

УДК 581.5; 574.21; 582.675.1  
doi: 10.17223/19988591/51/12

**А.А. Зверев<sup>1,2</sup>, Н.В. Щёголева<sup>1</sup>, А.С. Ревушкин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Центральный сибирский ботанический сад, г. Новосибирск, Россия

## **Выявление экологических ареалов редких высокогорных видов рода *Ranunculus* методами фитоиндикации**

Впервые получены индивидуальные экологические характеристики *Ranunculus akkemensis* Polozhij et Revjakina и *R. lasiocarpus* С.А. Мей. – высокогорных эндемов Алтае-Саянской флористической провинции. Проведена апробация метода фитоиндикационной оценки синэкологических ареалов на примере редких видов, ранее изученных только по качественным параметрам. Составлены и сравнены между собой вероятностные экологические профили флор ингрегаций этих видов по факторам увлажнения и трофности почвы. Определена принадлежность *R. akkemensis* и *R. lasiocarpus* к экологическим группам по данным факторам. Показана работоспособность методики фитоиндикационной коррекции на относительно малых по объему массивах геоботанических данных.

**Ключевые слова:** *Ranunculaceae*; эндем; экологические факторы; геоботанические описания; база данных; система IBIS; Алтай.

### **Введение**

Знание экологических ареалов (портретов) видов растений открывает широкие возможности использования и зачастую обнаруживает недостающие элементы в решении сложных задач специфики генезиса, биоморфологии, биогеографии видов, родов или их близкородственных групп. Получение данных об экологических параметрах видов прямыми измерениями – трудоемкий и продолжительный процесс, требующий мониторинга объекта исследований в среде его обитания. Вопросами опосредованного определения характеристик средообразующих компонентов или явлений в экосистеме по параметрам фитобиоты занимается индикационная геоботаника [1]. Опосредованное получение квантифицированной информации о напряжении основных абиотических факторов по параметрам растительного покрова открывает возможность для выявления экологического ареала слабоизученных в силу труднодоступности видов, особенно редких, высокогорных растений.

Высокое эколого-географическое разнообразие рода *Ranunculus* L. (лютик) и широкий зональный спектр распространения его видов ярко проявля-

ются в региональной специфике видового состава [2]. Особенно это характерно для горных регионов, где экологическая пластичность рода *Ranunculus* в контрастных условиях высокогорий приобретает свойства адаптивности, что и способствует формированию эндемичных видов [3–6]. Поэтому необходимым аспектом при решении вопросов региональной диверсификации рода *Ranunculus* становится учёт и оценка факторов среды как пусковых механизмов внутривидовой экологической дифференциации рода.

Цель исследования – апробация метода фитоиндикационной оценки син-экологических ареалов видов рода *Ranunculus* – *R. akkemensis* Polozhij et Revjakina и *R. lasiocarpus* С.А. Мей., высокогорных представителей подсекции *Altimontana* Schegol. [7] (секция *Auricomus* Schur.), эндемичных для Алтае-Саянской флористической провинции (АСП).

### Материалы и методики исследования

Для получения исходных геоботанических материалов в исследовании задействована компьютерная база описаний растительности Сибири «Database of Siberian Vegetation (DSV)», зарегистрированная в международной метабазе фитоценотек «Global Index of Vegetation-Plot Databases» под индексом AS-RU-002 [8] и реализованная в интегрированной ботанической информационной системе IBIS v.7.2 [9]. В модуле градиентного анализа этой же информационной системы выполнены все фитоиндикационные расчеты и сгенерированы сводные таксономические списки. Вспомогательными инструментами для подготовки данных, проведения статистической обработки и визуализации результатов послужили программы MS Excel 2013 и Past v.3.26.

Всего использовано 8 полных геоботанических описаний с участием *R. akkemensis* и 12 – с *R. lasiocarpus*. Географическая локация данных: Республика Алтай: хребты Семинский, Курайский, Северо-Чуйский; Алтайский край: Тигирекский хребет; Республика Тыва: хребет Сангилен.

