

*Д.В. Черных***Анализ сходства ландшафтных структур физико-географических провинций Русского Алтая***D.V. Chernykh***Analysis of Similarity of Landscape Structures in Physiographic Provinces of the Russian Altai**

Проведено сравнение сходства ландшафтных структур физико-географических провинций Русского Алтая на уровне видов ландшафтов. На основе матрицы пересечений рассчитаны меры включения и меры сходства по индексам Сьеренсена и Жаккара. Данные меры широко используются в сравнительной флористике и геоботанике, но реже в ландшафтных исследованиях.

**Ключевые слова:** Русский Алтай, физико-географическая провинция, ландшафтные метрики, меры сходства, меры включения.

В 2011 г. издана ландшафтная карта Русского Алтая [1], при работе над легендой которой мы использовали регионально-типологический подход. Регионально-типологический подход был применен В. Б. Сочавой [2] при разработке категорий двухрядной классификации геосистем и затем последовательно развивался в работах его школы [3–5; и др.]. Данный подход позволяет проводить сопоставление геохор высокого (преимущественно регионального) ранга, выделяемых по индивидуальным признакам, с геомерами более низкого (преимущественно топологического) ранга, выделяемыми по типологическому признаку [6].

Считается, что определенная связь между таксонами типологической систематики и физико-географического районирования заложена в так называемых узловых геосистемах [7]. На наш взгляд, в горах понятию узловой геосистемы в полной мере отвечает ранг физико-географических провинций, выделяемых на основе анализа спектров высотной поясности [8]. Исходя из этого виды ландшафтов, основные единицы картографирования на ландшафтной карте Русского Алтая, классификационно замыкаются на физико-географических провинциях.

Для того чтобы при регионально-типологической классификации максимально реализовать «диапазон признаково-аналитических характеристик» [4], были установлены особенности провинциальных ландшафтов-аналогов в пределах всего ареала их развития, а в пределах территории картографирования выделено 266 видов ландшафтов, отнесенных к 7 физико-географическим провинциям (ПА — Предалтайская;

A comparison of similarity of landscape structures in physiographic provinces of the Russian Altai was made on the background of landscape types. Based on the intersection matrix, the measures of similarity and inclusion were calculated with the Sorensen and Jaccard indices. These measures are widely used in the comparative floristics and geobotanics, but less often in landscape studies.

**Key words:** Russian Altai, physical-geographical province, landscape metrics, measure of similarity, measures of inclusion.

СЗА — Северо-Западная Алтайская; СА — Северная Алтайская; СВА — Северо-Восточная Алтайская; ЦА — Центральноалтайская; ВА — Восточная Алтайская; ЮВА — Юго-Восточная Алтайская).

В ландшафтных исследованиях используется широкий арсенал метрик, позволяющих оценить и сравнить сложность, разнообразие и другие характеристики ландшафтных структур. Дополнительно к этому нами был проведен сравнительный анализ сходства провинциальных ландшафтных структур Русского Алтая.

Меры сходства и различия, включения и невключения давно и широко используются в сравнительной флористике и геоботанике для классификации и ординации флор и сообществ, а также в исследованиях их структурной организации [9–12; и др.]. Коэффициентов, которые находят широкое применение при оценках сходства, существует несколько. При этом каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Все коэффициенты сходства прямо или косвенно включают в себя число таксонов в сравниваемых списках.

В ландшафтных исследованиях работы подобного рода хоть и имеют меньшее применение, но также используются [13; 14]. Сравнение сходства ландшафтных структур может преследовать несколько целей. В первую очередь это определение реальности обособления провинций, подтверждение или опровержение результатов других подходов, примененных при их обособлении. Например, ранее появлялись работы, авторы которых считают возможным использовать меры сходства для вычисления геосистем регионального уровня [15–17].

Нами проведено сравнение сходства ландшафтных структур физико-географических провинций Русского Алтая на уровне видов ландшафтов. Как уже было отмечено, при использовании регионально-типологической классификации сравнение провинций на уровне видов ландшафтов несет в себе некоторые ограничения, ибо провинциальные ландшафты-аналоги не являются абсолютно идентичными, как это имеет место в случае с биологическими видами. Тем не менее доведенные до уровня вида ландшафтов критерии типизации позволяют, с некоторыми ограничениями, рассматривать провинциальные ландшафты-аналоги в качестве однородных таксонов.

В таблице 1 в виде матрицы пересечений показано количество общих видов ландшафтов (ландшафтов-аналогов) для каждой пары физико-географических провинций Русского Алтая. Диагональ матрицы пересечений содержит числовые значения количества видов ландшафтов в пределах провинций.

Несимметричные меры, названные мерами включения, были предложены Б. И. Сёмкиным [18]. Им впервые введена аксиома «включения», определяющая максимальные значения меры включения при полном включении одного множества в другое. Их представление в виде ориентированных графов (графов включения) использовано при исследовании структурной организации растительного покрова [19].

