

УДК 581.92

doi: 10.21685/2307-9150-2023-3-3

Зависимость числа основных таксонов флор от климатических показателей на территории центральной части Волжского бассейна

Л. С. Шарая¹, А. В. Иванова², М. А. Аристова³,
Р. С. Кузнецова⁴, Н. В. Костина⁵, Г. С. Розенберг⁶

^{1,2,3,4,5,6}Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского
федерального исследовательского центра РАН,
Тольятти, Самарская обл., Россия

¹l_sharaya@mail.ru, ²nastia621@yandex.ru, ³margo.aristova2016@yandex.ru,
⁴cuznetsova@yandex.ru, ⁵knva2009@yandex.ru, ⁶genarozenberg@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цель.* Закономерности связи количества семейств, родов и видов с климатом на региональном уровне мало изучены и требуют уточнения. *Материалы и методы.* Использовали исходные данные по флоре на 28 участках площадью 400 км² каждый в центральной части Волжского бассейна. Определение таксономических параметров осуществлялось с помощью алгоритмов обработки базы данных FD SUR. Было осуществлено необходимое объединение списков видов сосудистых растений и построение семейственных и родовых спектров. Использовали средние многолетние данные месячных осадков и температур, температур и сумм осадков по сезонам, а также значения 19 биоклиматических переменных. *Результаты.* Выявлены отрицательные связи с температурами и положительные – с осадками теплого периода, когда выявлено статистически значимое влияние на разнообразие. Наиболее тесны связи с климатом для числа семейств, наименее – для числа видов. Оценены изменения температуры и количества осадков по четырем географическим направлениям. Наиболее выражены северный холодно-гумидный и юго-восточный термоаридный тренды. Северный характеризуется снижением температуры на 0,34°C и возрастанием осадков на 17 мм на каждые 100 км; юго-восточный – повышением температуры на 0,27°C и уменьшением осадков на 15 мм. *Выводы.* Холодно-гумидный тренд дает наиболее благоприятные условия для увеличения разнообразия в регионе. Он характеризуется тем, что на каждые 100 км число видов увеличивается на 36, родов – на 17, семейств – на 6. Это свидетельствует об экологической пластичности разнообразия с различной реакцией на вариации климата для разных таксономических уровней, что в целом способствует сохранению разнообразия.

Ключевые слова: локальные флоры, таксономическое разнообразие, число таксонов, экологические факторы среды, Волжский бассейн

Финансирование: работа выполнена в рамках темы государственного задания «Структура, динамика и устойчивое развитие экосистем Волжского бассейна», № 1021060107217-0-1.6.19.

Для цитирования: Шарая Л. С., Иванова А. В., Аристова М. А., Кузнецова Р. С., Костина Н. В., Розенберг Г. С. Зависимость числа основных таксонов флор от климатических показателей на территории центральной части Волжского бассейна // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2023. № 3. С. 29–42. doi: 10.21685/2307-9150-2023-3-3

Dependence of main flora taxa number of flora on climatic indicators in the central Volga basin

L.S. Sharaya¹, A.V. Ivanova², M.A. Aristova³,
R.S. Kuznetsova⁴, N.V. Kostina⁵, G.S. Rozenberg⁶

^{1,2,3,4,5,6}Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Samara region, Russia

¹l_sharaya@mail.ru, ²nastia621@yandex.ru, ³margo.aristova2016@yandex.ru,
⁴cuznetsova@yandex.ru, ⁵knva2009@yandex.ru, ⁶genarozenberg@yandex.ru

Abstract. *Background.* The regularities of the relationship between the number of families, genera, and species with climate at the regional level have been insufficiently studied and require further research. *Materials and methods.* We used initial data on flora in 28 plots with an area of 400 km² each in the central part of the Volga basin. Taxonomic parameters were determined by the algorithms of the FD SUR database. The required combination of lists of vascular plant species and the construction of family and generic spectra were carried out. We used long-term averages of monthly precipitation and temperatures, temperatures and total precipitation by season, as well as the values of 19 bioclimatic variables. *Results.* Negative relationships with temperatures and positive relationships with precipitation during the warm period were revealed, when a statistically significant effect on diversity was revealed. The closest relationship with climate is for the number of families, the least for the number of species. Changes in temperature and precipitation in four geographical directions are estimated. The northern cold-humid and southeastern thermo-arid trends are most pronounced. The northern one is characterized by a decrease in temperature by 0,34°C and an increase in precipitation by 17 mm for every 100 km; southeastern - by an increase in temperature by 0,27°C and a decrease in precipitation by 15 mm. *Conclusions.* The cold-humid trend provides the most favorable conditions for increasing diversity in the region. It is characterized by the fact that for every 100 km the number of species increases by 36, genera – by 17, families – by 6. This indicates the ecological plasticity of diversity with different responses to climate variations for different taxonomic levels, which generally contributes to diversity conservation.

Keywords: local floras, taxonomic diversity, number of taxa, environmental factors, Volga basin

Financing: the study is carried out within the framework of the state task “Structure, dynamics and sustainable development of the ecosystems of the Volga basin”, No. 1021060107217-0-1.6.19.

