

## ВОПРОСЫ МЕТОДОВ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

УДК 591.9 (4-013)

DOI: 10.15372/GIPR20230510

**Ю.С. РАВКИН, И.П. КОКОРИНА, И.Н. БОГОМОЛОВА**Институт систематики и экологии животных СО РАН,  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, Россия, Yravkin@bk.ru, irina@kokorina21.ru, i3335907@mail.ru

### ОРНИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПО ЛЕТНЕМУ НАСЕЛЕНИЮ ПТИЦ

*Рассмотрена территориальная неоднородность населения птиц Северной Евразии в границах СССР на 1990 г. Обсуждается опыт районирования как один из способов обобщения зоогеографической информации, метод ее анализа и разработки основы для картографирования. По результатам кластерного анализа обширного материала выявлены тренды неоднородности орнитокомплексов и определяющие их природно-географические режимы, т. е. пространственно-типологическая структура и организация населения птиц, оценена сила и общность связи изменчивости среды и сообществ птиц в первой половине лета. С помощью линейной качественной аппроксимации матриц сходства (одного из методов регрессионного анализа) рассчитана интегральная информативность полученных представлений (снятая классификацией и структурой дисперсия матрицы сходства и множественный коэффициент их корреляции). Эти показатели характеризуют существенность полноты объяснения территориальных различий населения птиц. Составлена карта сообществ птиц исследованной территории. Результаты исследования имеют не только познавательный интерес, но и прикладное значение. Они могут быть использованы в природоохранных целях и в процессе преподавания географических и биологических дисциплин. Используемые статистические программы разработаны сравнительно недавно специально для анализа данных по территориальной неоднородности животного населения. Они хорошо апробированы и показали высокую степень корректности и надежности при обработке материала по наземным и водным беспозвоночным и позвоночным, а также по лишайникам, грибам и цветковым растениям. Все карты, графы, оценки их информативности выполнены для исследуемой территории впервые.*

**Ключевые слова:** орнитокомплексы, кластерный анализ, среда, информативность представлений, факторная аппроксимация.

**Yu.S. RAVKIN, I.P. KOKORINA, I.N. BOGOMOLOVA**Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
630091, Novosibirsk, ul. Frunze, 11, Russia, Yravkin@bk.ru, irina@kokorina21.ru, i3335907@mail.ru

### ORNITHOGEOGRAPHICAL ZONING OF NORTHERN EURASIA FROM THE SUMMER ASSEMBLAGE OF BIRDS

*We examine the problem of the territorial heterogeneity of bird assemblage in Northern Eurasia within the USSR borders as of 1990. The experience of zoning was discussed as one of the ways to generalize zoogeographic information, a method for its analysis and development of the basis for mapping. Based on cluster analysis results of extensive material, trends in the bird assemblage heterogeneity and the natural-geographical regimes that determine them, that is, the spatial-typological structure and organization of ornithocomplexes, were identified, and the strength and commonality of the relationship between the variability of the environment and bird communities in the first half of summer was assessed. Using a linear qualitative approximation of the similarity matrices (one of the regression analysis methods), the integral information content of the resulting representations was calculated (dispersion of the similarity matrix which is removed by classification and structure, and the multiple coefficient of their correlation). These indicators characterize the significance of the completeness of the explanation of the bird assemblage territo-*

*rial differences. A bird assemblage map of the study area was compiled. The results of the study are not only of cognitive interest, but also of practical importance. They can be used for environmental purposes and in the process of teaching geographical and biological disciplines. The statistical programs used were developed relatively recently specifically for the analysis of data on the animal assemblage territorial heterogeneity. They have been well tested, showing a high degree of correctness and reliability in the processing of material on terrestrial and aquatic invertebrates and vertebrates as well as on lichens, fungi, and flowering plants. The maps, graphs and assessments of their information content were all made for the study area for the first time.*

**Keywords:** *ornithocomplexes, cluster analysis, environment, informativity of representations, factori approximation.*

