания органического углерода в верхнем слое почвы. Более развитые почвы и наличие почвенной влаги увеличивают конкуренцию копеечника с другими, более мезофитными видами, что ограничивает его распространение далее на запад.

Для местобитаний на южной границе распространения вида (Ростовская, Волгоградская области) отмечены наибольшие значения среднегодовой температуры, высокие температуры летних и зимних месяцев при низком количестве среднегодовых и, особенно, летних осадков. Кроме того, для данных местобитаний характерны самые низкие показатели содержания органического углерода в почве. Таким образом, с юга продвижение

вида ограничено высокими летними температурами и малым количеством осадков в летний период.

Для центральной части ареала копеечника крупноцветкового (Самарская, Саратовская, Ульяновская, Оренбургская области) биоклиматические и почвенные (богатство углеродом и азотом) показатели в большинстве случаев близки к средним значениям, рассчитанным по всем известным местобитаниям в пределах ареала вида. В этих регионах редкость вида обусловлена преимущественно другими лимитирующими факторами: уничтожением степных местобитаний, чрезмерным выпасом, степными пожарами, а также низкой конкурентоспособностью растений по отношению к другим степным видам, особенно дерновинным злакам, и стенофитностью по отношению к почвенным факторам (необходимы каменистые и карбонатные субстраты).

В Республике Башкортостан проходит северо-восточная граница ареала *H. grandiflorum*. Для данных местобитаний вида характерны минимальные показатели среднегодовой температуры и температуры летних и зимних месяцев при среднем количестве осадков. То есть на северо-востоке ареала продвижение вида ограничивают низкие температуры летних и зимних месяцев.

Охрана вида осуществляется в 19 заповедниках, заказниках, природных и национальных парках, а также более чем в 80 памятниках природы, и в целом достаточна, однако особого внимания требуют краевые малочисленные местонахождения вида.

Моделирование, интерпретация и написание основного текста статьи выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-14-00003, <https://rscf.ru/project/22-14-00003/>; полевые данные собраны коллективом соавторов, в том числе в рамках темы “Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования” государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН № 075-03-2022-001 от 14.01.2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова Л. М., Ильина В. Н., Каримова О. А., Мустафина А. Н. Сравнительный анализ структуры популяций *Hedysarum grandiflorum* (Fabaceae) в Самар-

