

## БОТАНИКА

УДК 581.9(571.1/.5)

doi: 10.17223/19988591/55/1

**И.А. Артемов**

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

### **Использование краевых местонахождений видов для уточнения западной границы Алтае-Енисейской флористической провинции**

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН на 2021 г. по проекту «Биологическое разнообразие криптогамных организмов и сосудистых растений Северной Азии и сопредельных территорий, их эколого-географическая характеристика и мониторинг» (AAAA-A21-121011290024-5)

*Разработан и апробирован метод флористического районирования, в основе которого лежит использование краевых местонахождений точечных ареалов. Сформулированы предложения по уточнению западной границы Алтае-Енисейской флористической провинции, разделяющей равнинные и горные территории на юге Западной Сибири. Южную часть границы следует провести западнее отрогов Алтайских гор, северную часть – по р. Енисей.*

**Ключевые слова:** флористическое районирование; точечные ареалы; геокодирование; Сибирь; Азиатская Россия

**Для цитирования:** Артемов И.А. Использование краевых местонахождений видов для уточнения западной границы Алтае-Енисейской флористической провинции // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. № 55. С. 6–18. doi: 10.17223/19988591/55/1

### **Введение**

Флористическое районирование представляет собой необходимый этап в упорядочивании знаний о географическом распределении таксонов растений. Итогом районирования выступает схема географических выделов (фитохорий), отличающихся друг от друга по составу и структуре флоры.

Существует несколько подходов к выделению фитохорий и созданию схем фитохорий, используемых во флористических работах: по основным общегеографическим подразделениям, установленным с учетом крупных речных бассейнов или горных стран [1]; по характеру растительности с учетом геологического строения и рельефа изучаемой территории [2, 3]; по на-

личию эндемичных таксонов [4, 5]; на основании сравнения флор ключевых территорий – рабочих флористических районов, административных единиц, конкретных флор [6–10]; по полосам сгущений границ ареалов [11, 12] или линиям совпадения границ ареалов [13].

Следует отметить, что сравнение флор ключевых территорий позволяет группировать более сходные и разделять менее сходные флоры физико-географических выделов или административных единиц, но не отвечает на вопрос о границах фитохорий. Чаще всего они проводятся условно, перпендикулярно линиям наименьшего сходства флор [14]. А.С. Ревушкин [15] указывает, что для проведения границ между округами и районами целесообразно использовать в качестве вспомогательных признаков особенности рельефа, ландшафта и климата. Л.И. Малышев с соавторами [7] в качестве границ между фитохориями Азиатской России рассматривают рубежи рабочих флористических районов, а поскольку во многих случаях в качестве таких районов принимаются административные единицы (например, Новосибирская и Томская области, Республики Алтай и Хакасия), то в качестве флористических границ между ними принимаются административные границы между субъектами Российской Федерации. В результате границы фитохорий, выделяемые разными авторами на основании аналогичных подходов, могут существенно отличаться. Так, на схеме А.С. Ревушкина [15] горные территории Южной Сибири от Салаира и Западного Алтая до Восточного Саяна входят в состав Алтае-Саянской флористической провинции, тогда как на карте флористического деления Азиатской России Л.И. Малышева с соавторами [7, 16] граница между Западносибирской гемибореальной и Алтае-Енисейской горно-гемибореальной флористическими провинциями отделяет Западный Алтай и Салаир от других, расположенных восточнее, горных систем Южной Сибири.

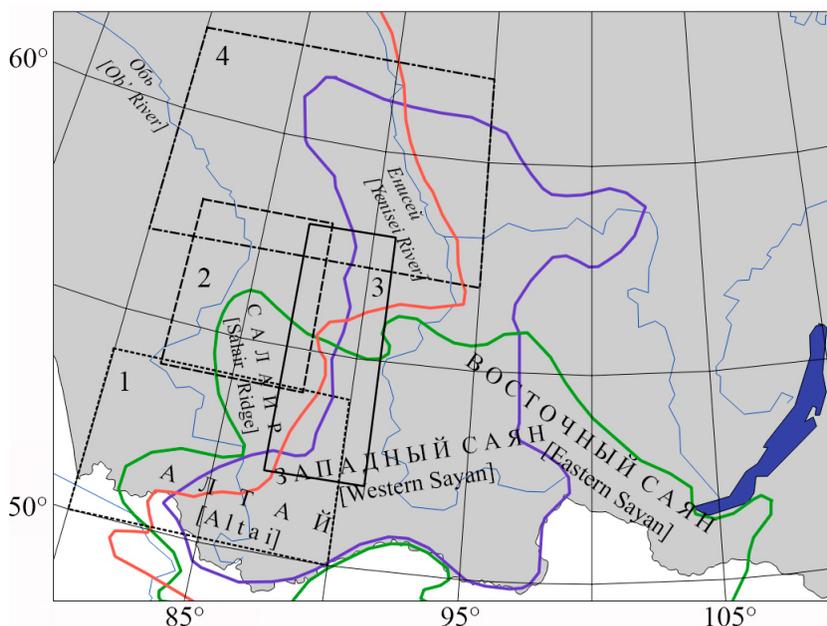
Более очевидным представляется очерчивание фитохорий по полосам сгущений границ ареалов либо линиям совпадения их границ. Однако это предполагает проведение границ ареалов на основании известных местонахождений видов и существенно зависит от количества фактических данных и степени изученности территории [17]. Также на форму ареала влияет выбранная методика оконтуривания краевых местонахождений [18]. Кроме того, выявление линий совпадения границ ареалов возможно по видам, удовлетворяющим ряду условий и в силу этого составляющим меньшую часть флоры. Это, в первую очередь, хорошо изученные виды, входящие в состав обычных для данной территории сообществ [13].