## ВВЕДЕНИЕ

Районирование животного мира обычно проводят экспертно (умозрительно) и, как правило, на фаунистической основе, т. е. по спискам встреченных видов. С учетом численности животных такие исследования вели на ограниченных площадях, что обусловлено высокой трудоемкостью проведения подобных работ. Большая часть реализаций такого плана касается населения птиц, традиционно привлекающих внимание как профессиональных зоологов, так и любителей в силу своей заметности, хорошей изученности и доступности для наблюдений, а также возможности сочетать изучение птиц с элементами туризма и рекреации. К тому же Россия издавна служила полигоном для подобных работ из-за своих необъятных просторов и связанной с этим «географичностью» системы ценностей россиян. В итоге в нашем распоряжении оказались результаты орнитологических учетов более чем за 50 лет, начиная с 1880 г., но в основном за период с 1960 по 2019 г. Выполнению таких исследований способствовала также традиция публикации собранных материалов, а в последние годы — создание банков данных, особенно по орнитофауне. Это позволило сопоставить информативность работ с использованием результатов учета птиц и только констатации присутствия тех или иных видов на конкретных территориях [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Районирование, как известно, — один из способов обобщения географической информации [2, 3]. При решении таких задач нередко используют методы кластерного анализа (автоматической классификации). С увеличением объема обрабатываемой информации возрастают трудности с разрешающей способностью программного обеспечения и интерпретацией результатов из-за значительного количества переходных вариантов и данных, выпадающих из естественных трендов. Одним из методов решения этих проблем может стать анализ выборки по частям. Подсовокупности для анализа лучше подбирать с помощью генератора случайных чисел. Анализ подвыборок позволяет оценить ошибки выборочности и достоверность получаемых результатов.

Наше исследование касается географической изменчивости летнего населения птиц Северной Евразии в границах СССР на 1990 г. Материалы, собранные с 1880 по 2019 г., взяты в Банке данных Института систематики и экологии животных СО РАН [4]. Большая часть их опубликована, и список публикаций приведен в [5]. Использованные материалы усреднены за первую половину лета (в тундровой зоне — с середины июня до конца июля; в лесотундре — с начала или середины июня, в северной тайге — с 1 июня, южнее — с середины мая до 15 июля для всех зон, кроме тундр). Всего расчеты проведены по 8144 вариантам населения (без морских орнитокомплексов и птичьих базаров). Часть участков обследована в течение ряда лет. Для уменьшения объема анализируемых данных многолетние материалы по одним и тем же ландшафтным урочищам усреднены. В результате осталось 5812 вариантов, из них с помощью генератора случайных чисел отобрана только 1000. По ним рассчитаны коэффициенты сходства Жаккара для количественных признаков. На этой матрице выполнена факторная классификация [6]. После этого все пробы, не использованные в кластерном анализе, разнесены по таксонам в соответствии с ландшафтным сходством мест, где эти данные собраны.

Структурные графы по орнитокомплексам построены по методу [7]. Вычисления выполнены в основном с помощью пакетов PAST4 [8] и JACOBI 4 [9]. После формализованной классификации разработана концепция неоднородности орнитокомплексов, в соответствии с которой проведена идеализация разбиения. Оценка силы и общности связей, выявленных при интерпретации результатов кластерного анализа, рассчитана с помощью линейной качественной аппроксимации матриц сходства (одного из методов регрессионного анализа). Информативность связи с выявленными факторами и их сочетаниями (природно-географическими режимами) считали по подборке в 1000 проб. Значения связи по каждому фактору (режиму) по остальным подборкам из оставшихся проб можно усреднить.