- ской области и Республике Башкортостан // Раст. ресурсы. 2016. Т. 52, № 2. С. 225–239.
- Абрамова Л. М., Мустафина А. Н., Каримова О. А., Голванов Я. М., Шигапов З. Х. Структура и состояние популяций трех редких видов рода *Hedysarum* (Fabaceae) на Южном Урале // Ботан. журн. 2019. Т. 104, № 5. С. 729–740. doi: 10.1134/S00068136190400211
- Аверина Е. А. Сообщества с копеечником крупноцветковым (*Hedysarum grandiflorum* Pall.) на территории Среднерусской возвышенности // Бюл. Брянского отд-ния Рус. ботан. о-ва. 2014. № 1(3). С. 37–47.
- Архипова Е. А., Степанов М. В., Феткулина Р. Р. Потенциальный биоклиматический ареал *Tanacetum kittaryanum* (С. А. Мей.) Tzvelev // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2022. Т. 31, № 1. С. 29–34. doi: 10.24412/2073-1035-2022-10434
- Афонин А. Н., Баранова О. Г., Федорова Ю. А., Абрамова Л. М., Бочко Т. Ф., Коцарева Н. В., Ли Ю. С., Милютин Е. А., Пикалова Н. А., Прохоров В. Е., Сенатор С. А. Определение эколого-географического потенциала продвижения *Ambrosia artemisiifolia* L. на север Европейской территории России на основе сравнения северных границ первичного и вторичного ареалов // Рос. журн. биол. инвазий. 2022. № 1. С. 2–12. doi: 10.35885/1996-1499-15-1-2-12
- Глазырина М. А., Лукина Н. В., Огорокова Е. С. *Potentilla bifurca* L. на техногенных субстратах // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2015. № 14. С. 407–414.
- Ильина В. Н. Редкие копеечники на Средней Волге. Биология, структура популяций и вопросы. Самара: СГ-СПУ. 2019. 164 с.
- Ильина В. Н., Матвеев В. И. Характеристика растительных сообществ с участием редких копеечников (*Hedysarum* L., Fabaceae) // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2005. Т. 7, № 1. С. 199–205.
- Ильина В. Н., Абрамова Л. М., Мустафина А. Н., Супрун Н. А., Лаврентьев М. В. Онтогенетическая структура природных популяций редких видов рода *Hedysarum* L. в Поволжье и Приуралье // Самарск. науч. вестн. 2022. Т. 11, № 3. С. 48–55. doi: 10.55355/snv2022113105
- Карасева Т. А., Ермолаева О. Ю., Бакулин С. Д., Пучкалов М. Е. Состояние и воспроизводство нижнедонских популяций копеечника крупноцветкового (*Hedysarum grandiflorum* Pall., Fabaceae) // Вестн. Пермск. ун-та. Серия: Биология. 2022. № 1. С. 5–17. doi: 10.17072/1994-9952-2022-4-5-17
- Карнаухова Н. А. Особенности развития видов рода *Hedysarum* L. (Fabaceae) в Южной Сибири в природе и при интродукции // Вестн. Иркутск. гос. с./х. академии. 2011. Т. 44, № 5. С. 47–55.
- Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, лишайники, грибы и животные. 2-е офиц. изд. / общ. науч. ред. Ю. А. Присный. Белгород: НИУ “БелГУ”. 2019б. 668 с.
- Красная книга Волгоградской области. Т. 2. Растения и другие организмы / под ред. О. Г. Барановой, В. А. Сагаляева. Воронеж: ООО “Издат-Принт”. 2017а. 268 с.
- Красная книга Воронежской области: в 2 т. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы / под ред. В. А. Агафонова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. 416 с.
- Красная книга Оренбургской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 2-е изд. Воронеж: ООО “Мир”, 2019б. 488 с.
- Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Растения и грибы / под ред. В. Б. Мартыненко. 3-е изд. М.: Студия онлайн, 2021а. 392 с.
- Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). 3-е изд. Казань: Идел-Пресс, 2016. 760 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
- Красная книга Ростовской области. Т. 2: Растения и грибы / под ред. В. В. Федяева. Ростов-на-Дону, 2014. 343 с.
- Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти: Изд-во Самарской гос. обл. академии, 2017б. 384 с.
- Красная книга Саратовской области. Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Папирус, 2021б. 496 с.
- Красная книга Ульяновской области. М.: Изд-во “Буки Веди”, 2015. 550 с.
- Красная книга Челябинской области. Животные, растения, грибы. 2-е изд. М.: ООО Реарт, 2017в. 504 с.
- Кукушкина Т. А., Высочина Г. И., Карнаухова Н. А., Селютин И. Ю. Содержание мангиферина и суммы ксантонов в растениях некоторых дикорастущих и интродуцированных видов *Hedysarum* (Fabaceae) // Раст. ресурсы. 2011. Т. 47, № 1. С. 99–106.
- Куликова Л. В., Петрова Н. А., Кашин А. С. Потенциальный биоклиматический ареал *Calophaca wolgarica* (L. fl.) DC в связи с выбором мест для его реинтродукции в Саратовскую область // Бюл. Ботан. сада Саратовск. гос. ун-та. 2018. Т. 16, № 4. С. 38–48. doi: 10.18500/1682-1637-2018-4-38-48
- Кутуева А. Г., Мулдашев А. А., Галеева А. Х., Федоров Н. И. О потенциальном ареале и распространении вида-реликта плейстоценового комплекса *Allium obliquum* Ledeb. // Естеств. и техн. науки. 2019. № 10. С. 149–154. doi: 10.25633/ETN.2019.10.20
- Лаврентьев М. В. Особенности охраны *Hedysarum grandiflorum* Pall. // Экобиотех. 2019. Т. 2, № 4. С. 515–519. doi: 10.31163/2618-964X-2019-2-4-515-519
- Лаврентьев М. В. Ботанико-экологическая характеристика *Hedysarum grandiflorum* Pall. и фитоценозов с его участием в Национальном парке “Хвалынский”. Саратов: Амирит, 2022. 117 с.
- Лаврентьев М. В., Болдырев В. А. Характеристика местообитаний и адаптации к ним *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae, Dicotyledones) в южной части Приволжской возвышенности // Поволжск. экол. журн. 2017. № 1. С. 54–61. doi: 10.18500/1684-7318-2017-1-54-61
- Лаврентьев М. В., Болдырев В. А. Анализ распространения и структуры популяций *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) в южной части Приволжской возвышенности // Изв. Саратовск. ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, № 2. С. 226–240. doi: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-226-240
- Мулдашев А. А., Елизарьева О. А., Маслова Н. В., Галеева А. Х. Создание искусственных популяций редких видов *Hedysarum* L. (Fabaceae) в Республике Башкортостан // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2012. Т. 14 (1-7). С. 1791–1795.

