



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

http://ecobiotech-journal.ru



СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ АРЕАЛ ВИДА *GENTIANOPSIS BARBATA* (FROEL.) MA НА ЮЖНОМ УРАЛЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Кутуева А.Г.* , Мулдашев А.А., Федорова Ю.А.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа

*E-mail: aliacutueva@mail.ru

Целью исследования является анализ распространения и потенциального ареала *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma на Южном Урале. Моделирование проведено в программе Maxent. В качестве предикторов для построения модели использовались климатические переменные BIOCLIM (CHELSA), а также переменные-характеристики цифровой модели рельефа. Результаты моделирования потенциального ареала показали, что несмотря на приуроченность к местообитаниям с повышенным режимом увлажнения, высокопригодные условия местообитания этого вида встречаются преимущественно на территориях с достаточно засушливым климатом. При этом основные местообитания *G. barbata* связаны со слабо засоленными влажными лугами, которые, располагаясь в поймах степных рек, по берегам озер и в основном используются в качестве сенокосов. Таким образом, переменность увлажнения, связанная с межгодовыми колебаниями температуры и количеством осадков, может ослаблять конкуренцию с другими видами и создать благоприятные условия для семенного возобновления этого одно-двулетнего вида.

Ключевые слова: *Gentianopsis barbata* ♦ потенциальный ареал ♦ реликтовый вид, Южный Урал ♦ Maxent.

CURRENT POTENTIAL RANGE AND DISTRIBUTION OF *GENTIANOPSIS BARBATA* (FROEL.) MA IN THE SOUTHERN URALS AND ADJACENT AREAS

Kutueva A.G.* , Muldashev A.A., Fedorova Y.A.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of
the Russian Academy of Sciences, Ufa

*E-mail: aliacutueva@mail.ru

The aim of the study is to analyse the distribution and the potential range of *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma in the Southern Urals. Maxent software was used for modeling. BIOCLIM (CHELSA) climate variables as well as the variables of a digital elevation model were used as predictors for modeling. The results of the potential range modeling have shown that despite being confined to habitats with a high moisture regime, high habitat suitability for this species is found mainly in areas with a fairly arid climate. At the same time, the main habitats of *G. barbata* are connected with slightly saline wet meadows located in floodplains of steppe rivers, along lake shores and mainly used as hayfields. Thus, moisture variability associated with interannual fluctuations in temperature and precipitation can weaken competition with other species and create suitable conditions for seed regeneration of this annual and biennial species.

Keywords: *Gentianopsis barbata* ♦ potential range ♦ relic species ♦ Southern Urals ♦ Maxent

Поступила в редакцию: 14.08.2021

DOI: [10.31163/2618-964X-2021-4-2-150-155](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-2-150-155)

ВВЕДЕНИЕ

Gentianopsis barbata (Froel.) Ma (сем. Gentianaceae Juss.) – одно- и двулетнее травянистое растение, высотой 10–60 см, размножающееся семенами. Вид распространен на Алтае, Средней и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в горах Средней Азии, Монголии и северной части Китая [Гроссгейм, 1952]. Западная граница ареала вида проходит по Уралу, при этом он встречается на Южном, Среднем и Северном Урале [Горчаковский, 1969]. В пределах основного ареала типичными местообитаниями этого вида являются лесные луга