Средние значения лучше соответствуют действительности, хотя они отличаются друг от друга незначительно. По ним возможен расчет статистической ошибки оценок. Все использованные методы сбора и обработки данных подробно описаны ранее [10], поэтому здесь они только перечислены. Названия видов птиц даны по «Каталогу птиц СССР» с некоторыми дополнениями [11].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Горизонтальные ряды в итоговой классификации населения птиц Северной Евразии за первую половину лета отражают влияние региональности (особенности среды по физико-географическим странам [12]), а вертикальные — воздействие типа растительности (см. таблицу). В первый (Северо-Западный) регион (район) вошли территории европейской части бывшего СССР, а также Урал, Передняя Азия и Западная Сибирь с прилегающими островами. Второй район (Срединный сибирский) включает Среднюю и Северо-Восточную Сибирь. Третий (Северо-Восточный) — Северо-Притихоокеанскую страну. Четвертый (Юго-Восточный) регион — это Амуро-Сахалинская страна, Даурия, Прибайкалье и Забайкалье. Все регионы со второго по четвертый тоже охватывают прибрежные острова. Последний, пятый (Юго-Западный) регион включает территории Средней и Центральной Азии. Совокупность рядов в таблице образует ретикулярную классификацию [13].

Региональное деление имеет более общий и, как правило, хорологический характер в пространстве, в то время как типы растительности демонстрируют более частное, прерывистое и типологическое размещение. Поэтому для районирования выбрано региональное деление по группам физико-географических стран (рис. 1). Каждый из районов разделен на восемь типов населения птиц, сформированных на основе сходства локальных условий среды, по группам ландшафтных урочищ. Структурный граф сходства летнего населения птиц выделенных регионов в общем имеет форму прямоугольника из-за близкого сходства всех орнитокомплексов, кроме Юго-Западного района (рис. 2). Свообразны орнитокомплексы Средней и Центральной Азии. Показатели плотности населения птиц, числа фоновых видов и доли синантропов свмые высокие в западных районах, что связано с максимальной плотностью проживающего там населения и, соответственно, с количеством антропогенных кормов.

Самая низкая плотность населения птиц свойственна Срединному сибирскому региону с наиболее континентальным климатом, а число фоновых видов — Северо-Восточному. Последнее, возможно, связано с тем, что он занимает минимальную площадь в сравнении с другими районами, а в Срединном регионе — со значительной долей северных континентальных территорий с обедненными орнитокомплексами. Типичными видами следует считать: на северо-западе — зяблика, в Срединном сибирском регионе — овсянку-крошку, на северо-востоке — желтую трясогузку, на юго-востоке — седоголовую овсянку, а в Средней и Центральной Азии — индийского воробья.

По типам населения птиц граф отчасти, как и классификация в целом, тоже ретикулярен (рис. 3). Левый ряд графа представлен тремя зональными типами — равнинно-тундровым (тип населения 1), редколесно-лесным (3) и открытыми суходолами, кроме тундровых (6). Эти типы образуют ряд с севера на юг. Правый ряд состоит из отклоняющихся от зональных вариантов населения птиц гольцов (тип населения 2), открытых низинных и переходных болот (5) и верховых болот (4). Отличия от основного (левого) ряда связаны с влиянием абсолютных высот местности и заболоченности при разной трофности. Отклонения от этой двухрядной классификации обусловлены застроенностью территории (тип населения 7) и водностью (население рек и материковых водоемов — тип 8). Эти основные тренды в неоднородности орнитокомплексов коррелируют и, несомненно, определяются зональным и высотным типами растительности, заболоченностью при различной трофности болот, а также водностью и застроенностью территории.

Связь неоднородности населения птиц с типом растительности составляет 20 % дисперсии матрицы сходства 1000 отобранных проб, региональности — 6 %. Кроме того, посчитана связь изменчивости орнитокомплексов с континуальностью среды и взаимопроникновением птиц в соседние сообщества. Сила связи с этим явлением равна примерно 5 % дисперсии. Всеми тремя режимами (неразделимыми сочетаниями факторов) можно объяснить 31 % дисперсии матрицы сходства 1000 подобранных вариантов населения птиц. Таким образом, множественный коэффициент корреляции территориальной изменчивости среды и орнитокомплексов равен 0,56.