- Мулдашев А. А., Маслова Н. В., Елизарьева О. А., Галеева А. Х. Характеристика возрастного состава популяций *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) в Башкирском Предуралье // Вестн. Оренбургск. гос. ун-та. 2013. Т. 159, № 10. С. 198–201.
- Попова И. А. Анатомо-гистологический анализ корней *Hedysarum grandiflorum* L. // Фундамент. исследования. 2014. № 9-4. С. 776–780.
- Попова И. А., Плаксина Т. И., Куркин В. А., Рыжов В. М., Тарасенко Л. В. Рациональное использование видов рода *Hedysarum* L., произрастающих в Самарской области // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2012. Т. 14 (1-9). С. 2279–2281.
- Пшегусов Р. Х., Чадаева В. А. Моделирование экологических ниш видов рода *Galinsoga* Ruiz et Pav. в границах нативного и кавказской части инвазионного ареалов // Рос. журн. биол. инвазий. 2022. Т. 15, № 1. С. 107–122. doi: 10.35885/1996-1499-15-1-107-122
- Пшегусов Р. Х., Чадаева В. А., Комжа А. Л. Пространственное моделирование распространения и долгосрочная климатогенная динамика видов рода *Ambrosia* L. на Кавказе // Рос. журн. биол. инвазий. 2019. Т. 12, № 4. С. 94–106.
- Розенцвет О. А., Богданова Е. С., Табаленкова Г. Н., Розина С. А. Морфологические и физиолого-биохимические особенности адаптации кальцефитов рода *Hedysarum* // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, № 5. С. 580–589. doi: 10.15372/SEJ20210507
- Санданов Д. В., Найданов Б. Б., Шишмарев В. М. Влияние региональных и локальных факторов среды на распространение и структуру популяций *Scutellaria baicalensis* Georgi // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 38. С. 89–103. doi: 10.17223/19988591/38/5
- Супрун Н. А. Современное состояние ценопопуляций *Hedysarum grandiflorum* Pall. на территории Среднего Дона Волгоградской области // Раст. мир Азиат. России: Вестн. Центр. сиб. ботан. сада СО РАН. 2021. Т. 14, № 2. С. 105–111. doi: 10.15372/RMAR20210201
- Супрун Н. А., Шанцер И. А. Генетическая изменчивость видов родства *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) по данным ISSR маркирования // Бюл. Гл. ботан. сада. 2012. Т. 198, № 4. С. 41–48.
- Фардеева М. Б., Зарипова А. М. Состояние популяций *Hedysarum grandiflorum* Pall. и *Oxytropis hippolyti* Boriss. на границе ареала // Систематические и флористические исследования Северной Евразии. М., 2018. С. 80–84.
- Чадаева В. А., Пшегусов Р. Х. Современное и прогнозируемое распространение *Sorghum halepense* (L.) Pers. на Кавказе // Докл. Адыгской (Черкесской) Междунар. акад. наук. 2020. Т. 20, № 1. С. 46–52. doi: 10.47928/1726-9946-2020-20-1-46-52
- Чурюлина А. Г., Бочарников М. В. Моделирование потенциального ареала реликтового вида (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) на основе климатических данных // Уч. зап. Рос. гос. гидрометеорол. ун-та. 2019. № 54. С. 100–108. doi: 10.33933/2074-2762-2019-54-100-108
- Шишлова Ж. Н., Шмараева А. Н. Копеечник крупноцветковый *Hedysarum grandiflorum* Pall. // Красная книга Ростовской области. Т. 2. Растения и грибы. Ростов-на-Дону, 2014. С. 196.
- Blinova I. V. Populations of orchids at the northern limit of their distribution (Murmansk oblast): effect of climate // Russian J. Ecol. 2008. Vol. 39, N 1. P. 26–33.
- Churiulina A. G., Bocharnikov M. V. *Caragana jubata* (Pall.) Poir. (Fabaceae), distribution mapping of rare relict species // Botanica Pacifica: J. Plant Sci. Conservat. 2019. Vol. 8, N 2. P. 111–114. doi: 10.17581/bp.2019.08207
- Fedorov N., Kutueva A., Muldashev A., Mikhaylenko O., Martynenko V., Fedorova Y. Prediction of habitat suitability for *Patrinia sibirica* Juss. in the Southern Urals // Sci. Rep. 2021. Vol. 11. Article 19606. doi: 10.1038/s41598-021-99018-0
- Fedorov N. I., Muldashev A. A., Martynenko V. B., Baisheva E. Z., Shirokikh P. S., Elizaryeva O. A., Kutueva A. G. Identifying highly diverse areas of rare plant species as a basis for assessing representativeness and improving the network of protected areas // Contemporary Problems of Ecology. 2020. Vol. 13, N 4. P. 418–428. doi: 10.1134/S199542552004006X
- Fedorova Y. A., Muldashev A. A., Fedorov N. I., Martynenko V. B., Kutueva A. G. Predicting the potential distribution of an endemic steppe species *Artemisia salsoioides* Willd. under the climate change // IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 2021. N 817. Article 012032. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012032
- Karger D. N., Conrad O., Böhrer J., Kawohl T., Kreft H., Soria-Auza R. W., Zimmermann N. E., Linder H. P., Kessler M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas // Scientific Data. 2017. N 4. 20 p. DOI: 10.1038/sdata.2017.122
- Kutueva A. G., Fedorov N. I., Muldashev A. A., Fedorova Y. A., Naumova L. G. Forecast of climate change impact on habitat suitability of *Linaria uralensis* Kotov (Scrophulariaceae) in the Southern Urals // IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 2021. Vol. 817, N 1. Article 012053. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012053
- Maslova N. V., Muldashev A. A., Elysaryeva O. F. Creating rare species agrifical populations of the genus *Hedysarum* L. (Fabaceae) // IOP Conferenz series: Earth and Environ. Sci. 2019. Vol. 272, N 2. Article 022200. doi: 10.1088/1755-1315/272/2/022200
- Poggio L., de Sousa L. M., Batjes N. H., Heuvelink G. B. M., Kempen B., Ribeiro E., Rossiter D. SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty // Soil. 2021. Vol. 7. P. 217–240. doi: 10.5194/soil-7-217-2021
- Popov S. Yu. Distribution pattern of seven *Polytrichum* species in the East European Plain and Eastern Fennoscandia // Botanica Pacifica. J. Plant Sci. Conservat. 2018. Vol. 7, N 1. P. 25–40. doi: 10.17581/bp.2018.07108
- SoilGrids – global gridded soil information. 2021. Точка доступа: <https://www.isric.org/explore/soilgrids/faq-soilgrids>
- Stoica I. A. An interpretation of multi-model future climate predictions for bioclim variables in Romania // Contributii Botanice. 2018. Vol. 53, N 8. P. 79–109. doi: 10.24193/Contrib. Bot.53.8

