

Р. Т. Шереметов, В. П. Галахов

**ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ НА ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ  
БОГАТСТВО ФЛОРЫ (НА ПРИМЕРЕ  
БАССЕЙНА р. ТОМЬ)**

R. T. Sheremetov, V. P. Galakhov

**INFLUENCE OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF  
RIVER BASINS ON TAXONOMIC RICHNESS OF FLORA  
(BY THE EXAMPLE OF THE TOM RIVER BASIN)**

**Аннотация.** Рассмотрены методические вопросы исследования влияния морфометрических параметров модельных бассейнов (размеров, характера речной сети, формы) реки Томь на таксономическую структуру флоры. С учетом значительных различий в морфометрии речных бассейнов, определяющих разнообразие экологических условий в бассейне Томи, выделено 22 модельных бассейна. Морфометрия бассейнов определена по 25 параметрам, которые характеризуют размеры бассейнов (площадь, длину, ширину, высоту и др.), особенности речной сети (протяженность и количество рек и др.), а также многообразие форм речных бассейнов. Обусловленность таксономического разнообразия флоры от морфометрии бассейнов рассматривалась для трех уровней – вида, рода и семейства. Показателями флористического богатства приняты: число видов, число родов и число семейств модельного бассейна. Выявлено, что морфометрические показатели модельных бассейнов колеблются в широких пределах, что обуславливает многообразие местообитаний растений. Однако размеры, особенности речной сети и формы имеют не равноценное значение для фиторазнообразия. Таксономическое богатство на каждом уровне (видовом, родовом и семейственном) зависит в первую очередь от особенностей размеров речных бассейнов. Выявлено, что существенное значение имеют высотные параметры, особенно максимальная высота, амплитуда колебания высоты или падение реки, при этом связь получена высокая ( $\alpha = 0,05$   $df = 20$ ). Характер речной сети и формы бассейнов для таксономического богатства не имеют существенного значения. Наиболее значимые особенности морфометрии бассейнов для числа таксонов разных иерархических рангов включают одинаковый набор параметров бассейнов, в число которых, в первую очередь, входят высотные – их максимальные величины, амплитуда колебания высоты или падение реки. На видовом уровне значимость других параметров существенно ниже. Аналогичная зависимость получена на уровнях рода и семейства. При этом меняется не только теснота связи с изменением таксономического ранга, но и количество наиболее значимых морфометрических параметров.

**Ключевые слова:** морфометрические параметры речного бассейна; таксономическое богатство флоры; бассейн реки Томь.

**Abstract.** The article deals with methodological issues of studying the influence of morphometric parameters of model basins (size, nature of the river network, shape) of the Tom river on the taxonomic structure of flora. Taking into account significant differences in the morphometric of river basins, which determine the diversity of environmental conditions in the Tomi river basin, 22 model basins were identified. Morphometric of model basins is determined by 25 parameters characterizing the main sizes of basins (area, length, width, height, etc.), features of the river network (length and number of rivers, etc.), as well as various forms of river basins. The indicators of floristic wealth are accepted: the number of species, the number of genera and the number of model pool families. The author considers the conditionality of taxonomic diversity of flora by morphometric characteristics of basins for three levels-species, genus and family. Morphological parameters of model basins vary widely, which determines the diversity of plant habitats. However, the size, features of the river network and shape are not equivalent to the richness of the flora. Taxonomic richness at each level (species, genus and family) depends primarily on the morphometric of river basins. It is established that the altitude parameters are significant, especially the maximum height, the amplitude of the height or fall of the river, and the dependence is high ( $\alpha = 0,05$   $df = 20$ ). The nature of the river network and the shape of the basins for taxonomic richness are not essential. The most important morphometric features of basins by the number of taxa of different hierarchical ranks include the same set of parameters of the basin, primarily the height and their maximum values, the amplitude of fluctuations in the height or fall of the river. At the species level, the significance of other parameters is much lower. A similar relationship is obtained at the genus and family levels. This changes not only the proximity of the relationship with the change in taxonomic rank, but also the number of the most significant morphometric parameters. The article contains 10 Tables, 27 References.