Возможности обсуждения нашей статьи ограничены, поскольку о подобных работах нам неизвестно. Имеющиеся публикации по животному населению выполнены, как правило, на растровой основе, поэтому оценки возможны лишь в плане деления на ландшафтные зоны и пояса, но только

Ретикулярная классификация летнего населения птиц Северной Евразии с указанием лидеров и плотности населения, в количестве особей/км<sup>2</sup> и числа фоновых видов

Регион	Тип растительности							
	1. Равнинные тундры и тундровые луга	2. Гольцы	3. Леса и редколесья, облесенные низинные и переходные болота	4. Верховые болота	5. Открытые низинные и переходные болота, мари	6. Открытые незаболоченные местообитания, кроме тундровых	7. Города и поселки	8. Реки и материковые водоемы
1. Северо-западный (европейская часть, Урал, Западная Сибирь, Передняя Азия)	Лапландский подорожник, желтая трясогузка, краснозобый конек, 310/40	Горный конек, varaкушка, луговой конек, 142/31	Зяблик, пухляк, теньковка, 549/9	Лесной конек, желтая трясогузка, весничка, 202/43	Желтая и желтоголовая трясогузка, барсучок, 511/90	Полевой жаворонок, желтая трясогузка, скворец, 430/83	Домовый и полевой воробей, сизый голубь, 1401/66	Береговая ласточка, лысуха, кряква, 286/40
2. Срединный сибирский (Средняя и Северо-Восточная Сибирь)	Лапландский подорожник, турухтан, плосконосый плавунчик, 166/34	Лапландский подорожник, камнешарка, пуночка, 136/16	Овсянка-крошка, зарничка, чечетка, 286/62	Варакушка, весничка, овсянка-крошка, 298/17	Буряя пеночка, овсянка-крошка, дубровник, 306/64	Полевой воробей, серебристая чайка, полевая ласточка, желтый жаворонок, 433/59	Домовый воробей, сизый голубь, белопопаянский стриж, 744/31	Серебристая чайка, береговая ласточка, речная крачка, 110/24
3. Северо-Восточный (Северо-Притихоокеанская страна)	Лапландский подорожник, желтая трясогузка, чернозобик, 144/22	Желтая трясогузка, тундряная чечетка, лапландский подорожник, 295/35	Овсянка-ремез, таловка, чечевича, 432/47	?	Желтая трясогузка, сибирский конек, чернозобик, 241/19	Желтая трясогузка, краснозобый конек, лапландский подорожник, 344/27	Камчатская трясогузка, полевой воробей, охотский сверчок, 263/20	Глушыш, мөөв-ка, тихоокеанская морская чайка, 80/14
4. Юго-Восточный (от Прибайкалья до Сахалина)	—	Горный конек, альпийская завирушка, буряя пеночка, 35/10	Седоловая овсянка, пухляк, корольковая пеночка, 325/62	?	Дубровник, желтоголовая и зеленоголовая трясогузка, 147/30	Чернобровая камышевка, полевая жаворонок, седоловая овсянка, 295/58	Полевой и полевой воробей, сизый голубь, 700/45	Серебристая чайка, кряква, чернохвостая чайка, 86/24
5. Юго-Западный (Средняя и Центральная Азия)	—	Кеклик, гималайский вьюрок, чечевича, 160/31	Бормотушка, бледная перелидийский воробей, 964/100	—	Деревенская ласточка, хохлатый жаворонок, чирок-трескун, 214/28	Индийский воробей, хохлатый жаворонок, сизый голубь, 589/93	Домовый и полевой воробей, рогацкий жаворонок, 1984/78	Малый зуек, горная и маскированная кированная трясогузка, 1574/32

Примечания. 1. Прочерком обозначено отсутствие на указанной территории соответствующего типа растительности, вопросительным знаком помечены не обследованные типы растительности. 2. Все показатели рассчитаны без учета соотношения площадей, занимаемых местообитаниями.