В настоящей работе предложено использовать для определения границ фитохорий не ареалы и сгущения их границ, а лишь наиболее западные и восточные местонахождения видов и скопления этих краевых точек. Цель работы – применение нового метода для уточнения западной границы Алтае-Енисейской флористической провинции (WbAYP).

### Материалы и методики исследования

Для определения крайних западных и восточных местонахождений использованы точечные карты ареалов 2 569 видов и подвидов сосудистых растений, опубликованные в коллективной монографии «Флора Сибири» [19].

Местонахождения на точечных картах геокодированы средствами настольной геоинформационной системы (ГИС) ArcView GIS 3.2a и модуля ArcView Spatial Analyst 2.0a (регистрационные номера лицензий 843181116338 и 849601104159). Методика и результаты геокодирования опубликованы в Global Biodiversity Information Facility (GBIF) [20]. Геокодированные координаты местонахождений и дополнительные данные (название таксона, номер тома и карты) помещены в таблицы базы данных местонахождений (DBLoc) в MS Access.



**Рис. 1.** Границы фитохорий [Fig. 1. Phytocoria boundaries]:

- граница между Западной Сибирью и Восточной Сибирью во «Флоре СССР» [Boundary between Western Siberia and Eastern Siberia in the Flora of the USSR] [1];
- Алтае-Саянская флористическая провинция [Altai-Sayan floristic Province] [15];
- Алтае-Енисейская флористическая провинция [Altai-Yenisei floristic Province] [16]

Общее число строк в таблицах DBLoc, соответствующих местонахождениям на точечных картах ареалов во «Флоре Сибири» [19], составило 169854. Поскольку цель работы заключалась в коррекции WbAYP, из DBLoc для каждого вида или подвида, представленного более чем двумя точками, отобраны крайние западные и восточные местонахождения, попадающие в

контур 49°–62°N и 80°–100°E. Меридиональная протяженность контура соответствует меридиональной протяженности WbAYP, а широтная протяженность – расстоянию приблизительно в 10° к западу и востоку от нее. Отбор крайних точек из DBLoc выполнялся с помощью программ в Visual Basic for Applications [21, 22], написанных автором. На данном этапе была сформирована база данных краевых местонахождений (DBMarLoc), включающая данные о 1654 точках.

Для более детального рассмотрения WbAYP в ее южной, центральной и северной частях из DBMarLoc выбраны частные массивы точек, попадающие в перекрывающиеся контуры меньшего размера. Последние покрывают отдельные участки WbAYP либо находятся вблизи нее:

- контур 1 – южный участок WbAYP (50°–54°N, 80–90°E);
- контуры 2, 3 – центральный участок WbAYP (54°–58°N, 82°–88°E; 52°–58°N, 87°–91°E);
- контур 4 – северный участок WbAYP (57°–62°N, 80°–95°E) (рис. 1)

Для визуализации границ фитохорий использована ГИС NextGIS QGIS.

Для визуализации краевых местонахождений, попадающих в контуры, а также для проверки гипотезы о полной пространственной случайности процесса, порождающего точечный образ распределения краевых местонахождений, использован пакет spatstat среды статистического программирования R [23]. Для визуализации местонахождений применена функция plot.ppp, для проверки гипотезы о полной пространственной случайности использован критерий  $\chi^2$  на основе квадратов, реализованный в функции quadrat.test [23, 24].