For citation: Sharaya L.S., Ivanova A.V., Aristova M.A., Kuznetsova R.S., Kostina N.V., Rozenberg G.S. Dependence of main flora taxa number of flora on climatic indicators in the central Volga basin. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2023;(3):29–42. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2023-3-3

Введение

Флористическое разнообразие тесно связано с климатом. На суше всей Земли представлено разнообразие семейств [1], наибольшие значения наблюдаются в экваториальной зоне [2]. В региональном масштабе (разрешение 5–20 км) изучалась в основном связь числа видов N_s с климатом; связь на этом масштабе слабее, но зависит от групп или жизненных форм растений [3–5].

Известно, что число видов возрастает с увеличением площади обследования. Потому для сопоставимости получаемых результатов необходимо,

чтобы изучаемые площади были сопоставимы. Например, в региональном масштабе 100 км^2 каждая [6]. Однако в разных природных зонах, а также с учетом ландшафтных особенностей такая площадь для репрезентативной выборки может существенно меняться от 100 до 500 км^2 [7]. Опираясь на предложенную концепцию конкретных флор [8, 9], следует отметить, что важным показателем является минимальный ареал, который характеризует «портрет флоры». Площади минимального ареала соответствует такой видовой состав, который отражает типичные экотопы территории, а число видов достаточно полно описывает конкретную флору, с увеличением площади до ареала максимум идет незначительное прибавление видов. Ранг максимального ареала конкретной флоры – региональный уровень, тогда как минимального ареала – локальный. Нами минимальный ареал конкретной флоры рассматривается как локальная флора, видовой состав которой характеризует не отдельный произвольный участок местности (локальная флора в широком понимании), а флору конкретной местности. Согласно проведенным исследованиям (2004–2014 г.) в условиях Среднего Поволжья площадь определения видового состава соответствует не менее 400 км^2 [10]. Имея списки видов таких локальных флор, пространственно распределенных по территории Центральной части бассейна реки Волга, мы изучили связи числа видов (N_s), родов (N_g) и семейств (N_f) сосудистой растительности с климатом в Среднем Поволжье на 28 площадках, каждая площадью 400 км^2 . Отметим, что изучение связи N_g или N_f с климатом в региональном масштабе проводилось значительно реже, чем для N_s [7, 11]. Несмотря на общие тенденции близости связи N_s , N_g и N_f с климатом, их распределение может не совпадать в пространстве. В Северной Америке наибольшие N_s и N_g отмечены на юго-западе, а N_f – на юго-востоке [12]; в Восточной Европе показано, что максимальная скорость изменения N_f с широтой лежит на $3,5\text{--}4,4^\circ$ севернее, чем для N_g и N_s [13]. В целом закономерности различий в связи N_s , N_g и N_f с климатом требуют уточнения [11].

Материалы и методы

Исходные данные по флоре. Полигоны исследования распределены по территории Самарской, Ульяновской, Пензенской областей, Республики Мордовия и Республики Чувашия. Таким образом, район исследования охватывает центральную часть территории Волжского бассейна, которая полностью или частично разными авторами относится к Среднему Поволжью. Покрытие лесами в регионе низкое. Почвы меняются от черноземов на юге до дерново-подзолистых на севере. Используемые в работе списки видов сосудистых растений соответствуют минимальному ареалу флоры конкретной местности площадью 400 км^2 . Такие выборки видового состава региональных флор для территории, например, лесостепной зоны Среднего Поволжья имеют в своем составе 600–800 видов [14]. Для исследования выбрано 28 участков указанной площади (рис.1). Для 9 участков использовали опубликованные списки видов (ссылки приведены в [15]). Для остальных участков выполнено объединение имеющихся в базе данных FD SUR [16] списков видов по 163 флористическим описаниям. Исходные списки видов установлены в процессе полевых исследований с 2004 по 2021 г. Каждый список составлялся на местности для отдельного географического пункта с использованием маршрутного метода (5–10 км) и впоследствии дополнялся определенным гербарным материалом. Каждый из 19 участков площадью 400 км^2 представ-

лен объединенным списком видов сосудистых растений и включает от 5 до 15 флористических описаний. Следует также отметить, что большинство обследованных локальных площадей включают в свой состав особо охраняемые природные территории разного статуса. Это дает понимание естественности флоры изучаемого региона, который находится под высоким антропогенным воздействием.