Bioclimatic factors and ecological and geographic regularities of distribution of rare species *Hedysarum grandiflorum* Pall.

L. M. ABRAMOVA¹, S. N. ZHIGUNOVA², V. N. ILYINA³, M. V. LAVRENTIEV^{4, 5}, N. A. SUPRUN^{6, 7}

¹South Ural Botanical Garden-Institute of UFRC RAS
450080, Ufa, Mendeleev str., 195/3

²Ufa Institute of Biology of UFRC RAS
450054, Ufa, October av., 69

³Samara State University of Social Sciences and Education
443090, Samara, Antonov-Ovseenko str., 26

⁴Saratov State University
410012, Saratov, Astrakhanskaya str., 83

⁵National Park "Khvalynsky"
412787, Khvalynsk, Oktyabrskaya str., 2B

⁶Volgograd Regional Botanical Garden
400007, Volgograd, Metallurg village, 68

⁷Volgograd State Socio-Pedagogical University
400066, Волгоград, Volgograd, V. I. Lenin av., 27
E-mail: abramova.lm@mail.ru

Distribution and range of ecological factors of the rare species *Hedysarum grandiflorum* Pall. in the European part of Russia are discussed. Data on 387 species localities from 10 regions of the Russian Federation were used. Climate and soil indicators were calculated using raster data of 19 bioclimatic variables of BIOCLIM, the SoilGrids global digital soil mapping system and the SRTM 1arc_V3 digital elevation model. Indicators of the average annual temperature, temperature of the summer and winter months of *H. grandiflorum* habitats decrease in the northeast direction from the Rostov region to the Republic of Bashkortostan, and the annual precipitation is less in the southern regions of the steppe zone and more in the regions of the forest-steppe zone, while there is a higher amount of summer precipitation than winter. Boundary localities of the species range in most cases have extreme (maximum or minimum) values of climatic factors. In the northeast of the range of *H. grandiflorum*, the progress of the species is limited by low temperatures in the summer and winter months, from the south, the progress of the species is limited by high summer temperatures and low precipitation in the summer. Species protection is carried out in 19 reserves, wildlife areas, natural and national parks, as well as in more than 80 natural monuments, and is generally sufficient, but regional small localities of the species require special attention.

Key words: *Hedysarum grandiflorum* Pall., rare species, range, ecological niche, distribution limits, protection.