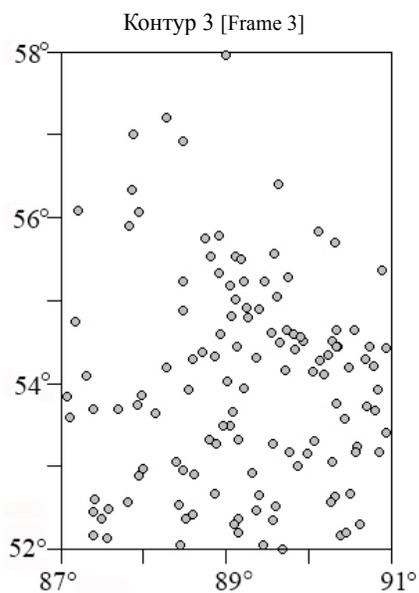
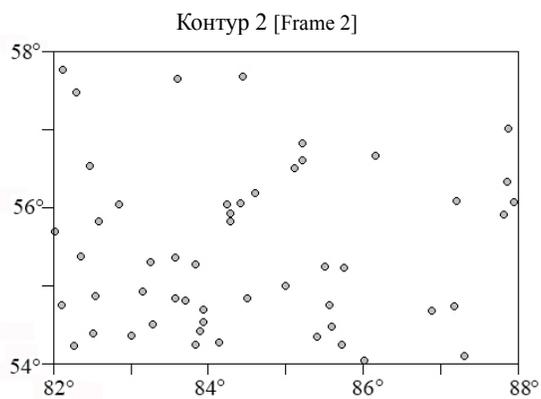
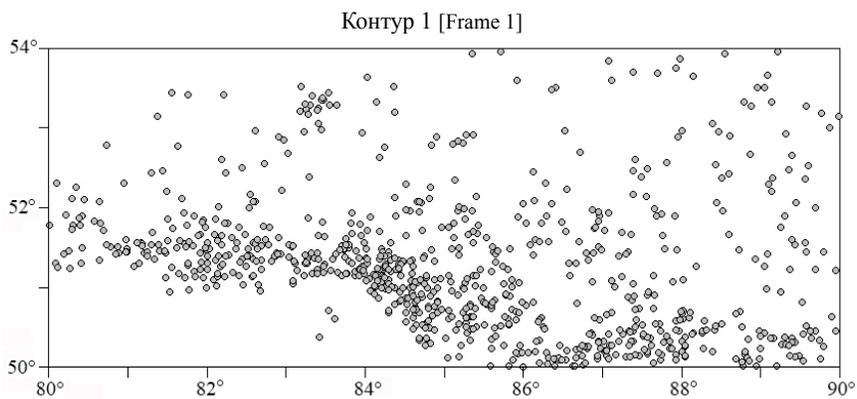
## Результаты исследования и обсуждение

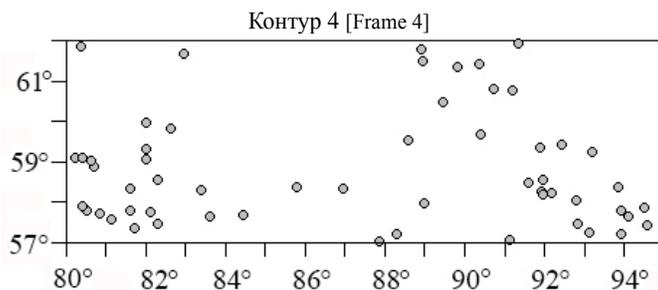
Анализ количества и распределения краевых местонахождений видов в контурах, соответствующих южному, центральному и северному участкам WbAYP, потребовал их отдельного рассмотрения и обсуждения.

### *Южный участок WbAYP*

Число крайних западных и восточных местонахождений сосудистых растений в контуре 1 (рис. 2) составило 827 точек. Проверка гипотезы о случайном распределении точек в контуре 1 для сетки 10×4 квадратов со стороной в 1° дает уровень значимости меньше 2,2e–16, что меньше 0,001 и позволяет отклонить нулевую гипотезу о полной пространственной случайности.

Отклонение от случайного распределения точек проявляется в их скоплении в юго-западной части контура, соответствующей горам Алтая вдоль государственной границы РФ. Скопление точек выходит за 84°E – крайнюю западную точку Алтае-Енисейской провинции. Следует отметить, что западная часть скопления совпадает с горной частью Алтайского края и выходит за границу Алтае-Енисейской провинции по Л.И. Малышеву с соавторами [16], больше соответствуя границе Алтае-Саянской провинции, очерченной А.С. Ревушкиным [15] (см. рис. 1).





**Рис. 2.** Контур, покрывающий отдельные участки WbAYP и участок к западу от нее (с указанием краевых местонахождений видов/подвидов):

[Fig. 2. Frames covering parts of the WbAYP and a frame to the west of it (with marginal localities of species/subspecies):

Контур 1 – 50°–54° с.ш., 80°–90° в.д. [Frame 1 – 50°–54°N, 80°–90°E];

Контур 2 – 54°–58° с.ш., 80°–88° в.д. [Frame 2 – 54°–58°N, 80°–88°E];

Контур 3 – 52°–58° с.ш., 87°–91° в.д. [Frame 3 – 52°–58°N, 87°–91°E];

Контур 4 – 56°–62° с.ш., 80°–96° в.д. [Frame 4 – 56°–62°N, 80°–96°E];

○ – краевые западные/восточные местонахождения [Marginal western/eastern localities]

Так, в пределах Алтайского края на Тигерекском хребте находятся крайние западные сибирские местонахождения *Schulzia crinita* (Pall.) Spreng., *Lloydia serotina* (L.) Rchb., *Salix vestita* Pursh, *Minuartia biflora* (L.) Schinz et Thell., *Smelowskia calycina* (Stephan) C.A. Mey., *Saxifraga terekensis* Bunge, *Sibbaldia procumbens* L., *Hedysarum theinum* Krasnob., *Doronicum altaicum* Pall. [25].