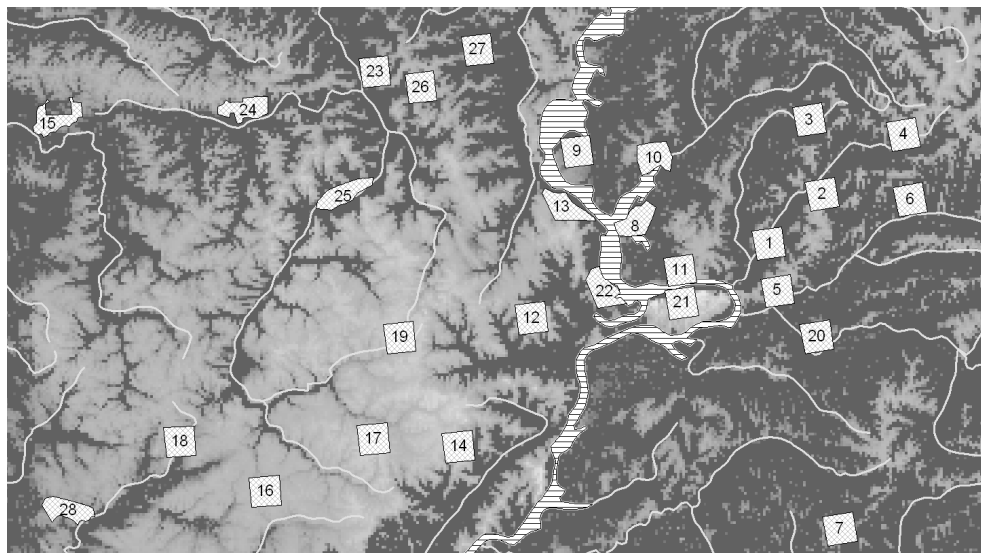


Рис. 1. Расположение полигонов на территории средней части территории Волжского бассейна

Климатические данные. Средние многолетние данные месячных осадков и температур, температур и сумм осадков по сезонам, а также значения 19 биоклиматических переменных, например, среднегодовая сумма осадков и ее коэффициент вариации, взяты из базы данных WorldClim [17]. В WorldClim месячные климатические переменные усреднены за 50 лет (1950–2000 гг.) и представлены с пространственным разрешением 900 м. Для характеристики исследовательских полигонов использовали матрицы климата разрешением 600 м, из них вырезали полигоны площадью 400 км², для каждого из них рассчитывали средние, минимальные и максимальные значения климатических показателей, их диапазон и стандартное отклонение.

Расчет пространственных климатических трендов, анализ связей богатства видов, родов и семейств с климатом. Пространственные климатические тренды, а также их градиенты определяли с помощью анализа связей основных климатических показателей с географическими направлениями в программе Аналитическая ГИС Эко [18]. Выраженность тренда характеризовала теснота связей между ними, а скорость изменения тренда или его пространственный градиент – коэффициент линейной регрессии. Анализ связей богатства видов, родов и семейств с климатом проводили в программах Аналитическая ГИС Эко и Excel.

Результаты исследования

На рассматриваемой территории многолетние среднемесячные температуры (T) и осадки (P) тесно отрицательно связаны в теплый период, но

практически независимы в холодный (рис. 2). По этой причине имеются трудности в определении, что больше влияет на разнообразие растительного покрова в теплый период, осадки или температуры. По графику, представленному на рис. 2, мы можем заключить, что при снижении осадков летом может возрастать температура, т.е. возникать засушливый период, особенно в июле.

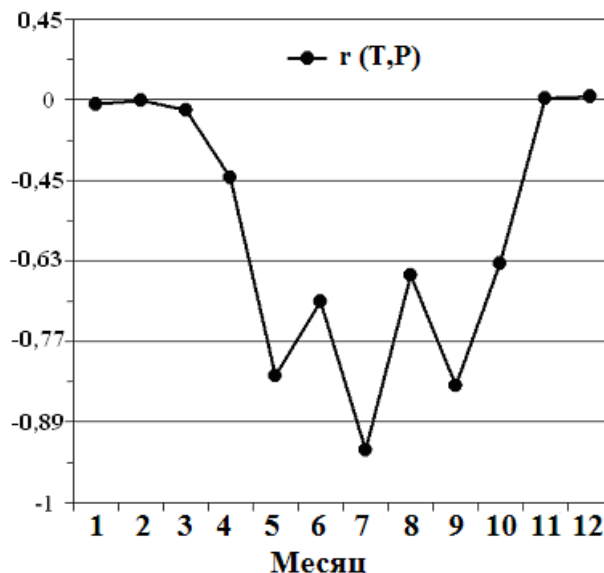


Рис. 2. Распределение по месяцам тесноты связи (r) между среднемесячными температурами (T) и осадками (P)

Коэффициенты вариации для числа видов Ns , числа родов Ng и числа семейств Nf составили 11,3, 10,4 и 11,2 % соответственно. Средние значения числа видов в роде $(Ns/Ng)_{AV} = 1,94$, числа родов в семействе — $(Ng/Nf)_{AV} = 3,97$, числа видов в семействе — $(Ns/Nf)_{AV} = 7,72$.

Кривые связей Ns , Ng и Nf со среднемесячными температурами T (рис. 3,а) показывают, что при смене знака температур происходит смена знака связей. Кривые связей с осадками P (рис. 3,б) подобны температурным, но являются их зеркальным отражением. Смена знаков связей Ns , Ng и Nf с осадками происходит вместе со сменой знаков температур месяцев.