Среднее число зарегистрированных в описаниях таксонов составило для первого вида  $18,80 \pm 3,54$  (здесь и далее средние значения приведены со стандартной ошибкой среднего), для второго –  $24,45 \pm 2,73$ . Источником исходной экологической информации послужили объединенные фитоиндикационные шкалы для Сибири И.А. Цаценкина с соавторами [10, 11], наследующие амплитудно-оптимальный формат индикационной школы Л.Г. Раменского [1]. Из четырех доступных экологических факторов выбраны увлажнение (120-балльная шкала, далее Hd) и богатство-засоление (трофность) почв (30-балльная шкала, далее Tr) как наиболее значимые для дифференциации экотопов горных растений. Средняя доля представленности таксонов-индикаторов в описаниях по этим факторам составила:  $34,27 \pm 3,30\%$  и  $73,50 \pm 3,57\%$  (Hd),  $35,01 \pm 3,24\%$  и  $73,45 \pm 3,58\%$  (Tr) для *R. akkemensis* и *R. lasiocarpus* соответственно. Для слабоизученных высоко-

горных флор такие показатели следует считать достаточными для проведения пионерного фитоиндикационного анализа.

Экологические характеристики геоботанических описаний рассчитаны в соответствии с ранее представленной методикой [12], проективные покрытия таксонов при этом учитывали в 9-балльной геометрической шкале [9]. Индивидуальные видовые фитоиндикационные оптимумы вычислены по опубликованному нами алгоритму [13], для оценки экологического консенсуса выбран оптимальный вариант этого индекса [1].

В отсутствие устоявшегося термина для обозначения флористической совокупности всех таксонов, встречающихся в ценозах, в которых участвует определенный вид, для характеристики такого пула мы используем конструкцию «*флора ингрегации*», осознавая, что ни *R. akkemensis*, ни *R. lasiocarpus* в геоботаническом понимании не определяют реальных викарирующих слоев в растительных ассоциациях. Для получения таких флор ингрегаций в системе IBIS генерировались сводные описания, весомым параметром таксонов в них выступала абсолютная встречаемость. Количественные параметры флор составили для *R. akkemensis* – 73 таксона, из них 36 таксонов-индикаторов, для *R. lasiocarpus* – 141 и 98 соответственно.

При составлении вероятностных экологических профилей использована унимодальная модель [14], а фитоиндикационные оптимумные статусы таксонов-индикаторов взвешивались суммами процентов их встречаемости в сводных описаниях.

### Результаты исследования и обсуждение

Фитоиндикационная оценка синэкологических ареалов проведена для двух близкородственных видов, принадлежащих одной подсекции *Altimontana* рода *Ranunculus* и эндемичных для АСП, но при этом существенно отличающихся некоторыми морфофизиологическими свойствами и приуроченностью к определенным типам местообитаний.

***Ranunculus akkemensis*** Polozhij et Revyakina 1978, Систематика и география растений Сибири : 6. – Лютик аккемский.

Описан с Алтая. Тип: ТК!

Вид распространен в горах Центрального, Юго-Восточного Алтая и Тувы – в аридных районах, с выраженным континентальным климатом. Алтайско-тувинский эндем (рис. 1).

*R. akkemensis* обитает в альпийском поясе. Характерный представитель криопетрофитона, зачастую выступающего своеобразным рефугиумом для реликтовых и эндемичных элементов высокогорной флоры [15]. Его обычными местообитаниями являются подвижные каменистые субстраты – щебнистые осыпи, каменистые россыпи, каменистые берега ручьев, каменистые тундры, морены ледников. Это единственный облигатный петрофит среди всех видов рода *Ranunculus* АСП.