**Key words:** morphometric parameters of the basin; taxonomic richness of flora; Tom river basin.

**Сведения об авторах:** Шереметов Рашит Туракулович, ORCID: 0000-0003-4089-7302, канд. геогр. наук, Кузбасский ботанический сад, Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, Россия, [rasit-sheremetov@rambler.ru](mailto:rasit-sheremetov@rambler.ru); Галахов Владимир Прокопьевич, канд. геогр. наук, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, [galahov@iwerp.ru](mailto:galahov@iwerp.ru).

**About the authors:** Sheremetov Rashit Turakulovich, ORCID: 0000-0003-4089-7302, Ph.D., Kuzbass botanical garden the Institute of human ecology FRC CCC SB RAS, Kemerovo, Russia, [rasit-sheremetov@rambler.ru](mailto:rasit-sheremetov@rambler.ru); Galakhov Vladimir Prokopyevich, Ph.D., Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IWERP SB RAS), Barnaul, Russia, [galahov@iwerp.ru](mailto:galahov@iwerp.ru).

### Введение

Пространственная дифференциация биологического богатства в зависимости от различных факторов – одна из наиболее важных проблем биогеографии, неотъемлемой частью которой является таксономическое богатство. Принято считать, что таксономическое богатство флоры, в глобальном или региональном масштабах, прежде всего, зависит от площади исследуемого региона. Для количественной и сравнительной оценки создаются биогеографические карты, в которых в различной степени интегрируется пространственно-временная информация разного масштаба и содержания. В зависимости от задач исследования, применяются методы картографирования, наиболее распространенным из которых является метод квадратных сеток [2; 4; 11]. Богатство исследуемых территорий определяется числом таксонов в ячейках:  $10 \times 10$ ;  $50 \times 50$  и  $75 \times 75$  км или  $2,5 \times 2,5^\circ$  и более. При картографическом обобщении материала такой подход, видимо, обоснован. Однако он не учитывает зависимость богатства от ряда других факторов. Искусственно выделенные таким образом учетные единицы являются абстрактными категориями, которые приводят в конечном итоге к тому, что в одну ячейку попадают виды с различной экологией, которые реально не сосуществуют друг с другом. К тому же недоучитываются как климатические различия внутри территории, так и влияние региональных особенностей ландшафтного многообразия [11]. Использование крупной ячейки, как в глобальном, так и в региональном масштабе, приводят к потере местных особенностей, что, в свою очередь, не позволяет в полной мере отразить влияние всего многообразия факторов на таксономическое богатство.

Корректное сравнение фактического материала возможно с использованием различных хорологических категорий. Например, для флоры сосудистых растений одной из таких категорий является конкретная флора. Понятие введено российским ботаником-географом А.А. Толмачевым [15]. Конкретную флору, как правило, рассматривают как элементарную естественную флору регионального масштаба [18], в общем виде она соответствует флоре ландшафта, а в иерархии категорий разнообразия –  $\gamma$ -разнообразию [9].

Во флористике используется близкое понятие «локальная флора» (ЛФ), которое представляет собой выборочную флору конкретного региона, или «флору географического пункта» [17; 21]. Методики закладки и изучения локальных и конкретных флор аналогичны, при этом локальные флоры часто соответствуют минимум-ареалу конкретной флоры, если они заложены в пределах однородного ландшафта [26].

Возможный способ сравнения разных по размерам территорий без учета площади и без пересчета числа таксонов на площадь стандартной величины используется для сравнения флор разных регионов, с пересчетом числа видов на площадь 100 и 1000 км<sup>2</sup>, которая определяется как удельное видовое богатство для бывшего СССР [8]. Хотя использование стандартной площади и дает возможность сопоставить изначально различные по площади территории, тем не менее, точность расчетов во многом зависит от имеющихся в распоряжении исследователей данных, при этом пересчет числа видов на площадь стандартного размера дает завышенные результаты [13].

Более простой по расчетам показатель для оценки удельного видового богатства, которое можно представить, как среднее арифметическое значений числа видов в локальной флоре, относящейся к конкретному региону, с использованием метода конкретных-локальных флор предложен Б.А. Юрцевым с соавторами [27].