Очевидно, что Алтае-Енисейская флористическая провинция должна включать западные отроги Алтайских гор, а WbAYP, по Л.И. Малышеву с соавторами [16], в своей южной части должна совпадать с границей Алтае-Саянской провинции, по А.С. Ревушкину [15].

#### **Центральный участок WbAYP**

Существуют разные точки зрения на флористическую границу севернее Алтая. А.С. Ревушкин [15] проводит границу Алтае-Саянской провинции таким образом, что в ее состав входит Салаирский кряж. Л.И. Малышев с соавторами [16] центральную часть WbAYP проводят восточнее, по границе Хакасии и Кемеровской области, что в определенной мере соответствует меридиональному горному поднятию, состоящему из Абаканского хребта и хребта Кузнецкий Алатау (см. рис. 1). Для проверки этих точек зрения рассмотрены два контура, из которых западный (контур 2) включает Салаирский кряж, а восточный (контур 3) – фрагменты Абаканского хребта и хребта Кузнецкий Алатау.

Число краевых местонахождений в контуре 2 составило 52 точки (рис. 2, контур 2). Проверка гипотезы о полной пространственной случайности в распределении краевых местонахождений в контуре 2 для сетки 6×4 квадратов со стороной в 1° дает уровень значимости 0,045, что меньше 0,05 и не позволяет принять гипотезу о полной пространственной случайности в распределении краевых точек в данном контуре. Однако обращает на себя внимание

близость уровня значимости к пороговому значению, превышение которого позволяет допустить случайное распределение местонахождений в контуре 2.

Число краевых местонахождений в контуре 3 составило 128 точек (см. рис. 2, контур 3). Проверка гипотезы о случайном распределении точек в контуре 3 для сетки 4×6 квадратов со стороной в 1° дает уровень значимости  $6,237e-10$ , что меньше 0,001 и позволяет отклонить нулевую гипотезу о полной пространственной случайности.

Скопление краевых местонахождений в пределах координат 52–53°N и 89–90°E соответствует залеганию Абаканского хребта и хребтов меньшего масштаба на стыке Абаканского хребта и хребта Западный Саян в южной части Республики Хакасия, сравнительно недалеко от границы с Кемеровской областью. Крайние западные точки здесь имеют *Aconitum biflorum* Fisch. ex DC., *Oxytropis kusnetzovii* Krylov et Steinb., *Conioselinum longifolium* Turcz.

Скопление точек в пределах координат 54–56°N и 89–91°E соответствует северной оконечности Республики Хакасия, с западной границей, проходящей примерно вдоль меридиана 89°E по отрогам хребта Кузнецкий Алагау. Крайние западные местонахождения здесь имеют *Salix saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *Betula divaricata* Ledeb., *Veronica alpina* L. s. str.

Принимая во внимание существенное преобладание краевых местонахождений в контуре 3 по сравнению с контуром 2, а также большую разницу в значениях уровней значимости при проверке гипотезы о соответствии точечных образцов местонахождений в контурах 2 и 3 полной пространственной случайности, по-видимому, следует принять точку зрения В.Л. Комарова [1] и Л.И. Малышева с соавторами [16] и провести флористическую границу в контуре 3: в интервале 52–56°N, примерно вдоль меридиана 89°E. Следует отметить, что, кроме упомянутых, существуют разные точки зрения на рассмотрение Салаирского кряжа в составе той или иной фитоохории. Так, П.Н. Крылов [26] и А.Л. Тахтаджян [4] включают Салаирский кряж в состав Алтае-Саянской провинции. Однако Н.Н. Лацинский [27], отмечая, что Салаир находится на северо-западе Алтае-Саянской горной системы, на основании географического анализа характеризует его флору как наиболее восточный умеренно-континентальный низкогорный вариант атлантических флор.

#### **Северный участок WbAYP**

Данный участок границы Л.И. Малышев с соавторами [16] проводят по административной границе между Томской областью и Красноярским краем, которая проходит в междуречье Оби и Енисея, по заболоченной Кетско-Тымской равнине.

Число краевых местонахождений в контуре 4 составляет 56 точек. Проверка гипотезы о случайном распределении краевых местонахождений в контуре 4 для сетки 15×5 квадратов со стороной в 1° дает уровень значимости 0,11, что больше 0,05 и позволяет принять нулевую гипотезу о полной пространственной случайности.

Сравнительно небольшое число краевых местонахождений и их случайное распределение не позволяет наметить флористическую границу по

краевым точкам. Тем не менее обращает на себя внимание почти полное отсутствие краевых местонахождений в месте прохождения северной части WbAYP на участке в пределах 58°–62°N и 84°–88°E (см. рис. 2, контур 4). В то же время определенное число краевых местонахождений тяготеет к рекам Обь, Енисей и их притокам. Такое распределение краевых местонахождений, по-видимому, обусловлено тем, что коллекторы путешествовали наиболее удобным летом речным транспортом.