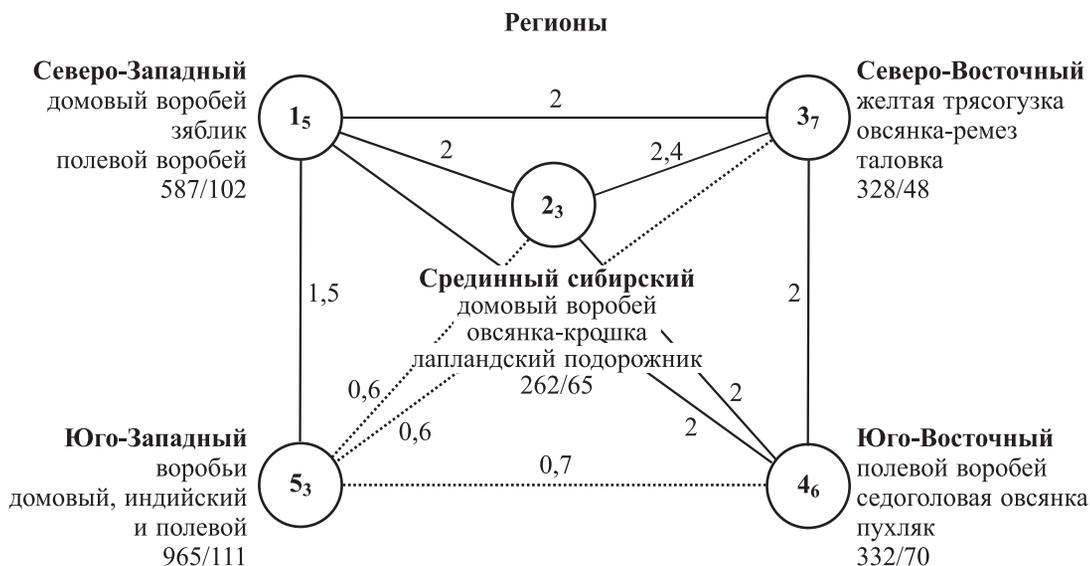


Рис. 2. Региональная структура населения птиц Северной Евразии в первой половине лета (условные обозначения к рис. 2 и 3).

Номера регионов 1–5 — см. таблицу, индекс возле номера региона (типа населения) показывает среднее сходство вошедших в него вариантов населения птиц. Сходство их по регионам (типам) показано у линиям, обозначающих связи между ними. Значимое сходство отображено сплошной линией, штриховой — дополнительная информация; стрелки направлены в сторону усиления влияния фактора среды, коррелирующего с трендом. Нулевым значением обозначено сходство в таксоне, представленном одним вариантом. Рядом с названием региона (типа населения) приведены лидеры, через косую черту показаны плотность населения (особей на 1 км<sup>2</sup>) и число фоновых видов, обилие которых больше или равно 1 особь/км<sup>2</sup>.

в относительно грубом приближении из-за значительной площади квадратов при сборе данных. Ряд других исследований проведен без учета численности животных, т. е. только по фауне, а если и с использованием информации по обилию, то на меньших площадях или в отдельных регионах. Анализ орнитофауны был проведен неоднократно. В последние десятилетия орнитологами существенно уточнены ареалы многих видов, поэтому для сравнения с настоящей работой может быть использована лишь наша публикация [1]. Сопоставление показало значительное сходство границ подобластей, выделенных по орнитофауне, и распределения типов населения птиц. По фауне птиц результаты районирования детальнее за счет разделения островных и материковых тундровых территорий, вследствие лучшей изученности фауны полярных островов по сравнению с их орнитокомплексами. По орнитофауне это разные, хотя и соседние подобласти, по сообществам птиц они включены в единый тип.

К гольцово-подгольцовой орнитофаунистической подобласти отнесены не только гольцы, но и подгольцовье. Орнитокомплексы подгольцовья включены в редколесно-лесной тип. К температурной подобласти, занимающей территорию от лесотундры до полупустынь, близко, по сути, распространение редколесно-лесного типа сообществ. Орнитофаунистическая совокупность отличается большей типологичностью и выделением границ по зонам и подзонам в целом, в то время как границы типов населения проведены по приуроченности птиц к определенным ландшафтным урочищам. Муссонная подобласть по фауне очень близка к Юго-Восточному населенческому региону, но отличается отнесением к нему более западной территории до Прибайкалья включительно. По орнитофауне эта граница с востока доходит только до Уссурийского края. Пустынная подобласть совпадает с Юго-Западным регионом. В обоих случаях это территория Средней и Центральной Азии. Водно-околоводные сообщества птиц отнесены к одному типу, а по фауне материковые водоемы и реки объединены с орнитокомплексами неполярных островов.