и опушки леса, луговые склоны, солонцеватые берега рек, субальпийские и альпийские луга [Гроссгейм, 1952]. На Южном Урале (ЮУ) он встречается в светлых разреженных заболоченных лесах, по окраинам болот, берегам рек и озер, заболоченным и солонцеватым лугам, реже по понижениям в степи [Галеева, 2011; Ивченко, Знаменский, 2016]. Вид *G. barbata* включен в Красную книгу Республики Башкортостан с категорией редкости 3 (редкий вид) [2011]. Вид нуждается в особом внимании к его состоянию в природной среде в Челябинской области [2017], Пермском крае [2018], а также в Омской области [2015]. Целью работы является анализ распространения и потенциального ареала *Gentianopsis barbata* на Южном Урале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходного материала для моделирования потенциального ареала были использованы геопривязанные точки местонахождений *G. barbata* по данным гербарных сборов Гербария УИБ УФИЦ РАН (UFA) и агрегатора GBIF [GBIF.org, 2021]. Всего для моделирования было использовано 121 местонахождение, в том числе 28 – расположенных на территории Урала (из них 23 точек местонахождений – на ЮУ) и 93 местонахождения вида в пределах основного ареала (Алтай, Средняя и Восточная Сибирь). При интерпретации модели также были использованы данные о местообитаниях с недостаточно точными координатами, которые не были включены в исходные данные для моделирования. Расчеты потенциального ареала проводилось в программе Maxent v3.4.1k [Phillips, 2021]. В качестве предикторов для построения модели использовались климатические переменные BIOCLIM, взятые из CHELSA BIOCLIM [Booth et al., 2014; Karger et al., 2017]. Кроме того были использованы четыре характеристики рельефа – максимальная, минимальная и средняя высоты над ур. м., а также разница между максимальной и минимальной высотой над ур.м. по цифровой модели рельефа GMTED2010 [Danielson, Gesch, 2011]. Чтобы избежать искажения модели, при корреляции между двумя переменными среды больше или равной 0,8 одна из переменных исключалась [Dormann et al., 2013]. При этом предпочтение для дальнейшего использования отдавалось переменным с выявленным на предварительном этапе большим вкладом в модель, а при прочих равных – параметрам, отражающим квартальные, а не месячные характеристики температуры и осадков. Для оценки нижней границы пригодности местообитания вида использован критерий «Maximum test sensitivity plus specificity». При моделировании выполнена пятикратная кросс-валидация, итоговая модель представлена средней из пяти полученных моделей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для построенной модели современного потенциального ареала *G. barbata* показатель AUC составил 0.95, что соответствует очень хорошему качеству модели [Swets, 1988]. С учетом рассчитанного порогового значения пригодность условий местообитания *G. barbata* подразделена на четыре градации: непригодные ($\leq 0,25$), низкопригодные (0,26–0,50), среднепригодные (0,51–0,75) и высокопригодные ($> 0,75$) (рис. 1). Рассмотрим вклады переменных предикторов в модель потенциального ареала *G. barbata* на ЮУ (табл. 1) и значения переменных среды местообитания для высокопригодных условий произрастания.

Наибольший вклад в модель имели: среднегодовая температура воздуха, температурная сезонность, изотермальность, сезонность осадков и средняя высота над ур. м. Средняя высота над уровнем моря для высокопригодных условий местообитания на ЮУ варьировала от 360 до 520 м над ур.м., такие значения характерны для западного и восточного макросклонов ЮУ и его низкогорий. Среднегодовая температура высокопригодных условий местообитания варьировала от -0,5 до 2,0 °С, такие значения характерны для среднегорной части ЮУ. Значения температурной сезонности варьировали для высокопригодных условий местообитания от 11% до 13%, что характерно для всей территории Республики Башкортостан (РБ). Средняя температура наиболее теплого квартала имела относительно небольшой вклад на модель, но при этом высокое значение теста перестановок, что свидетельствует о важности этого параметра. Для высокопригодных условий местообитания этот предиктор имел значения от 17 до 18 °С, такая температура характерна для предгорий и низкогорной части ЮУ.

Таблица 1. Оценка вклада экологических переменных в построение модели потенциального ареала *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma

Код	Переменные среды	Процент вклада (Percent contribution)	Тест перестановок (Permutation importance)
Bio1	Среднегодовая температура	26,6	19,1
Bio4	Температурная сезонность	17,1	11,2
Bio3	Изотермальность	14,8	16,4
Bio15	Сезонность осадков	11,4	7,9
h _{mean}	Средняя высота над ур. м.	11,1	10,4
Bio18	Количество осадков в наиболее теплый квартал	6,7	1,0
Bio10	Средняя температура наиболее теплого квартала	4,8	28,8
Bio19	Количество осадков в наиболее холодный квартал	3,6	0,4
Bio12	Годовые осадки	2,4	3,7
h _{max-min}	Разница между максимальной и минимальной высотами	1,5	1,1

Рассчитанный потенциальный ареал *G. barbata* значительно шире области распространения известных локалитетов (рис. 1), а высоко- и среднепригодные условия местообитания широко распространены на западном и восточном макросклонах ЮУ и его центральной части. Северная часть потенциального ареала охватывает почти весь Средний Урал и южную часть Северного Урала, что соответствует литературным данным о его распространении до северных границ Свердловской области [Горчаковский, 1969].

Большая часть высокопригодных условий местообитания на территории Республики Башкортостан (РБ) сосредоточена на восточном макросклоне ЮУ и его предгорьях, а также в Башкирском Зауралье по берегам озер в степной зоне. За пределами РБ большая часть

территорий с высокопригодными условиями местообитания приурочены преимущественно в лесостепной и степной зонам Челябинской области, где *G. barbata* указан в 15 пунктах (Куликов, 2010). Тем не менее известно, что *G. barbata* распространен значительно шире: на границе между Зауральским пенеплом и Западно-Сибирской низменностью, в Магнитогорско-Приуральском районе – в степной зоне Зауралья и в предгорной равнине правобережья Урала [Куликов, 2006].