По всей видимости, северный участок западной границы провинции при имеющемся количестве данных следует проводить вслед за В.Л. Комаровым [1] по географическому принципу по р. Енисей, которая отделяет расположенные к западу от нее Енисейскую и Кетско-Тымскую равнины от расположенных восточнее Енисейского кряжа и Заангарского плато. Восточнее Енисея в этом широтном интервале лежат крайние западные местонахождения *Lilium pensylvanicum* Ker-Gawl., *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim. и *Chrysanthemum zawadskii* Herbrich subsp. *peleiolepis* (Trautv.) Zuev.

### Заключение

На основании предложенного метода, в основе которого лежит использование краевых местонахождений видов, принимаемых в качестве маркеров границ ареалов, следует скорректировать западную границу Алтае-Енисейской провинции, разделяющую равнинные и горные территории на юге Западной Сибири. В южной части граница должна проходить западнее своего настоящего положения, чтобы в состав провинции вошли западные отроги Алтайских гор. Северная часть границы, по-видимому, должна проходить по р. Енисей.

*Автор благодарен старшему инженеру ЦСБС СО РАН А.В. Егоровой за помощь при работе с ГИС, а также ведущим научным сотрудникам ЦСБС СО РАН д-ру биол. наук Н.И. Макуниной и д-ру биол. наук О.Ю. Писаренко за обсуждение рукописи.*

### Литература

1. Комаров В.Л. Предисловие // Флора СССР. Т. 1 / под ред. М.М. Ильина. Л. : Изд-во АН СССР, 1934. С. 1–12.
2. Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н., Фамелис Т.В. Растительность и ботанико-географическое деление территории // Определитель сосудистых растений Среднего Урала / под ред. П.Л. Горчаковского. М. : Наука, 1994. С. 6–12.
3. Определитель растений Республики Тывы / И.М. Красноборов и др. ; под ред. Д.Н. Шауло. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. 706 с.
4. Takhtajan A. Floristic Regions of the World. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 1986. 522 p.
5. Liu Z.-W., Peng H. Notes on the key role of stenochoric endemic plants in the floristic regionalization of Yunnan // Plant Diversity. 2016. № 38 (6). PP. 289–294. doi: [10.1016/j.pld.2016.11.011](https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.11.011)
6. Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1988. 320 с.
7. Малышев Л.И., Байков К.С., Доронькин В.М. Флористическое деление Азиатской России на основе количественных признаков // Krylovia. 2000. Т. 2, № 1. С. 3–16.

8. Born J., Linder H.P., Desmet P. The Greater Cape Floristic Region // *Journal of Biogeography*. 2007. № 34 (1). PP. 147–162. doi: [10.1111/j.1365-2699.2006.01595.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01595.x)
9. Bannister J.R., Vidal O.J., Teneb E., Sandoval V. Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile // *Austral Ecology*. 2012. № 37. PP. 500–509. doi: [10.1111/j.1442-9993.2011.02312.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02312.x)
10. Jung S., Cho Y-C. Redefining floristic zones in the Korean Peninsula using high-resolution georeferenced specimen data and self-organizing maps // *Ecology and Evolution*. 2020. № 10 (20). PP. 11549–11564. doi: [10.1002/ece3.6790](https://doi.org/10.1002/ece3.6790)
11. Бубырева В.А. Флористическое районирование северного макросклона Русской равнины на основе сгущений границ ареалов // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Биология*. 2004. Серия 3. Вып. 1. С. 35–68.
12. Баранова О.Г. Предварительное флористическое районирование Удмуртской Республики // *Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле*. 2016. Т. 26, вып. 2. С. 27–34.
13. Разумовский С.М. О границах ареалов и флористических линиях // *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1969. Вып. 72. С. 20–28.
14. Разумовский С.М. Флористическое районирование по ключевым местностям // Разумовский С.М. Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 482–483.
15. Ревушкин А.С. Материалы к флористическому районированию Алтае-Саянской провинции // *Флора, растительность и растительные ресурсы Сибири*. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1987. С. 32–46.
16. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / Л.И. Малышев [и др.]; под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
17. Толмачев А.И. Основы учения об ареалах (Введение в хорологию растений). Л. : Изд-во ЛГУ, 1962. 100 с.
18. Burgman M.A., Fox J.C. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning // *Animal Conservation*. 2003. № 6. PP. 19–28. doi: [10.1017/S1367943003003044](https://doi.org/10.1017/S1367943003003044)
19. Флора Сибири. Новосибирск, 1987–1997. Т. 1–13.
20. Artemov I., Egorova A. Locations of plants on dot distribution maps in the Flora of Siberia (Flora Sibiraea, 1987–1997). Version 1.2. Central Siberian Botanical Garden SB RAS. Occurrence dataset. 2021. doi: [10.15468/jb84wg](https://doi.org/10.15468/jb84wg)
21. Харитонов И., Вольман Н. Программирование в Access 2002 : учебный курс. СПб. : Питер, 2003. 480 с.
22. Gunderloy M., Harkins S.S. Automating Microsoft Access with VBA. Indianapolis : Que, 2004. 384 p.
23. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, 2020. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 12.01.2021).
24. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Чижикова Н.А., Пилюгин А.Г. Теория пространственных точечных процессов в задачах экологии и природопользования (с применением пакета R) : учеб. пособие. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2014. 146 с.
25. Определитель растений Алтайского края / под ред. И.М. Красноборова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. 634 с.
26. Крылов П.Н. Очерк растительности Сибири. Томск, 1919. 24 с.
27. Лашинский Н.Н., Лашинская Н.В. Высшие сосудистые растения // *Флора Салаирского края* / отв. ред. Н.Н. Лашинский. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2007. С. 155–251.