**Рис. 1.** Типичное местообитание *Ranunculus akkemensis* Polozhij et Revjakina, гора Сукор, Северо-Чуйский хребет (фото Н. Щёголевой, 02.07.2019)

[Fig. 1. Typical habitat of *Ranunculus akkemensis* Polozhij et Revjakina, Mount Sukor, The North-Chuyskiy ridge (photo by Natalia Shchegoleva, 02.07.2019)]

***Ranunculus lasiocarpus*** С.А. Мей. 1830, in Ledeb. Fl. Alt. 2 : 323 – Л. волосистоплодный (рис. 2).

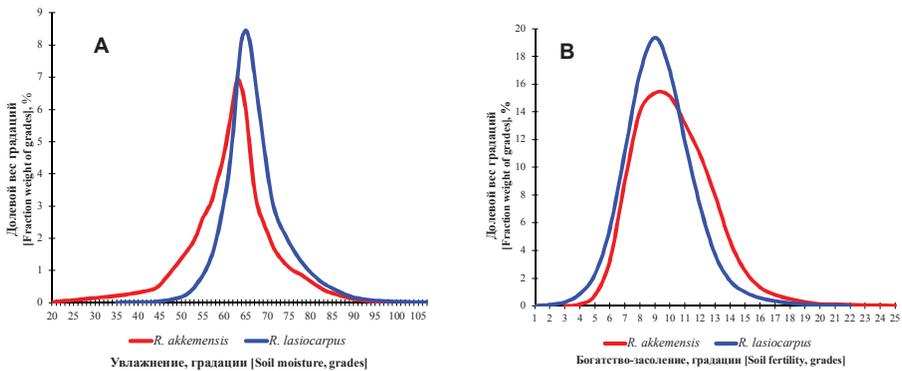
Описан из Западной Сибири (Алтай). Тип: (LE!).

Распространен в Южной Сибири, в восточной части Казахстана и Монголии. *R. lasiocarpus* – обитатель высокогорных лугов и тундр, первую половину вегетационного периода развивающийся в условиях избыточного холодного увлажнения. По отношению к механическому составу субстрата этот вид – факультативный петрофит. Местообитания *R. lasiocarpus* хорошо дренируемые. Встречается обычно в субальпийском поясе, по бортам, берегам и руслам высокогорных ручьев, а также на альпийских луговинах и в мохово-лишайниковой тундре.

Сравнительный анализ полученных значений по шкале увлажнения показал существенные отличия отношения ценоотического окружения модельных видов к уровню увлажнения местообитаний (рис. 3, А). Совокупная флора ингрегации *R. akkemensis* имеет значительно более широкую амплитуду и максимум, смещенный относительно *R. lasiocarpus* примерно на 4 градации в сухую сторону градиента. По фактору трофности (рис. 3, В) объединенные амплитуды флор ингрегации обоих видов имеют примерно одинаковый размах, но различную асимметрию, а максимум кривой профиля у *R. akkemensis* больше, чем у *R. lasiocarpus*.



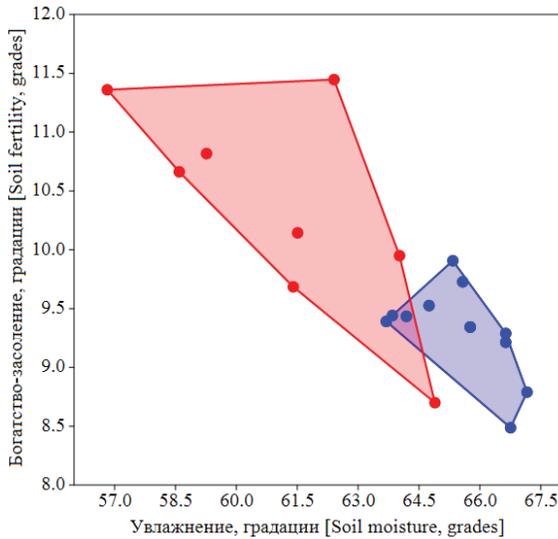
**Рис. 2.** Типичное местообитание *Ranunculus lasiocarpus* С.А. Мей.  
 гора Сукор, Северо-Чуйский хребет (фото Н. Щёголевой, 02.07.2019).  
 [Fig. 2. Typical habitat of *Ranunculus lasiocarpus* С.А. Мей.  
 Mount Sukor, The North-Chuyskiy ridge (photo by Natalia Shchegoleva, 02.07.2019)]