Таким образом, результаты орнитофаунистического и населенческого районирования сравнительно сходны, хотя границы подобластей и территорий, занимаемых типами населения птиц, не совпадают локально или за счет различий в дробности и ранге разделения. В целом это связано с лучшей изученностью фауны по сравнению с орнитокомплексами. Однако характеристики населения обладают большей экологической детальностью и информативностью, что позволяет выделять застроенные, заболоченные и водно-околоводные типы орнитокомплексов, в то время как по фауне это лишь внутрорегиональные подразделения.

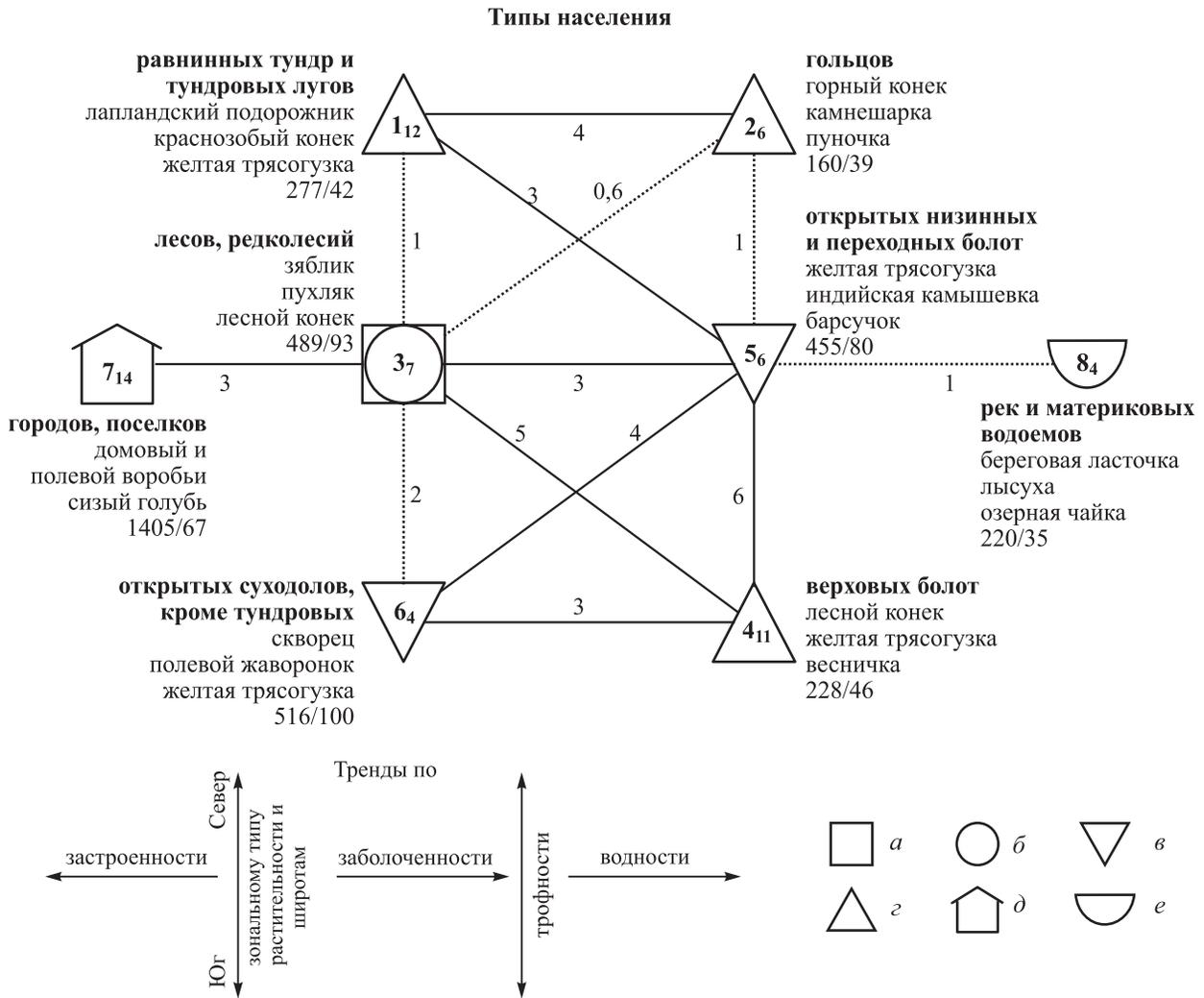


Рис. 3. Пространственно-типологическая структура населения птиц Северной Евразии в первой половине лета.

По типам населения: *a* — лесов, *б* — редколесий, *в* — богатых открытых места обитаний, *з* — бедных, *д* — застроенных, *е* — водно-околоводных. Внутри этих фигур — номера типов населения (1–8) с коэффициентом их сходства, показанным нижним индексом. Сплошные линии между фигурами — значимые (сверхпороговые) связи, пунктирные — незначимые (дополнительные). Рядом с названием типа приведены лидеры, через косую черту показаны плотность населения (особей на 1 км<sup>2</sup>) и число фоновых видов, обилие которых больше или равно 1 особи/км<sup>2</sup>.

А.П. Кузякин разделил всю территорию СССР по ландшафтному принципу в широтном плане на зоны и в долготном — на ландшафтные районы. Он считал, что «особых зоогеографических границ нет. Они во всех случаях будут совпадать с границами соответственных зон, районов и ландшафтов» [14, с. 49]. Результаты формализованного статистического анализа по разным группам животных показали несоответствие этих границ друг другу. Однако, скорее всего, дело в различиях, поставленных при районировании задач. А.П. Кузякин преследовал не столько гносеологические, сколько дидактические цели, умышленно упрощая обобщение для облегчения восприятия, а мы стремились к детализации представлений. Статистические оценки информативности различий по результатам изучения исследованной части Северной Евразии в целом пока невозможны из-за недостаточной подробности сбора материала как в фаунистическом, так и в населенческом отношении.