*Поступила в редакцию 19.03.2021 г.; повторно 06.07.2021 г.;  
принята 27.07.2021 г.; опубликована 29.09.2021 г.*

**Авторский коллектив:**

**Артемов Игорь Анатольевич**, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории Гербарий, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6700-1118>

E-mail: [Artemov\\_I@mail.ru](mailto:Artemov_I@mail.ru)

**For citation:** Artemov IA. Using marginal species localities for the revision of the western boundary of the Altai-Yenisei floristic Province. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2021;55:6-18. doi: 10.17223/19988591/55/1 In Russian, English Summary

**Igor' A. Artemov**

*Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

**Using marginal species localities for the revision of the western boundary of the Altai-Yenisei floristic Province**

Floristic regionalization is a necessary stage of the investigation of plant taxa distribution. The result of floristic regionalization is a scheme of geographic units (phytochoria), which differ by composition and structure of their floras. There are several approaches to distinguish phytochoria and their boundaries: by geographical features of the investigated territory; by vegetation and taking into account the relief of the territory; by endemic taxa; by comparing the floras of the key territories; by concentration of range boundaries and by lines of the range boundaries coincidence. For drawing phytochoria boundaries, this paper proposes to use the westernmost and the easternmost species localities on dot distribution maps and clusters of these localities rather than ranges and concentrations of range boundaries. The research specifies the western boundary of the Altai-Yenisei floristic Province (WbAYP).

Published dot distribution maps of 2569 vascular plant species and subspecies of Siberian flora were used to reveal marginal western and eastern localities. They were geocoded by means of Geographic Information System ArcView GIS 3.2a (registration number is 843181116338) and the module ArcView Spatial Analyst 2.0a (registration number is 849601104159). The coordinates of geocoded localities and supplementary data (taxon name, numbers of map and locality) were entered into the Localities Database tables in MS Access (DBLoc). The total number of entries in the database tables was 169854. The marginal western and eastern localities in the limits of 49°-62°N and 80°-100°E were selected for each species/subspecies from the DBLoc. The latitudinal extent of the frame corresponds to the latitudinal length of the WbAYP, and the longitudinal extent corresponds to the distance of approximately 10° to the west and to the east from the border. Selection of the marginal localities was made by means of computer programmes written by the author in the Visual Basic for Applications. At this stage, the Marginal Localities Database was made (DBMarLoc), which comprised data on 1654 dots. Then, for more detailed consideration of the southern, central and northern parts of the boundary, data corresponding to the localities from smaller overlapping frames along the boundary were selected (See Fig. 1). GIS NextGIS QGIS was used to visualize some floristic boundaries in Asiatic Russia. The R free software environment for statistical computing and graphics was used to visualize marginal localities inside the selected frames, as well as to test their patterns against Complete Spatial Randomness (CSR) hypothesis. CSR hypothesis was tested by  $\chi^2$  test (quadrat.test function in spatstat package in R).

**Southern part of WbAYP.** Testing CSR hypothesis for marginal localities in frame 1 (827 dots, a grid of 10×4 squares with side of 1°) (See Fig. 2) gives the  $p$ -value less than  $2.2e-16$ , that is less than 0.001 and allows us to reject the null hypothesis of complete spatial randomness of the distribution of dots in the frame. The deviation from the random distribution of marginal localities is manifested in their accumulation in the southwestern part of the frame, corresponding to the Altai Mountains. The dot cluster extends beyond the westernmost point of the Altai-Yenisei Province at 84°E. There, at the Tigerekskiy Ridge, there are the westernmost Siberian localities of *Schulzia crinita* (Pall.) Spreng., *Lloydia serotina* (L.) Rchb., *Salix vestita* Pursh, *Minuartia biflora* (L.) Schinz et Thell., *Smelowskia calycina* (Stephan) C.A. Mey., *Saxifraga terekensis* Bunge, *Sibbaldia procumbens* L., *Hedysarum theinum* Krasnob., and *Doronicum altaicum* Pall. Obviously, the Altai-Yenisei floristic Province should include the Western Altai Mountains of Altai Krai and the province boundary should be located more to the west than that drawn earlier.