**Рис. 3.** Вероятностные экологические профили флор ингрегаций *Ranunculus akkemensis* и *R. lasiocarpus* по фактору почвенного увлажнения (А) и богатства-засоления (В)  
 [Fig. 3. Probabilistic ecological profiles of *Ranunculus akkemensis* and *R. lasiocarpus* ingregation floras according to the factor of soil moisture (А) and soil fertility (В)]

Одновременное отображение фитоценозов с участием исследуемых видов в осях факторов увлажнения и трофности позволяет оценить и сопоставить их экологические ареалы (рис. 4). Ареалы имеют небольшую зону перекрытия, несмотря на то что оба вида могут произрастать в простран-

ственной близости (в пределах десятков метров), имея при этом достаточно строгие экологические предпочтения (рис. 1, 2). При этом реализованная каждым видом экологическая ниша весьма невелика по отношению к полным градиентам по выбранным факторам (120 и 30 градаций соответственно).



**Рис. 4.** Экологические ареалы *Ranunculus akkemensis* (выделен красным цветом) и *R. lasiocarpus* (синим цветом) в осях двух экологических факторов. Точки – описания с участием соответствующих таксонов [Fig. 4. Ecological areas of *Ranunculus akkemensis* (in red color) and *R. lasiocarpus* (in blue color) according to two environmental factors. Dots - relevés with corresponding taxa]

После применения методики фитоиндикационной коррекции [13] получены точные значения индивидуальных статусов (минимум, оптимум, максимум) изучаемых видов (таблица). Эти данные ожидаемо согласуются как с результатами анализа флор ингрегаций видов, так и с характеристиками их экологических ареалов.

#### Индивидуальные фитоиндикационные статусы видов *Ranunculus* [Individual indicator values of *Ranunculus* species]

Таксон [Taxon]	Увлажнение, градации [Soil moisture, grades]			Богатство-засоление, градации [Soil fertility, grades]		
	Min	Opt	Max	Min	Opt	Max
<i>Ranunculus akkemensis</i>	56,818	60,194	64,891	8,701	10,482	11,448
<i>Ranunculus lasiocarpus</i>	63,692	65,409	67,160	8,488	8,895	9,908

Поскольку массив доступных описаний и, как следствие, охват экотопов сравнительно невелики, можно предположить, что экологические амплитуды *R. akkemensis* и *R. lasiocarpus* при последующем включении нового геоботанического материала будут расширяться, тогда как установленное

значение оптимумного статуса изменится незначительно. Однако уже на данном этапе при сравнении полученных количественных параметров с более ранними результатами проведенного нами экологического анализа рода *Ranunculus* АСП [4], где учитывались приуроченность к определенному типу местообитаний и некоторые морфофизиологические свойства, экологические характеристики этих видов претерпели изменения. Так, в используемой нами системе экологических групп [16] по фактору увлажнения *R. akkemensis* следует считать ксеромезофитом (ранее определялся нами как эумезофит), а *R. lasiocarpus* – эумезофитом (ранее – гидромезофит). По фактору трофности почв *R. akkemensis* следует относить к мезоэутрофитам, а *R. lasiocarpus* – к мезотрофитам.

### Заключение

Проведенное исследование позволило впервые квантифицировать экологические характеристики двух редких высокогорных видов рода *Ranunculus* по факторам увлажнения и трофности почв. Это дало возможность обоснованно определить принадлежность *R. akkemensis* и *R. lasiocarpus* к экологическим группам и доказать работоспособность методики фитоиндикационной коррекции на относительно малых по объему массивах геоботанических данных.