Биомное районирование [15–17] почти совпадает с нашим делением на типы населения птиц с объяснением различий в растительности. Разница только в отделении при дифференциации орнитокомплексов широколиственных лесов от редколесно-лесных и озерного биома — от речного. Последний в [16] не дифференцирован. Мы, в свою очередь, не выделяли в качестве типа населения орни-

токомплексы приокеанических лугов. Если не учитывать указанные различия и разделить леса и редколесья на широколиственные и прочие, то результаты аппроксимации населения птиц почти совпадают, составляя 24,6 и 25,3 % дисперсии сходства оценок по биотам и по нашей соответственно. После округления они абсолютно одинаковы, но разделение на типы орнитокомплексов выполнено только по сходству населения птиц и объясняется лишь корреляцией с типами растительности. Деление в публикациях [15, 16], с нашей точки зрения, проведено в основном по растительности, а по животному миру было сугубо умозрительным. Тем не менее оценки связи изменчивости среды и неоднородности орнитокомплексов совпадают.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение информации по территориальной изменчивости летнего населения птиц Северной Евразии (в границах СССР 1990 г.) с помощью географического районирования можно считать успешным, хотя дисперсия матрицы сходства орнитокомплексов набором выявленных факторов и природных режимов аппроксимирует всего треть неоднородности орнитокомплексов (множественный коэффициент корреляции — 0,56). Две трети дисперсии связать с какими-либо условиями среды не удалось. Часть этих отличий, возможно, определяют годовые колебания численности птиц, индивидуальные особенности учетчиков и детали методов учета, которыми они пользовались. Кроме того, несомненно, влияют и локальные различия биотопов, которые приняты типологически одинаковыми, и некоторая специфика мест обитания в части заметности и поведения в них птиц.

При кластерной агрегации данных использованы четыре эффективных приема улучшения классификации: 1 — элиминация усреднением связей, не обеспеченных достаточным количеством информации; 2 — анализ на подвыборках, полученных генератором случайных чисел; 3 — последующая аналоговая экстраполяция — разнесение проб, оставшихся вне подвыборки по таксонам классификации; 4 — идеализация полученных структурных представлений.