**Central part of WbAYP.** Testing CSR hypothesis for marginal localities in frame 2 (52 dots, a grid of 6×4 squares with side of 1°) gives the  $p$ -value 0.045, that is less than 0.05 and does not allow us to accept the null hypothesis of complete spatial randomness of the distribution of dots in the frame. However, attention is drawn to the closeness of the  $p$ -value to the threshold level, the excess of which would allow accepting the random distribution of dots in the frame. Testing CSR hypothesis for marginal localities in frame 3 (128 dots, a grid of 4×6 squares with side of 1°) gives the  $p$ -value of  $6.237e-10$ , that is less than 0.001 and allows us to reject the null hypothesis of complete spatial randomness. The cluster of marginal localities in coordinates 52°-53°N and 89°-90°E corresponds to the Abakan Ridge and ridges of smaller scale at the junction of the Abakan Ridge and the Western Sayan Ridge at the southern part of the Republic of Khakassia. There, the marginal localities of *Aconitum biflorum* Fisch. ex DC., *Oxytropis kusnetzovii* Krylov et Steinb., and *Conioselinum longifolium* Turcz are found. The cluster of dots in coordinates 54°-56°N and 89°-91°E corresponds to the northern part of the Republic of Khakassia with its western boundary approximately along the meridian 89°E by the slopes of the Kuznetsk Alatau Ridge. The marginal western localities are found there of *Salix saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *Betula divaricata* Ledeb., *Veronica alpina* L. s. str. Apparently, WbAYP in its central part should be delineated approximately along the 89°E meridian.

**Northern part of WbAYP.** Testing CSR hypothesis for marginal localities in frame 4 (56 dots, a grid of 15×5 squares with side of 1°) gives the  $p$ -value of 0.11, that is more than 0.05 and allows us to accept the null hypothesis of complete dot spatial randomness in the frame. Comparatively small number of marginal dots and their random distribution does not allow us to outline floristic boundary by marginal localities in this region. Nevertheless it is noteworthy that some marginal localities tend to the Ob' and Yenisei Rivers and their tributaries. Apparently, the northern part of the WbAYP should be drawn according to the geographical principle by the Yenisei River, which flow among plain and mountain territories: the Yenisei and Ketsko-Tumskaya plains to the west of the river, the Yenisei Ridge and Zaangar Plateau to the east of it. For example, the marginal western localities of *Lilium pensylvanicum* Ker-Gawl., *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim. and *Chrysanthemum zawadskii* Herbrich subsp. *peleiolepis* (Trautv.) Zuev. are marked for specified meridional interval to the east of the Yenisei River.

*The paper contains 2 Figure and 27 References*

**Key words:** floristic regionalization; dot distribution maps; geocoding; Siberia; Asiatic Russia

**Funding:** The research was carried out within the framework of the state task for the project "Biological diversity of cryptogamous organisms and vascular plants of

Northern Asia and adjacent territories, their ecological and geographical features and monitoring” (AAAA-A21-121011290024-5).

**Acknowledgments:** The author is grateful to Aleksandra Egorova, Senior Engineer of the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, for helping with using GIS and to Natalia Makunina, Dr. Sci. (Biol.) and Olga Pisarenko, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researchers of the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, for the discussion of the paper.