*Авторы выражают благодарность коллегам, любезно предоставившим для нашего исследования свои геоботанические описания: канд. биол. наук Е.Г. Зибзееву (Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск), д-ру биол. наук А.И. Пяку (Томский государственный университет, г. Томск) и канд. биол. наук И.В. Волкову (Томский государственный педагогический университет, г. Томск).*

### Литература

1. Zverev A.A. Methodological aspects of indicator values use in biodiversity analysis // Contemporary Problems of Ecology. 2020. Vol. 13, №. 4. PP. 321–332. doi: [10.1134/S1995425520040125](https://doi.org/10.1134/S1995425520040125)
2. Щёголева Н.В. Система рода *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) Сибири, Казахстана и Монголии // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2017. № 116. С. 22–28. doi: [10.17223/20764103.116.4](https://doi.org/10.17223/20764103.116.4) 98
3. Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. Томск : Изд. Том. ун-та, 1988. 320 с.
4. Щёголева Н.В. Сопряженный экологический анализ рода *Ranunculus* L. Алтае-Саянской флористической провинции // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 1 (2). С. 31–41.
5. Shchegoleva N.V. New distribution data on Altai endemic *Ranunculus schischkinii* in floras of Russia and Kazakhstan // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 41. С. 182–189. doi: [10.17223/19988591/41/11](https://doi.org/10.17223/19988591/41/11)
6. Щёголева Н.В., Тургинов О.Т., Жабборов А.М., Кодиров У.Х. Эколого-географические особенности эндема западного Памиро-Алая *Ranunculus botschantzevii* Ovcz. //

- Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 49. С. 175–186. doi: [10.17223/19988591/49/10](https://doi.org/10.17223/19988591/49/10)
7. Щёголева Н.В. Новый таксон рода *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2006. № 97. С. 19–20.
  8. Bruelheide H., Dengler J., Jiménez-Alfaro B., Purschke O., Hennekens S.M., Chytrý M., (...) , Zverev A. sPlot – a new tool for global vegetation analyses // Journal of Vegetation Science. 2019. Vol. 30, №. 2. Pp. 161–186. doi: [10.1111/jvs.12710](https://doi.org/10.1111/jvs.12710)
  9. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова : учеб. пособие. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
  10. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову / сост. И.А. Цаценкин [и др.]. М. : ВНИИК им. В.Р. Вильямса, 1974. 246 с.
  11. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову / сост. И.А. Цаценкин, И.В. Савченко, С.И. Дмитриева. М. : ВНИИК им. В.Р. Вильямса, 1978. 302 с.
  12. Зверев А.А., Бабешина Л.Г. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины по ведущим экологическим факторам: объекты, материалы и методические основы // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 325. С. 167–173.
  13. Зверев А.А., Королюк А.Ю. Экологические шкалы растений Сибири: методика коррекции с использованием системы IBIS // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы : материалы Всерос. науч. конф. Санкт-Петербург : БИН РАН, 2011. Т. 2. С. 357–359.
  14. Зверев А.А. Сравнительный анализ растительности с использованием фитоиндикационных шкал // Актуальные проблемы геоботаники : сборник статей и лекций IV Всерос. школы-конференции. Уфа : МедиаПринт, 2012. С. 25–46.
  15. Пяк А.И. Петрофиты Русского Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. 202 с.
  16. Прокопьев А.П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы) : учебник для биол. факультетов вузов. Томск : Томский государственный университет, 2001. 340 с.

Поступила в редакцию 15.07.2020 г.; повторно 17.08.2020 г.;  
принята 03.09.2020 г.; опубликована 25.09.2020 г.