Прослежено принципиальное сходство результатов районирования по орнитофауне и населению птиц при некоторых различиях местоположения границ классификационных таксонов.

Редкой удачей можно считать совпадение результатов умозрительного районирования исследованной территории по биотам (в основном по растительности) и типам орнитокомплексов, выделенным с помощью кластерного анализа. Это в принципе подтверждает объективность выполненного районирования в обоих случаях.

*Исследования, послужившие основой для написания данной статьи, проведены по программ ФНИ государственных академий на 2021–2025 гг. (проект FWGS-2021-0002).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Т.К., Равкин Ю.С. Орнитофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. — 2008. — С. 101–121.
2. Воробьев В.В., Белов А.В., Богоявленский Б.А., Михеев В.С., Никульников Ю.С. Комплексное эколого-географическое картографирование: сущность, принципы и основные проблемы развития // Эколого-географическое картографирование и районирование Сибири. — Новосибирск: Наука, 1990. — С. 20–37.
3. Ишмуратов Б.М. Районирование в системе методов оптимизации природопользования // Эколого-географическое картографирование и районирование Сибири. — Новосибирск: Наука, 1990. — С. 5–20.
4. Равкин Ю.С., Ефимов В.М. Банк данных по численности и распределению животных в пределах бывшего СССР // Формирование баз данных по биоразнообразию — опыт, проблемы, решения: Материалы Международ. науч.-практ. конференции. — Барнаул, 2009. — С. 205–214.
5. Равкин Ю.С., Цыбулин С.М., Ананин А.А., Ивлиев В.Г., Железнова Т.К., Вартапетов Л.Г., Юдкин В.А., Жуков В.С., Преображенская Е.С., Стишов М.С., Торопов К.В., Равкин Е.С., Богомолова И.Н., Чеснокова С.В., Лялина М.И. Эколого-географическая организация и структура летнего населения птиц Северной Евразии // Журн. общ. биологии. — 2022. — Т. 83, № 4. — С. 302–320. — DOI: 10.31857/S00044459622040066
6. Трофимов В.А. Качественный факторный анализ матриц связи в пространстве разбиений со структурой // Модели агрегирования социально-экономической информации. — Новосибирск, 1976. — С. 24–36.
7. Куперштох В.Л., Трофимов В.А. Автоматическое выявление макроструктуры системы // Проблемы анализа дискретной информации. — Новосибирск, 1975. — Ч. 1. — С. 67–83.
8. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontological Electronica. — 2001. — Vol. 4, N 1. — P. 1–9.

9. **Polunin D., Shtaiiger I., Efimov V.** JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data [Электронный ресурс]. — <https://www.biorxiv.org/content/-10.1101/803684v1.full.pdf> (дата обращения 20.05.2023).
10. **Равкин Ю.С., Ливанов С.Г.** Факторная зоогеография. — Новосибирск: Наука, 2008. — 205 с.
11. **Иванов А.И.** Каталог птиц СССР. — Л.: Наука, 1976. — 275 с.
12. **Атлас СССР** / Под ред. В.В. Точенова. — М.: ГУГК, 1983. — 260 с.
13. **Любищев А.А.** Дисперсионный анализ в биологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. — 200 с.
14. **Кузякин А.П.** Зоогеография СССР // Уч. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н.К. Крупской. — 1962. — Т. 109. — С. 3–182.
15. **Udwardi M.D.F.** A classification of the biogeographical provinces of the world // International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Occasional Papers. — 1975. — N 18. — P. 1–48.
16. **Воронов А.Г., Кучерук В.В.** Биотическое разнообразие Палеарктики: проблемы изучения и охраны // Биосферные заповедники: Труды I сов.-амер. симпозиума. СССР (5–17 мая 1975 г.). — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — С. 7–20.
17. **Кучерук В.В.** Избранные труды. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2006. — 523 с.

*Поступила в редакцию 11.06.2023*

*После доработки 13.06.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

---