Показатели разнообразия Ns , Ng и Nf положительно связаны с отрицательными T месяцев в холодный период и отрицательно — с положительными T месяцев в теплый период (рис. 3,а). Это указывает на то, что на видовое богатство Ns (а также на Ng и Nf) позитивно влияют повышенные T холодного периода и негативно — высокие T теплого периода. Другими словами, умеренные T холодного и теплого периодов способствуют более высокому разнообразию на всех трех таксономических уровнях. Результат отвечает известным фактам, что сильные морозы, так и летняя жара неблагоприятны для растительности в умеренной зоне [19, 20]. Связь с осадками имеет прямо противоположный характер (рис. 3,б) — кривые представляют зеркально отраженные кривые связей с T (рис. 3,а). Низкие значения P теплого периода уменьшают разнообразие, как и низкие P холодного периода. Это отвечает

тому, что в умеренной зоне летние засухи неблагоприятно влияют на видовой состав флоры, как и небольшой снежный покров. Относительное влияние осадков и температур на разнообразие можно было бы оценить по тесноте связей, но для этого необходима независимость P и T . В изучаемом регионе P и T существенно зависимы (рис. 2,б) так же, как это часто наблюдается для климатических факторов, что приводит к известной проблеме их использования. Отметим, что число семейств Nf более тесно связано как с осадками, так и с температурами в теплый период, чем Ng или Ns (рис. 3).

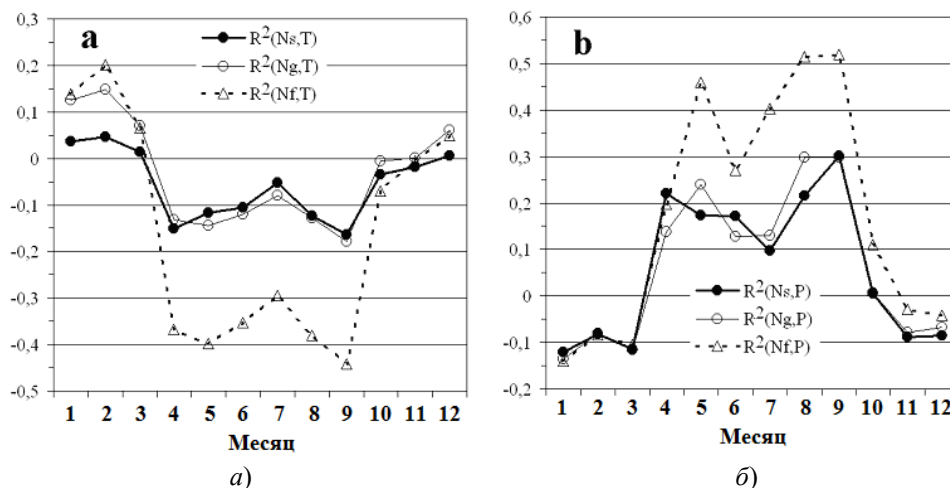


Рис. 3. Связи числа видов Ns , родов Ng и семейств Nf со среднемесячными осадками (а) и температурами (б). Коэффициенты детерминации (R^2) указаны со знаками связи

Нами рассмотрены также связи отношений Ns/Ng , Ng/Nf и Ns/Nf с температурами и осадками. Наиболее тесные связи с климатом наблюдаются для средней плотности родов в семействах (Ng/Nf) в теплый период, особенно с осадками июля (рис. 4). Снижение Ng/Nf при недостатке осадков почти на 40 % может объясняться летними засухами (рис. 4,б). Родовая плотность семейств в определенной тенденции отвечает древности растений [20]; тогда по данным на рис. 4 разнообразие древних семейств, уменьшаясь, показывает наибольшую чувствительность к летним засухам, и, увеличиваясь, – к доступности летнего тепла. При этом засухи влияют на плотность сильнее (рис. 4). В отличие от этого, видовая плотность родов Ns/Ng практически не зависит от условий теплого периода и отрицательно, хотя и слабо, связана с зимними температурами (рис. 4). Считается, что видовая плотность родов в определенной тенденции связана с позднейшими этапами эволюции: чем эволюционно моложе флора, тем выше плотность [20]. Полученный результат может отражать меньшую зависимость видового состава рассматриваемой нами флоры от современного климата, что описывается показанной сравнительно слабой связью.

Для понимания закономерностей изменений в регионе Среднего Поволжья богатства видов, родов и семейств сосудистых растений нами рассмотрены **пространственные климатические тренды**, оценены градиенты температур и осадков по разным географическим направлениям. Простран-

ственные климатические тренды для базового периода (1950–2000 гг.), выявленные нами, показаны на рис. 5. По тесноте связей (коэффициенту корреляции между климатическими показателями и географическими направлениями) судили о выраженности трендов.

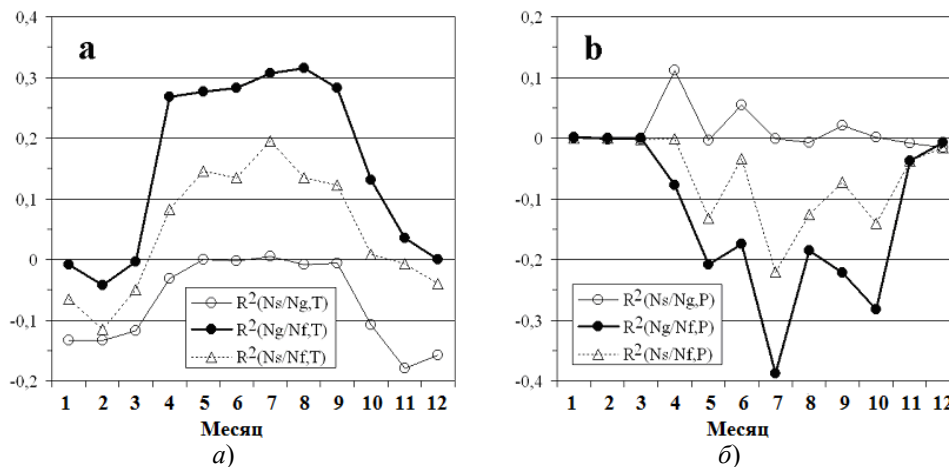


Рис. 4. Распределение по месяцам (а) связей плотностей Ns/Ng , Ng/Nf и Ns/Nf с температурами T и (б) осадками P . Коэффициенты детерминации (R^2) указаны со знаками связи