Рассчитаем матрицу мер включения (табл. 2) по матрице мер пересечений (табл. 1). Для этого необходимо каждый элемент строки матрицы пересечений разделить на соответствующий диагональный элемент, а результат выразить в процентах. В левом углу матрицы включения приводится стрелка, указывающая направление включения [11].

Наиболее известный способ представления матрицы включения основан на идее дендрограммы, или диаграммы дерева (см. рис. 1).

Таблица 1

Матрица числа общих видов ландшафтов-аналогов (матрица пересечений) для каждой пары физико-географических провинций Русского Алтая

	ПА	СЗА	СА	СВА	ЦА	ВА	ЮВА
ПА	<b>19</b>	1	1	1	1	1	2
СЗА	1	<b>47</b>	22	24	29	18	7
СА	1	22	<b>26</b>	10	14	8	1
СВА	1	24	10	<b>31</b>	21	15	4
ЦА	1	29	14	21	<b>67</b>	23	18
ВА	1	18	8	15	23	<b>31</b>	12
ЮВА	2	7	1	4	18	12	<b>45</b>

Таблица 2

Матрица мер включения (%) для физико-географических провинций Русского Алтая, рассчитанная на основе матрицы пересечений

	ПА	СЗА	СА	СВА	ЦА	ВА	ЮВА
ПА	<b>100</b>	5	5	5	5	5	10
СЗА	2	<b>100</b>	47	51	62	38	15
СА	4	85	<b>100</b>	38	54	31	4
СВА	3	77	32	<b>100</b>	68	48	13
ЦА	1	43	21	31	<b>100</b>	34	27
ВА	3	58	26	48	74	<b>100</b>	39
ЮВА	4	16	2	9	40	27	<b>100</b>

При пороге  $\geq 70\%$  видим, что наиболее сильные ландшафтные связи обнаруживаются между двумя группами провинций Русского Алтая и имеют они субширотное простирание. С одной стороны, это северная периферия, состоящая из трех провинций и примыкающая с юга к фасу Алтая. Причем здесь СА и СВА провинции включаются в СЗА провин-

цию. С другой стороны, сильные ландшафтные связи наблюдаются между срединной частью Русского Алтая и проявляются во включении ландшафтов ВА в ЦА. При этом в обоих случаях наиболее сильными представляются западные отрезки горной области. В целом относительно низкие связи при пороге  $\geq 70\%$  характеризуют единство всех, без исключения, про-

винций, хотя и поднимают хорошо известные вопросы о самостоятельности СА и ВА провинций.

При рассмотрении более слабых ландшафтных связей (при пороге  $\geq 60\%$  и далее при  $\geq 50\%$ ) устанавливаются связи между северной периферией и центральной частью Русского Алтая. При этом выявляется наиболее сильная интегрирующая роль ЦА провинции, включение в которую при пороге  $\geq 50\%$  наблюдается у четырех провинций — СЗА, СА, СВА и ВА.

На уровне порога  $\geq 40\%$  закрепляются обозначенные выше тенденции. Так, наблюдается включение в ЦА ЮВА провинции и устанавливаются связи между СВА и ВА провинциями. Отсутствие значимых связей ПА провинции с другими провинциями Алтая говорит о высокой самостоятельности ее ландшафтной структуры, являющейся следствием экотонного положения на стыке горных и равнинных территорий.

Для вычисления сходства по качественным признакам (наличию общих видов ландшафтов (ландшафтов-аналогов)) использовались коэффициенты Сьеренсена и Жаккара (табл. 3).

Коэффициент Сьеренсена, или среднее гармоническое двух мер включения [11], рассчитывался по формуле

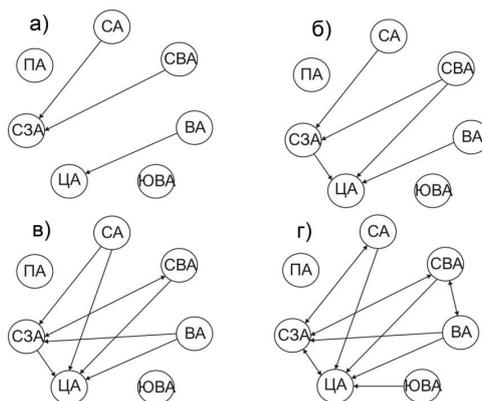
$$Ks = \frac{2c}{a+b},$$

где  $c$  — число общих видов ландшафтов двух сравниваемых провинций;  $a$  — число видов ландшафтов, принадлежащих только первой провинции;  $b$  — число видов ландшафтов, принадлежащих только второй провинции.

Коэффициент Жаккара, значения которого колеблются в диапазоне от 0 до 1, причем 1 означает полное сходство, характеризуется следующей формулой:

$$Kj = \frac{c}{a+b-c}$$

где  $a$  — количество видов в первой провинции;  $b$  — количество видов второй провинции;  $c$  — число общих видов ландшафтов двух сравниваемых провинций.