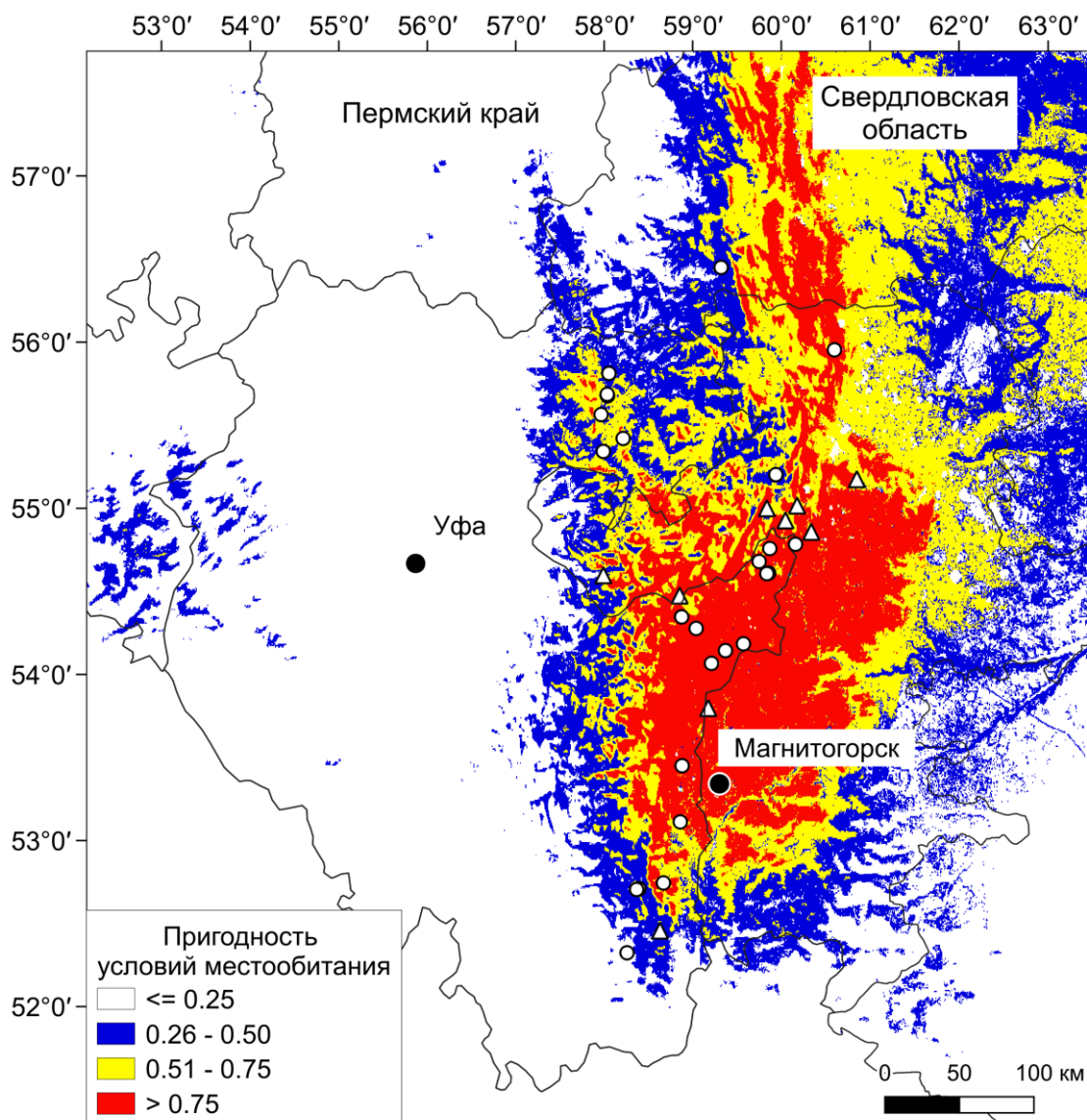


Рис. 1. Потенциальный ареал *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ма на Южном Урале. Белыми кружками отмечены известные местонахождения вида, использованные при проведении моделирования, а белыми треугольниками – местообитания с неточными координатами.

Высоко- и среднепригодные условия местообитания есть на территории Месягутовской лесостепи, а низкопригодные условия местообитания на Бугульмино-Белебеевской возвышенности. На остальной территории Башкирского Предуралья пригодные для этого вида условия местообитания отсутствуют.