Однако по относительному богатству таксонов, или доли, которую составляет число видов, родов или семейств в локальной флоре от общего числа соответствующей таксономической категории всей флоры конкретного региона (провинции, зоны), из-за отсутствия о полном видовом составе флор крупных регионов (провинций, зон) дать оценку затруднительно.

Аналогичным по содержанию является показатель пространственного разнообразия флоры Л.И. Малышева (1994), который определяется как показатель  $z$  из уравнения  $S = AX^z$ , где  $S$  – число видов на площади  $X$ ,  $A$  – число видов на единице площади, причем  $z < 1$ . Показатель  $z$  характеризует относительное видовое богатство – представленность элементарных флористических единиц в более крупных единицах регионального уровня – во флористических районах, областях или зонах [8].

Обилие подходов и методов определения исследуемой территории (площади), ограниченной условными или относительными границами, в конечном итоге не приводит к преодолению проблемы [11; 27–31]. Однако четкость заданных, хотя и искусственно принятых, границ является одним из важных аргументов в пользу выбора такого принципа. Но, тем не менее, необходимость выявить закономерности, характеризующие природные выделы, вынуждают флористов рассматривать флору естественных, имеющих физико-географические границы территориальных единиц районирования.

Обусловленность многих особенностей флоры и растительности географическими (экологическими) условиями позволяет нам использовать бассейновый подход. Реализация возможностей бассейнового подхода предусматривает использование природных территорий, которые являются естественными территориальными выделами с относительно однородными ландшафтно-экологическими условиями, с четкими границами в пределах речных водосборов. Таковыми являются малые и средние речные бассейны, или бассейны 4–6 порядков классификации Р.Е. Хортонa [16].

Основными физико-географическими факторами, определяющими особенности бассейна, являются такие, как географическое положение, геологическое строение и рельеф, климат, почва, растительность. Рельеф как фактор поверхности водосбора определяет характер выпадения и распределения осадков по территории водосбора, условия протекания воды по земной поверхности, в конечном итоге увлажнение бассейна.

В свою очередь, климат формируется под влиянием таких факторов как солнечная радиация, циркуляция атмосферы, рельеф и характер подстилающей поверхности. Сочетание всех климатообразующих факторов в полной мере отражается в особенностях речных бассейнов, которые являются во многом результатом того же климата [10].

Речные бассейны обладают множеством разнообразных свойств, которые имеют далеко не одинаковое значение для формирования и развития флоры и растительности. Наиболее важные особенности конкретного бассейна характеризуются его морфометрическими параметрами, которые могут быть рассмотрены как экологические факторы организации флоры и растительности. Система морфометрических параметров речных бассейнов достаточно хорошо разработана и широко используется во многих науках естественно-научного цикла [5–7].

Как правило, морфометрические параметры разделяют на три класса, каждый из которых состоит из нескольких групп. Различают основные параметры, определение которых обязательно для всех бассейнов, и дополнительные, набор которых может варьировать в зависимости от цели исследования; отдельно рассматриваются графические характеристики.

Многие вопросы, в том числе и методического характера, оценки значимости многочисленных пространственных (географических) параметров как экологических факторов формирования флоры остаются открытыми. Целью нашего исследования является оценка значимости морфометрических параметров размеров, особенностей речной сети и формы бассейнов для таксономического богатства флоры.

#### **Материалы и методы исследования**

Река Томь берет свое начало на западном склоне Абаканского хребта и впадает в реку Обь справа на 2672 км от устья и в 60 км от г. Томска. Площадь водосбора – 62 тыс. км<sup>2</sup>, 41% этой площади падает на левый берег, 59% – на правый. Длина реки – 827 км, протяженность участка реки в пределах Кемеровской области – 596 км.

Исток Томи находится на болотистом склоне между северными отрогами хребта Карлыган и горой Вершина Томи. Первые километры течет по заболоченной долине в юго-западном направлении. Ширина поймы до 3 км, перепад высот от истока до устья 1185 м. Среднемноголетний расход воды и годовой сток, соответственно, 1100 м<sup>3</sup>/с и 35,0 км<sup>3</sup>/год. Средняя скорость течения 0,33 м/с, на перекатах – 1,75 м/с. Замерзает в конце октября – начале ноября, вскрывается в конце апреля. Средняя продолжительность ледостава 158–160 дней, в среднем 175 дней в год свободна

ото льда. Дождевое питание реки составляет 25–40%, снеговое – 35–55% и грунтовое – 25–35% годового стока.