#### Авторский коллектив:

**Зверев Андрей Анатольевич** – канд. биол. наук., доцент кафедры ботаники, Биологический институт, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634006, г. Томск, пр. Ленина, 36).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4394-4605>

E-mail: [ibiss@rambler.ru](mailto:ibiss@rambler.ru)

**Щёголева Наталья Валерьевна** – канд. биол. наук., доцент кафедры ботаники, Биологический институт, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634006, г. Томск, пр. Ленина, 36).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2710-6131>

E-mail: [schegoleva@outlook.com](mailto:schegoleva@outlook.com)

**Ревушкин Александр Сергеевич** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ботаники, Биологический институт, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634006, г. Томск, пр. Ленина, 36).

E-mail: [ppu@mail.tsu.ru](mailto:ppu@mail.tsu.ru)

**Для цитирования:** Зверев А.А., Щёголева Н.В., Ревушкин А.С. Выявление экологических ареалов редких высокогорных видов рода *Ranunculus* методами фитоиндикации // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2020. № 51. С. 212–222. doi: [10.17223/19988591/51/12](https://doi.org/10.17223/19988591/51/12)

**For citation:** Zverev AA, Shchegoleva NV, Revushkin AS. Determination of the ecological areas of rare high-mountain *Ranunculus* species by indicator values methods. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2020;51:212-222. doi: 10.17223/19988591/51/12 In Russian, English Summary

**Andrey A. Zverev<sup>1,2</sup>, Natalia V. Shchegoleva<sup>1</sup>, Alexander S. Revushkin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

<sup>2</sup>Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

### **Determination of the ecological areas of rare high-mountain *Ranunculus* species by indicator values methods**

The indirect collecting of quantitative data on the rates of the main abiotic factors by the parameters of the vegetation opens up the possibility of identifying ecological ranges for poorly studied hard-to-reach species, especially rare high-mountain plants. The ecological plasticity of the genus *Ranunculus* L. in contrasting conditions of high mountains acquires the properties of adaptability, which contributes to the formation of endemic species. Therefore, a necessary aspect in addressing the issues of regional diversification of the genus *Ranunculus* is taking into account and assessing environmental factors as triggers of intrageneric ecological differentiation of the genus. The aim of the study is to test an indicator values method to determine the synecological areas of high mountain taxa *Ranunculus akkemensis* Polozhij et Revjakina (See Fig. 1) and *R. lasiocarpus* C.A. Mey. (See Fig. 2) from the section *Auricomus* Schur., subsection *Altimontana* Schegol., endemic to the Altai-Sayan floristic province (ASP).

To obtain the initial geobotanical material, we used the “Database of Siberian Vegetation (DSV)” computer database of relevés of Siberian vegetation, registered in the international metabase “Global Index of Vegetation-Plot Databases” as AS-RU-002 and implemented in the integrated botanical information system IBIS v.7.2. All calculations with indicator values were performed in the gradient analysis module of this information system, alongside with combined taxonomic lists generation. MS Excel 2013 and Past v.3.26 software served as auxiliary tools for data preparation, statistical processing and visualization of results.

Geographic location of the relevés: Altai Republic: Seminsky, Kuraisky, Notrth-Chuisky ridges; Altai Krai: Tigirek ridge; Tuva Republic: Sangilen ridge. The source of the initial ecological information was the combined indicator value scales for Siberia by Ivan Tsatsenkin et al. (1974, 1978). These scales inherit the amplitude-optimum format of the indicator school by Leontiy Ramensky. Of the four available environmental factors, moisture (120-grade scale) and richness-salinity (nutrients availability, or fertility) of soils (30-grade scale) were selected as the most significant for the differentiation of ecotopes of mountain plants.

The ecological characteristics of habitats, where these *Ranunculus* species were recorded, were calculated in accordance with the previously presented methodology: weighted averaging (by cover and environmental tolerance) of all indicator taxa in a relevé; the cover of taxa was expressed in a 9-grade geometric scale. Individual species indicator value optima were calculated according to our published algorithm - as weighted averaging taking into account environmental consensus index, rarity of the scale's grade in total sample, number of indicators per each relevé. When compiling probabilistic ecological profiles for combined floras of coenoses with a selected taxon, an unimodal model was used, and the indicator value optimum statuses of indicator taxa were weighted by the sums of the percentages of their occurrence in such combined floras.