Для выделенных пространственных климатических трендов по географическим направлениям определены следующие характеристики. Наиболее выраженным для годовой температуры, усредняющей показатели периодов, сезонов и отдельных месяцев, является *холодный тренд на север* и менее выраженный – на северо-восток (рис. 5,б). Северный холодный тренд характеризуется в среднем снижением годовой температуры на $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км , а северо-восточный холодный тренд – на $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км . Заметных изменений годовых осадков по этим направлениям не наблюдается (рис. 5,а). Для показателей теплого периода (апрель–октябрь) северное направление характеризуется холодно-гумидным трендом с градиентами $-0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км в месяц и $+17\text{ мм}$ на 100 км за период (рис. 5), а также несколько менее выраженным для лета ($-0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+9\text{ мм}$). Направление на северо-восток характеризуется холодным трендом для зимнего сезона ($-0,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км) и холодного периода в целом ($-0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км). По восточному направлению происходит заметное снижение температуры зимы ($-0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км). Термоаридным трендом характеризуется юго-восточное направление для летнего сезона ($+0,33^{\circ}$ и -9 мм на каждые 100 км) и для всего теплого периода ($+0,27^{\circ}$ и -15 мм на 100 км). Для зимы юго-восточный тренд является также одним из наиболее холодных ($-0,40^{\circ}/100\text{ км}$). Показатели весеннего сезона не имеют выраженных климатических трендов по направлениям.

Обобщая результаты анализа, подчеркнем, что северный холодно-гумидный тренд наиболее актуален для климатических показателей середины и завершения вегетационного периода – лета и осени. Для летних месяцев также характерен выраженный термоаридный тренд на юго-восток. В начале вегетационного периода неактуальны явные климатические тренды, можно отметить лишь слабо выраженные гумидный на восток и аридный на юго-восток. В зимний сезон «покоя» растительных сообществ наиболее заметны

холодные тренды на северо-восток, восток и юго-восток, но не на север. Для годовых показателей, интегрирующих средние значения по годовому циклу, важен только северный холодный тренд. Связи богатства видов, родов и семейств с географическими направлениями показаны в табл. 1.