*The Author declares no conflict of interest.*

### References

1. Komarov VL. Predislovie [Preface]. In: *Flora SSSR* [Flora of the USSR]. Vol. 1. II'in MM, editor of the volume. Leningrad: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR Publ.; 1934. pp. 1-12. In Russian
2. Gorchakovskiy PL, Nikonova NN, Famelis TV. Rastitel'nost' i botaniko-geograficheskoe delenie territorii [Vegetation and botanical and geographical division of the territory] In: *Opredelitel' sosudistykh rasteniy Srednego Urala* [Plant identification guide of the Middle Urals]. Gorchakovskiy PL, editor. Moscow: Nauka Publ.; 1994. pp. 6-12. In Russian
3. *Opredelitel' rasteniy Respubliki Tyvy* [Plant identification guide of the Tyva Republic]. Shaulo DN, editor. Novosibirsk: SO RAN Publ.; 2007. 706 p. In Russian
4. Takhtajan A. Floristic Regions of the World. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press; 1986. 522 p.
5. Liu Z-W, Peng H. Notes on the key role of stenochoric endemic plants in the floristic regionalization of Yunnan. *Plant Diversity*. 2016;38(6):289-294. doi: [10.1016/j.pld.2016.11.011](https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.11.011)
6. Revushkin AS. Vysokogornaya flora Altaya [High mountain flora of the Altai]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 1988. 320 p. In Russian
7. Malyshev LI, Baikov KS, Doronkin VM. Floristic division of Asiatic Russia on the basis of quantitative data. *Krylovia*. 2000;2(1):3-16. In Russian, English Summary
8. Born J, Linder HP, Desmet P. The Greater Cape Floristic Region. *Journal of Biogeography*. 2007;34(1):147-162. doi: [10.1111/j.1365-2699.2006.01595.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01595.x)
9. Bannister JR, Vidal OJ, Teneb E, Sandoval V. Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. *Austral Ecology*. 2012;37(4):500-509. doi: [10.1111/j.1442-9993.2011.02312.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02312.x)
10. Jung S, Cho Y-C. Redefining floristic zones in the Korean Peninsula using high-resolution georeferenced specimen data and self-organizing maps. *Ecology and Evolution*. 2020;10(20):11549-11564. doi: [10.1002/ece3.6790](https://doi.org/10.1002/ece3.6790)
11. Bubyreva VA. Floristic regions in the northern slope of the Russian plain as established by area borders' concentration. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Biology*. 2004;3(1):35-68. In Russian
12. Baranova OG. Preliminary floristic zoning of the Udmurt Republic. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2016;(26)2:27-34. In Russian, English Summary
13. Razumovskiy SM. O granitsakh arealov i floristicheskikh liniyakh [On the boundaries of ranges and floristic lines]. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada = Bulletin Main Botanical Garden*. 1969;72:20-28. In Russian
14. Razumovskiy SM. Floristicheskoe rayonirovanie po klyuchevym mestnostyam [Floristic regionalization by key territories]. In: *Razumovskiy SM. Trudy po ekologii i biogeografii (polnoe sobranie sochineniy)* [Works on ecology and biogeography (the complete works)]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.; 2011. pp. 482-483. In Russian
15. Revushkin AS. Materialy k floristicheskomu rayonirovaniyu Altae-Sayanskoy provintsii [Materials on floristic regionalization of the Altai-Sayan Floristic Province]. In: *Flora,*

- rastitel'nost' i rastitel'nye resursy Sibiri* [Flora, vegetation and plant resources of Siberia]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 1987. pp. 32-46. In Russian
16. *Conspectus florum Rossiae Asiaticae: plantae vasculares*. Baikov KS, editor. Novosibirsk: SB RAS Publ. House; 2012. 640 p. In Russian
  17. Tolmachev AI. Osnovy ucheniya ob arealakh (Vvedenie v khorologiyu rasteniy) [Basics of knowledge on ranges (foreword to plant chorology)]. Leningrad: Leningrad State University Publ.; 1962. 100 p. In Russian
  18. Burgman MA, Fox JC. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. *Animal Conservation*. 2003;6:19-28. doi: [10.1017/S1367943003003044](https://doi.org/10.1017/S1367943003003044)
  19. *Flora Sibiriae*. Vol. 1-13. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1987-1997. In Russian
  20. Artemov I, Egorova A. Locations of plants on dot distribution maps in the Flora of Siberia (Flora Sibiraea, 1987-1997). Version 1.2. Central Siberian Botanical Garden SB RAS. Occurrence dataset; 2021. doi: [10.15468/jb84wg](https://doi.org/10.15468/jb84wg)
  21. Kharitonova I, Vol'man N. Programmirovaniye v Access 2002: uchebnyy kurs [Programming in Access 2002: study course]. Saint-Petersburg: Piter Publ.; 2003. 480 p. In Russian
  22. Gunderloy M, Harkins SS. Automating Microsoft Access with VBA. Indianapolis: Que Publ.; 2004. 384 p.
  23. *R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; 2020*. Available at: <https://www.R-project.org/> (accessed: 12.01.2021)
  24. Savel'ev AA, Mukharamova SS, Chizhikova NA, Pilyugin AG. Teoriya prostranstvennykh tochechnykh protsessov v zadachakh ekologii i prirodopol'zovaniya (s primeneniem paketa R): uchebnoe posobie [The theory of spatial point processes in questions of ecology and environmental management (using the R package): textbook]. Kazan: Kazan University Publ.; 2014. 146 p. In Russian
  25. *Opredelitel' rasteniy Altayskogo kraya* [Plant identification guide of Altai Krai]. Krasnoborov IM, editor. Novosibirsk: SO RAN Publ., Branch Office "Geo"; 2003. 634 p. In Russian
  26. Krylov PN. Ocherk rastitel'nosti Sibiri [Essay on vegetation in Siberia]. Tomsk; 1919. 24 p. In Russian
  27. Lashchinskiy NN, Lashchinskaya NV. Vysshie sosudistye rasteniya [Higher vascular plants]. In: *Flora Salairskogo kryazha* [Flora of the Salair Ridge]. Lashchinskiy NN, editor. Novosibirsk: "Geo" Publ.; 2007. pp. 155-251.

*Received 19 March, 2021; Revised 06 July, 2021;  
Accepted 27 July 2021; Published 29 September, 2021.*

**Author info:**

**Artemov Igor' A**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Herbarium Laboratory, Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 101 Zolotodolinskaya Str., Novosibirsk 630090, Russian Federation.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6700-1118>

E-mail: [Artemov\\_I@mail.ru](mailto:Artemov_I@mail.ru)