Comparative analysis of the obtained values for the factors of soil moisture and fertility showed significant differences in the reaction of the coenotic environment of the model

species to the level of these factors in habitats (See Fig. 3). Simultaneous mapping of phytocenoses with the participation of the studied species in the axes of soil moisture and fertility factors made it possible to assess and compare their ecological areas (See Fig. 4). The exact values of individual statuses (minimum, optimum, maximum) of the model species were calculated. When comparing the obtained quantitative parameters with earlier results of our ecological analysis of the genus *Ranunculus* in ASP, which took into account the confinement to a certain type of habitat and some morphophysiological properties of the species, the ecological characteristics of these species underwent changes. The results of the study enabled us to reasonably determine the belonging of *R. akkemensis* and *R. lasiocarpus* to particular ecological groups, as well as to prove the efficiency of the indicator value correction method on relatively small samples of geobotanical data. The study for the first time allowed quantifying the ecological parameters of two rare alpine species of the genus *Ranunculus* according to the factors of soil moisture and nutrient availability.

*The paper contains 4 Figures, 1 Table and 16 References.*

**Key words:** *Ranunculaceae; endem; environmental factors; relevés; database; IBIS system; Altai.*

**Acknowledgments:** The authors express their gratitude to colleagues who kindly provided their relevés for our study: Eugeniy G. Zibzeev, Cand. Sci. (Biol.) (Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk), Andrei I. Pyak, Dr. Sci. (Biol.) (Tomsk State University, Tomsk) and Igor V. Volkov, Cand. Sci. (Biol.) (Tomsk State Pedagogical University, Tomsk).

*The Authors declare no conflict of interest.*

### References

1. Zverev A.A. Methodological aspects of indicator values use in biodiversity analysis. *Contemporary Problems of Ecology*. 2020; 13(4):321-332. doi: [10.1134/S1995425520040125](https://doi.org/10.1134/S1995425520040125)
2. Shchegoleva NV. Taxonomy of the genus *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) Siberia, Kazakhstan and Mongolia. *Sistematicheskie zametki po materialam Gerbariya imeni P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Systematic Notes on the Materials of P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University*. 2017;116:22-28. doi: [10.17223/20764103.116.4](https://doi.org/10.17223/20764103.116.4) In Russian, English Summary
3. Revushkin AS. Vysokogornaya flora Altaya [High-mountain flora of Altai]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 1988. 320 p. In Russian
4. Schegoleva NV. Conjugate ecological analysis of genus *Ranunculus* L. in the Altai-Sayan floristic province. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2008;2(1):31-41. In Russian
5. Shchegoleva NV. New distribution data on Altai endemic *Ranunculus schischkinii* in floras of Russia and Kazakhstan. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2018;41:182-189. doi: [10.17223/19988591/41/11](https://doi.org/10.17223/19988591/41/11)
6. Shchegoleva NV, Turginov OT, Jabborov AM, Kodirov UH. Ecological and geographical features of the Western Pamir-Alai endemic *Ranunculus botschantzevii* Ovcz. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2020;49:175-186. doi: [10.17223/19988591/49/10](https://doi.org/10.17223/19988591/49/10) In Russian, English Summary
7. Schegoleva NV. New taxon of the genus *Ranunculus* L. (Ranunculaceae). *Sistematicheskie zametki po materialam Gerbariya imeni P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Systematic Notes on the Materials of P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University*. 2006;97:19-20. In Russian, English Summary
8. Bruehlheide H, Dengler J, Jiménez-Alfaro B, Purschke O, Hennekens SM, Chytrý M, (...), Zverev A. sPlot - a new tool for global vegetation analyses. *J Vegetation Science*. 2019;30(2):161-186. doi: [10.1111/jvs.12710](https://doi.org/10.1111/jvs.12710)