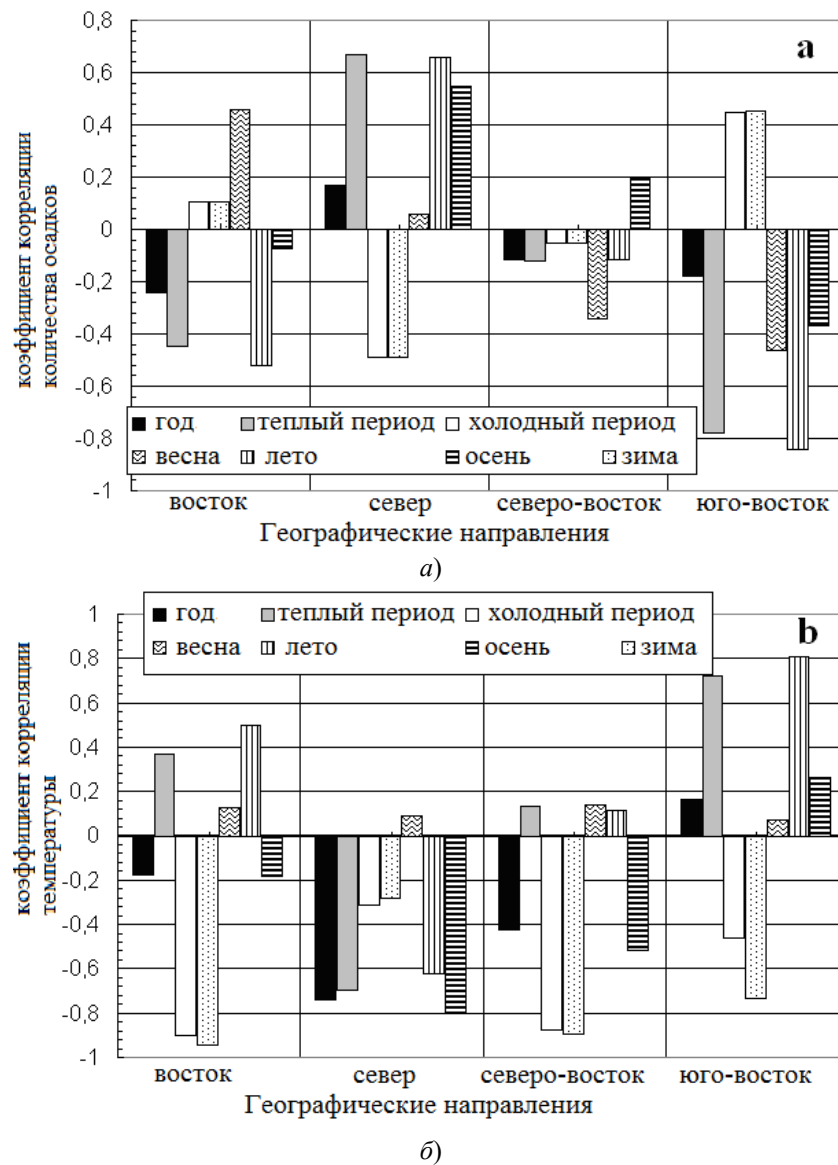


Рис. 5. Связи температур (а) и осадков (б) для разных периодов с расстояниями по заданным географическим направлениям

N_s , N_g и N_f имеют одинаковый характер зависимостей от направлений: синхронно меняют знаки связей с ними (рис. 6). Теснота связей с географическими направлениями для всех таксономических уровней падает в ряду север – юго-восток – северо-восток – восток. Теснота связей разнообразия с направлениями растет в ряду N_s – N_g – N_f , т.е. наиболее чувствительным к изменению по направлениям является число семейств, наименее – число видов.

Таблица 1

Связи между количеством видов (N_s), родов (N_g)
и семейств (N_f) с географическими направлениями

Географические направления	Коэффициент корреляции		
	N_s	N_g	N_f
Восток	-0,063	-0,101	-0,168
Север	0,557	0,574	0,668
Северо-восток	0,270	0,251	0,253
Юго-восток	-0,402	-0,444	-0,560

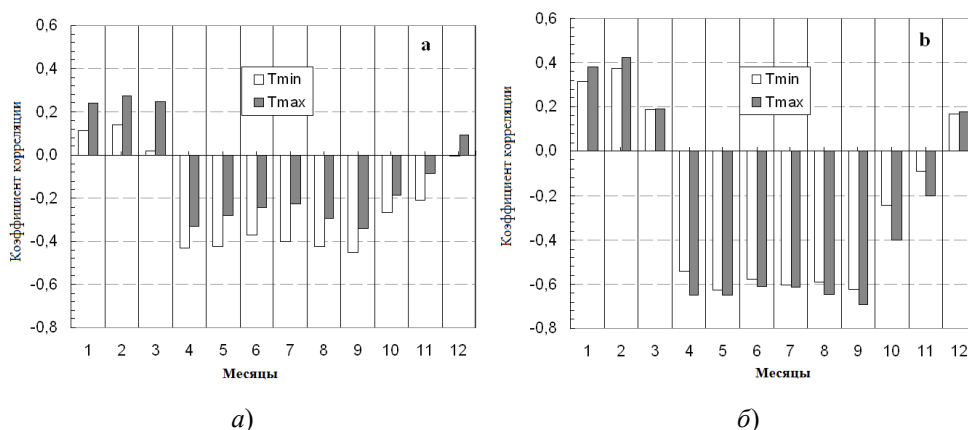


Рис. 6. Связи N_s (a) и N_f (б) с минимальными (T_{min})
и максимальными (T_{max}) температурами площадей исследования

Заметное снижение разнообразия на юго-восточном направлении выражается в среднем следующими градиентами: через каждые 100 км число видов уменьшается на 26, родов – на 16 и семейств на – 5. Это может быть связано с выявленным для этого направления термоаридным трендом весны и лета, а также зимним холодно-гумидным трендом. По направлению на север обнаруживается, напротив, возрастание числа видов (на 41/100 км), родов (на 20/100 км) и семейств (на 6 /100 км).

Рост разнообразия по направлению на север согласован с холодно-гумидным пространственным трендом теплого периода и отдельно – лета и осени, а также – с зимним аридным трендом (см. рис. 5). Восточное направление характеризуется более слабым снижением разнообразия видов (на 10 видов на 100 км), родов (на 8 родов на 100 км) и семейств (на 3 семейства на 100 км), причиной которого, по-видимому, являются летний термоаридный тренд и достаточно холодный малоснежный тренд зимы. Направление на северо-восток, которому отвечает хорошо выраженные холодный зимний и весенний аридный тренды, практически не влияет на биоразнообразие (рис. 6).

Результат выраженного роста разнообразия на север, по направлению которого усиливается холодно-гумидный тренд во время вегетационного периода, согласуется с результатами анализа парных связей разнообразия со среднемесячными показателями: снижение температуры и рост осадков приводят к увеличению разнообразия. Согласование с парными корреляциями присутствует и для юго-восточного термоаридного тренда.

Результаты анализа с помощью линейной парной корреляции показали, что на изученных площадях присутствует некоторая пространственная дифференциация по температурам. Теснота связей для N_s с экстремальными температурами заметно меньше, чем для N_f . Зависимость от минимальных температур в теплый период числа видов выражена сильнее, чем от максимальных; и напротив – для числа семейств связи с максимальными температурами в тот же период теснее. Для холодного периода с отрицательными температурами связи с максимальными температурами актуальнее для обоих таксономических уровней. Такой результат может свидетельствовать как о различиях реакций на климатические показатели, так и о некоторой тенденции возможной пространственной дифференциации на рассматриваемых площадях между N_s и N_f . Последняя может выражаться в приуроченности таксономических уровней к разным ареалам. Например, менее зависимые от максимальных температур N_s занимают ареалы с близкими к этим температурами, а более зависимые от максимальных температур N_f занимают ареалы с близкими к минимальным температурами.