По результатам анализа пригодности условий местообитаний на территориях известных локалитетов *G. barbata* на ЮУ было установлено, что из 23 локалитетов 14 точек местонахождения имели высокопригодные условия произрастания 2 – среднепригодные,

б – низкопригодные, а также 1 локалитет – непригодные. Последний локалитет находится на склоне реки Большой Бузавлык в 2 км от границы потенциального ареала.

Несмотря на приуроченность к местообитаниям с повышенным режимом увлажнения, высокопригодные условия местообитания этого вида встречаются преимущественно на территориях с достаточно засушливым климатом. При этом основные местообитания *G. barbata* связаны со слабо засоленными влажными лугами, которые располагаются в поймах степных рек, по берегам озер и в основном используются в качестве сенокосов. Из-за относительно высоких летних температур в засушливые годы происходит засоление почв вследствие выпотевания солей из нижележащих почвенных горизонтов. Относительно высокая минерализация почв обеспечивает конкурентные преимущества для галофитно-луговых видов, приспособленных к большой минерализации почв, к которым относится рассматриваемый вид. Произрастание *G. barbata* в северной части РБ в Месягутовской лесостепи очевидно обусловлено сильной карбонатизацией почв. В этой зоне все местонахождения вида исключительно приурочены к окраинам болот (Аркауловское, Черношарское, Озерское и др.), которые сформировались за счет сильно карбонатизированных источников, на почвах, имеющих щелочную реакцию (от 10 % соляной кислоты вскипают с поверхности). Щелочная реакция почв может варьировать в течение сезона и различаться в разные годы в зависимости от погодных условий. Таким образом, переменность увлажнения, связанная с межгодовыми колебаниями температуры и количеством осадков, может ослаблять конкуренцию с другими видами и создать благоприятные условия для семенного возобновления этого одно-двухлетнего вида.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6 и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 19-34-90028.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галеева А.Х. Горечавник бородатый. В кн.: Красная книга Республики Башкортостан (растения и грибы). Изд. 2, Уфа, 2011. 227 с.
2. Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала // Тр. ин-та экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР. Свердловск, 1969. 290 с.
3. Гроссгейм А.А. *Gentiana barbata* Froel. В кн.: Флора СССР. Т. XXVIII / Коллектив авторов; отв. ред. и ред. тома Б.К. Шишкин, Е.Г. Бобров. М.: изд-во Академии наук СССР, 1952. 800 с.
4. Ивченко Т.Г., Знаменский С.Р. Экологическая структура растительных сообществ ключевых болот горно-таежного пояса Южного Урала // Экология. 2016. №. 5. С. 346-352. DOI: [10.7868/S0367059716050048](https://doi.org/10.7868/S0367059716050048)
5. Красная книга Омской области / Отв. ред. Сидоров Г.Н., Пликина Н.В. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2015. 636 с.

6. Красная книга Пермского края / [М. А. Бакланов, С. В. Баландин, Т. П. Белковская и др.; под общей редакцией М. А. Бакланова]; Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края [и др.]. Пермь: Алдари, 2018. 230 с.
7. Красная книга Челябинской области: Животные, растения, грибы / Отв. ред. Лагунов А.В. М.: Реарт, 2017. 504 с.
8. Куликов П.В. Ботанико-географические районы и флористические границы в лесостепном и степном Зауралье. В кн.: Степи и лесостепи Зауралья: материалы к исследованиям: тр. музея-заповедника. «Аркаим» / [отв. ред. Ф.Н. Петров]. – Челябинск: Крокус, 2006. 190 с.
9. Куликов П.Н. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 969 с.
10. Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies // Diversity and Distributions. 2014. Vol.20 (1). P. 1-9. DOI: [10.1111/ddi.12144](https://doi.org/10.1111/ddi.12144)
11. Danielson J.J., Gesch D.B. Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010) // US Department of the Interior, US Geological Survey. 2011. P. 26.
12. Dormann C.F., Elith J., Bacher S. et al. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance // Ecography. 2013. Vol. 36, (1). P. 27-46. DOI: [10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x)
13. GBIF.org (01 August 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gjb4d9>
14. Karger D.N., Conrad O., Böhrner J. Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas // Scientific Data. 2017. Vol. 4. P. 170122. DOI: [10.1038/sdata.2017.122](https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122)
15. Phillips S.J., Dudík M., Schapire R.E. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2021-7-19.
16. Swets J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems // Science. 1988. Vol. 240 (4857). P. 1285-1293.