9. Zverev AA. Informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh rastitel'nogo pokrova: Uchebnoe posobie [Information technologies in studies of vegetation. Tutorial]. Tomsk: TML-Press Publ.; 2007. 304 p. In Russian
10. *Metodicheskie ukazaniya po ekologicheskoi otsenke kormovykh ugodii lesostepnoi i stepnoi zon Sibiri po rastitel'nomu pokrovu* [Methodical recommendations on the ecological assessment of fodder resources in the forest-steppe and steppe zones of Siberia by the vegetation]. Tsatsenkin IA et al., compilers. Moscow: VNIIC after V.R. Vil'yams Publ.; 1974. 246 p. In Russian
11. *Metodicheskie ukazaniya po ekologicheskoi otsenke kormovykh ugodii tundrovoi i lesnoi zon Sibiri i Dal'nego Vostoka po rastitel'nomu pokrovu* [Methodical recommendations on the ecological assessment of fodder resources in the tundra and forest zones of Siberia and Far East by the vegetation]. Tsatsenkin IA, Savchenko IV and Dmitrieva SI, compilers. Moscow: VNIIC after V.R. Vil'yams Publ.; 1978. 302 p. In Russian
12. Zverev AA, Babeshina LG. Otsenka usloviy mestoobitaniya sfagnovykh mhov Zapadno-Sibirskoi ravniny po veduschim ekologicheskim faktoram: ob'ekty, materialy i metodicheskie osnovy [Assessment of the habitat conditions of *Sphagnum* mosses in West Siberian Plain by the leading environmental factors: Objects, data and methodological foundations]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*. 2009;325:167-173. In Russian
13. Zverev AA, Korolyuk AYU. Ekologicheskie shkaly rastenii Sibiri: metodika korrektsii s ispol'zovaniem sistemy IBIS [Indicator values of Siberian plants: Correction technique using the IBIS system]. In: *Otechestvennaya geobotanika: osnovnye vehi i perspektivy: Mat. Vseross. nauchn. konf.* [Proc. of All-Russian Sci. Conf. National Geobotany: Main milestones and prospects]. Vol. 2. St.-Petersburg: Botanical Institute RAS Press; 2011. pp. 357-359. In Russian
14. Zverev AA. Sravnitel'nyi analiz rastitel'nosti s ispol'zovaniem fitoindikatsionnykh shkal [Comparative analysis of vegetation using indicator value scales]. In: *Aktual'nye problemy geobotaniki: Sbornik statei i lektsiy IV Vseross. shkoly-konferentsii* [Proc. and lectures of IV All-Russian. Conf.-School. Contemporary Problems of Geobotany]. Ufa: MediaPrint; 2012. pp. 25-46. In Russian, English Summary
15. Pyak AI. Petrofity Russkogo Altaya [Petrophytes of the Russian Altai]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2003. 202 p.
16. Prokop'ev EP. Ekologiya rasteniy (osobi, vidy, ekogruppy, zhiznennye formy): Uchebnik dlya biol. fakul'tetov vuzov [Plant ecology (individuals, species, eco-groups, life forms). Textbook]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2001. 340 p.

*Received 15 July 2020; Revised 18 August 2020;  
Accepted 03 September 2020; Published 25 September 2020*

**Author info:**

**Zverev Andrey A**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Botany, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russian Federation.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4394-4605>

E-mail: [ibiss@rambler.ru](mailto:ibiss@rambler.ru)

**Shchegoleva Natalia V**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Botany, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russian Federation.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2710-6131>

E-mail: [schegoleva@outlook.com](mailto:schegoleva@outlook.com)

**Revushkin Alexander S**, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of Department of Botany, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: [ppu@mail.tsu.ru](mailto:ppu@mail.tsu.ru)