Графы включения-сходства ландшафтных структур физико-географических провинций Русского Алтая: а — при пороге  $\geq 70\%$ ; б — при пороге  $\geq 60\%$ ; в — при пороге  $\geq 50\%$ ; г — при пороге  $\geq 40\%$

Таблица 3

Матрица мер сходства физико-географических провинций Русского Алтая, рассчитанная на основе матрицы пересечений по индексам Сьеренсена (в числителе) и Жаккара (в знаменателе)

	ПА	СЗА	СА	СВА	ЦА	ВА	ЮВА
ПА	—	0,03 0,02	0,05 0,02	0,04 0,02	0,02 0,01	0,04 0,02	0,06 0,03
СЗА	0,03 0,02	—	1,51 0,43	1,60 0,44	1,04 0,34	0,86 0,30	0,18 0,08
СА	0,05 0,02	1,51 0,43	—	0,54 0,21	0,43 0,18	0,39 0,16	0,03 0,01
СВА	0,04 0,02	1,60 0,44	0,54 0,21	—	0,75 0,27	0,93 0,32	0,12 0,06
ЦА	0,02 0,01	1,04 0,34	0,43 0,18	0,75 0,27	—	0,88 0,31	0,47 0,19
ВА	0,04 0,02	0,86 0,30	0,39 0,16	0,93 0,32	0,88 0,31	—	0,46 0,19
ЮВА	0,06 0,03	0,18 0,08	0,03 0,01	0,12 0,06	0,47 0,19	0,46 0,19	—

Результаты расчетов с использованием обоих коэффициентов дают близкие результаты. Максимальное сходство характерно для физико-географических провинций северного макросклона Русского Алтая — СЗА, СА и СВА, что обусловлено их периферическим положением, барьерным эффектом и близкими абсолютными высотами хребтов. При этом сходство между ландшафтными структурами СЗА и СВА провинций выше, чем сходство этих провинций с разделяющей их СА провинцией.

Таким образом, подтверждается правомочность выделения последней как самостоятельной региональной единицы, что подвергается сомнению на некоторых схемах районирования этой территории. ПА провинция характеризуется низкими показателями сходства со всеми другими провинциями, что является следствием ее положения на границе контрастных равнинных и горных сред. Минимальное сходство ландшафтных структур отмечается между ПА и ЦА провинциями.

### Библиографический список

1. Черных Д. В., Самойлова Г. С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край) : карта. — 1 : 500000. — Новосибирск, 2011.
2. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск, 1978.
3. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. — Новосибирск, 1979.
4. Михеев В. С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. — Новосибирск, 1987.
5. Снытко В. А., Семёнов Ю. М. Опыт сопряженного картографирования геоморфов и геохор // География и природные ресурсы. — 1981. — № 4.
6. Абалаков А. Д., Седых С. А. Изучение и картографирование геосистем на основе регионально-типологического подхода. — Новосибирск, 2010.
7. Коновалова Т. И. Геосистемное картографирование. — Новосибирск, 2010.
8. Гвоздецкий Н. А. Ландшафтная карта и схема физико-географического районирования Закавказья // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. — М., 1972.
9. Юрцев Б. А., Семкин Б. И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. журнал. — 1980. — Т. 65, № 12.
10. Андреев В. Л. Классификационные построения в экологии и систематике. — М., 1980.
11. Семкин Б. И. О связи между средними значениями двух мер включения и мерами сходства // Бюл. Ботанического сада-института ДВО РАН. — 2009. — Вып. 3.
12. Осипов С. В. Изучение строения растительного покрова на основе сравнения соседних участков // Бот. журнал. — 1992. — Т. 77, № 8.
13. Коломыц Э. Г. Теоретико-множественное моделирование высокогорных экосистем // Тр. Высокотгор. геофиз. ин-та. — 1984. — Вып. 52.
14. Цепкова Н. Л. Моделирование пространственной организации субальпийских лугов (на примере Центрального Кавказа) // География и природные ресурсы. — 2009. — № 4.
15. Ивашутина Л. И., Николаев В. А. Картографо-математический подход к физико-географическому районированию на ландшафтной основе // Вестник МГУ. Серия V «География». — 1973. — № 2.
16. Раковская Э. М., Топчиев А. Г. Анализ позиционного сходства природных комплексов — элементов ландшафтной структуры // Изв. ВГО. — 1982. — Т. 114, вып. 4.
17. Викторов А. С. Рисунок ландшафта. — М., 1986.
18. Семкин Б. И. Дескриптивные множества и их приложения // Исследование систем. Т. 1 : Анализ сложных систем. — Владивосток, 1973.
19. Семкин Б. И., Орешко А. П., Горшков М. В. Об использовании биоинформационных технологий в сравнительной флористике. II. Меры включения дескриптивных множеств и их использование // Бюл. Ботанического сада-института ДВО РАН. — 2009. — Вып. 4.