Заключение

При имеющихся чертах сходства, разные таксономические уровни разнообразия локальных флор сосудистых растений различно реагируют на вариации климата в Среднем Поволжье.

Сходство заключается в отрицательной связи N_s , N_g и N_f с температурами и положительной – с осадками теплого периода, когда эти связи наиболее тесные. Родовая плотность семейств N_g/N_f при этом более тесно связана с климатом, чем N_s/N_g или N_s/N_f . В предположении, что N_g/N_f отвечает древности семейств [44], древнейшие семейства наиболее чувствительны к летним засухам, уменьшаясь с ними, и доступности летнего тепла, увеличиваясь с ними, при этом засухи играют несколько большую роль. Видовая плотность родов N_s/N_g предположительно связана с позднейшими этапами эволюции [20], и этот показатель отражает меньшую зависимость от современного климата эволюционно более молодой растительности, чему отвечает слабая связь N_s/N_g с климатом. Хотя эти предположения имеют пока необоснованный характер, они согласуются с полученными результатами (см. рис. 4). Различие состоит в том, что для флор с наибольшими N_f и N_g выявлены более тесные связи с температурами, осадками и градиентами климата по направлениям; для флоры с наибольшими N_s наблюдается обратная ситуация: относительно слабые связи и низкие градиенты. Показаны различия в связях разных таксономических уровней с экстремальными температурами на исследовательских площадках. Результаты обосновывают, что связи N_s , N_g и N_f с климатом неодинаковы и свидетельствуют об экологической пластичности растительных сообществ Среднего Поволжья, с различной реакцией на вариации климата для разных таксономических уровней. В целом, по нашему мнению, это способствует сохранению разнообразия в условиях неоднородного климата.

Список литературы

1. Francis A. P., Currie D. J. A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms // The American Naturalist. 2003. Vol. 61. P. 523–536.

2. Hawkins B. A., Rodríguez M. Á., Weller S. G. Global angiosperm family richness revisited: linking ecology and evolution to climate // *Biogeography*. 2011. Vol. 38. P. 1253–1266.
3. Ricklefs R. E. Historical and ecological dimensions of global patterns in plant diversity // *Biologiske Skrifter*. 2005. Vol. 55. P. 583–603.
4. Moser D., Dullinger S., Englisch T. et al. Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps // *Biogeography*. 2005. Vol. 32. P. 1117–1127.
5. Шарый П. А., Шарая Л. С., Иванова А. В. [и др.]. Сравнительный анализ видового богатства жизненных форм сосудистых растений в Среднем Поволжье // *Сибирский экологический журнал*. 2019. Т. 26, № 4. С. 383–396.
6. Csörgő A. M., Salguero-Gómez R., Broennimann O. [et al.]. Less favourable climates constrain demographic strategies in plants // *Ecology Letters*. 2017. Vol. 20. P. 969–980.
7. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике : учеб. пособие. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
8. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л. : ЛГУ, 1974. 244 с.
9. Юрцев Б. А., Семкин Б. И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // *Ботанический журнал*. 1980. Т. 65, № 12. С. 1706–1718.
10. Иванова А. В., Костина Н. В. Выявление площади минимум-ареала конкретной флоры с учетом антропогенной трансформации территории // *Известия Самарского Научного центра РАН*. 2015. Т. 17, № 4. С. 77–80.
11. Морозова О. В. Пространственные тренды таксономического богатства флоры сосудистых растений // *Биосфера*. 2011. Т. 3, № 2. С. 190–207.
12. Qian H., Song J-S., Krestov P. et al. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients // *Biogeography*. 2003. Vol. 30. P. 129–141.
13. Шмидт В. М. Зависимость количественных признаков конкретных флор Европейской части СССР от географической широты // *Ботанический журнал*. 1979. № 64. С. 172–183.
14. Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. Зависимость таксономических параметров флор от размеров выборки // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер.: Химия. Биология. Экология*. 2020. Т. 20, № 4. С. 404–416.
15. Иванова А. В., Аристова М. А., Костина Н. В. [и др.]. Структура флоры центральной части территории Волжского бассейна по таксономическим показателям // *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. 2022. Т. 31, № 2. С. 40–57.
16. Св-во о рег. базы данных RUS 2018621983 Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей (FD SUR) / Аристова М. А., Розенберг Г. С., Кудинова Г. Э. [и др.]. Запат. 12.11.2018.
17. Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. 2005. Vol. 25. P. 1965–1978.
18. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry / ed. by T. Hengl, H. I. Reuter // *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Amsterdam : Elsevier, 2009. Chapter 10. 257 p.
19. Вальтер Г. Общая геоботаника / пер. с нем. и предисл. А. Г. Еленевского. М. : Мир, 1982. 264 с.
20. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа : Гилем, 2012. 488 с.

References

1. Francis A.P., Currie D.J. A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist*. 2003;61:523–536.

2. Hawkins B.A., Rodríguez M.Á., Weller S.G. Global angiosperm family richness revisited: linking ecology and evolution to climate. *Biogeography*. 2011;38:1253–1266.
3. Ricklefs R.E. Historical and ecological dimensions of global patterns in plant diversity. *Biologiske Skrifter*. 2005;55:583–603.
4. Moser D., Dullinger S., Englisch T. et al. Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps. *Biogeography*. 2005;32:1117–1127.
5. Sharyy P.A., Sharaya L.S., Ivanova A.V. et al. Comparative analysis of the species richness of life forms of vascular plants in the Middle Volga region. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal = Siberian Ecological Journal*. 2019;26(4):383–396. (In Russ.)
6. Csörgő A.M., Salguero-Gómez R., Broennimann O. et al. Less favourable climates constrain demographic strategies in plants. *Ecology Letters*. 2017;20:969–980.
7. Shmidt V.M. *Matematicheskie metody v botanike: ucheb. posobie = Mathematical methods in botany: textbook*. Leningrad: Izd-vo Le-ningr. un-ta, 1984:288. (In Russ.)
8. Tolmachev A.I. *Vvedenie v geografiyu rasteniy = Introduction to Plant Geography*. Leningrad: LGU, 1974:244. (In Russ.)
9. Yurtsev B.A., Semkin B.I. Study of specific and partial floras using mathematical methods. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1980;65(12):1706–1718. (In Russ.)
10. Ivanova A.V., Kostina N.V. Identification of the area of the minimum range of a specific flora, taking into account the anthropogenic transformation of the territory. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo tsentra RAN = Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;17(4):77–80. (In Russ.)
11. Morozova O.V. Spatial trends in taxonomic richness of vascular plant flora. *Biosfera = Biosphere*. 2011;3(2):190–207. (In Russ.)
12. Qian H., Song J-S., Krestov P. et al. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients. *Biogeography*. 2003;30:129–141.
13. Shmidt V.M. Dependence of quantitative characteristics of specific floras of the European part of the USSR on geographic latitude. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1979;(64):172–183. (In Russ.)
14. Ivanova A.V., Kostina N.V., Aristova M.A. Dependence of taxonomic parameters of floras on sample sizes. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Ser.: Khimiya. Biologiya. Ekologiya = Proceedings of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2020;20(4):404–416. (In Russ.)
15. Ivanova A.V., Aristova M.A., Kostina N.V. et al. Structure of the flora of the central part of the Volga basin according to taxonomic indicators. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii = Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology*. 2022;31(2):40–57. (In Russ.)
16. Database Registration Certificate RUS 2018621983 Floristic descriptions of local areas of Samara and Ulyanovsk regions (FD SUR) / Aristova M. A., Rozenberg G. S., Kudina G. E. et al. Registered on November 12, 2018. (In Russ.)
17. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 2005;25:1965–1978.
18. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry. Ed. by T. Hengl, H. I. Reuter. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Amsterdam: Elsevier, 2009;(Chap.10):257.
19. Val'ter G. *Obshchaya geobotanika = General geobotany*. Translated from German by A.G. Elenevskiy. Moscow: Mir, 1982:264. (In Russ.)
20. Mirkin B.M., Naumova L.G. *Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsiy nauki o rastitel'nosti = Current state of basic concepts in plant science*. Ufa: Gilem, 2012:488. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Лариса Станиславовна Шарая

доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: l_sharaya@mail.ru

Larisa S. Sharaya

Doctor of biological sciences, senior researcher, Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (10 Komzina street, Togliatti, Samara region, Russia)

Анастасия Викторовна Иванова

кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: nastia621@yandex.ru

Anastasia V. Ivanova

Candidate of biological sciences, researcher, Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (10 Komzina street, Togliatti, Samara region, Russia)

Маргарита Алексеевна Аристова

младший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: margo.aristova2016@yandex.ru

Margarita A. Aristova

Junior researcher, Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (10 Komzina street, Togliatti, Samara region, Russia)

Разина Саитнасимовна Кузнецова

кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: cuznetsova@yandex.ru

Razina S. Kuznetsova

Candidate of biological sciences, researcher, Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (10 Komzina street, Togliatti, Samara region, Russia)

Наталья Викторовна Костина

доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: knva2009@yandex.ru

Natalya V. Kostina

Doctor of biological sciences, senior researcher, Institute of Ecology of Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (10 Komzina street, Togliatti, Samara region, Russia)

Геннадий Самуилович Розенберг

доктор биологических наук,
член корреспондент РАН,
главный научный сотрудник,
Институт экологии Волжского
бассейна РАН – филиал
Самарского федерального
исследовательского центра РАН
(Россия, Самарская область,
г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: genarozenberg@yandex.ru

Gennady S. Rozenberg

Doctor of biological sciences, correspond
ing member of the Russian Academy
of Sciences, principal researcher, Institute
of Ecology of Volga River Basin
of the Russian Academy of Sciences –
branch of Samara Federal Research
Scientific Center of the Russian Academy
of Sciences (10 Komzina street, Togliatti,
Samara region, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 13.06.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 11.08.2023

Принята к публикации / Accepted 28.09.2023