Верховье реки Томь порожистое, имеет узкую долину, крутые и высокие берега. Ниже впадения рек Уса и Мрас-Су долина ее расширяется, течение становится более спокойным. Кузнецкую котловину Томь пересекает с юго-востока на северо-запад. Основные ее притоки – рр. Уса, Мрас-Су, Кондома, Нижняя и Верхняя Терси, Тайдон и другие, стекающие с Кузнецкого Алатау и Горной Шории, – типичные горные реки. Питание смешанное, с преобладанием снегового. Характерно весеннее половодье за счет таяния снега в горах.

Совокупность морфометрических параметров речных водосборов представляется следующим образом [5; 7]. Простейшие, структурные и экспозиционно-симметричные классы морфометрических параметров состоят из нескольких групп. В классе простейших выделены группы элементарных, формы и высотных параметров. В классе структурных параметров выделены также 3 группы: удельные, составные и системно-структурные. К третьему классу показателей относятся ориентационные и симметричные группы показателей. Набор основных и дополнительных параметров может варьировать в зависимости от цели исследования.

Наиболее важными элементарными параметрами бассейнов являются площадь, длина, ширина. Эти параметры широко используются в многочисленных оценочных расчетах не только в отношении природных ресурсов, но и режимных характеристик рек. От величины этих параметров во многом зависят экологические условия и разнообразие местообитаний растений, которые в конечном итоге определяют особенности природной среды и биоразнообразие речных бассейнов.

Неотъемлемой частью речного бассейна является речная сеть, которая возникает в результате действия различных физико-географических процессов в бассейне. Характер ее зависит от рельефа первичной поверхности, геологической структуры и тектоники местности, климата и возраста бассейна. Если географическое положение и направление рек определены структурой неотектонических процессов, то основным фактором, определяющим развитие речной сети, являются климатические условия, и в первую очередь атмосферные осадки. Характеристики атмосферных осадков определяют режим стока и, как следствие, характер речной сети.

Особое значение при оценке морфометрии речных бассейнов имеют высотные параметры, характеризующие особенности рельефа. Группа высотных параметров выражает средние и предельные характеристики, или высотное положение отдельных элементов реки (исток, устье) или речного бассейна в целом. Эта особенность выражена наибольшими величинами коэффициента парной корреляции между параметрами средней и максимальной высотой бассейна, а также с высотой истока и устья, а, следовательно, и с падением реки. Кроме того, особое место занимает параметр уклона, который является интегральным параметром по сути, так как содержит в себе превышение и расстояние между выбранными точками пространства. Таким образом, наиболее содержательным из группы высотных параметров является максимальная высота бассейна, с которой другие параметры имеют подчиненное значение (по величине коэффициента парной корреляции).

В основе формы речных бассейнов заложены структурные особенности рельефа. Форма речных водосборов обычно характеризуется расширением в средней части и сужением к устью и истокам реки. Наряду с этой наиболее часто встречающейся формой имеются водосборы с мало изменяющейся по длине шириной (равномерно развитые водосборы) и более расширенной частью в верховьях или, наоборот, в нижнем течении и, наконец, водосборы, характеризующиеся уменьшением ширины в средней части. Форма речных водосборов определяет степень одновременности поступления воды к замыкающему створу из различных частей водосборной площади и тем самым оказывает существенное влияние на условия протекания воды в реке, и в конечном итоге, особенности режима увлажнения различных участков бассейна, что в итоге отражается на фенологических ритмах растений.

В качестве числовой характеристики конфигурации бассейна может быть использован коэффициент вытянутости речного бассейна ( $\beta$ ), выраженный отношением длины реки к средней ширине водосбора, или отношением квадрата длины реки к площади бассейна. Коэффициент формы является обратной величиной коэффициента вытянутости речного бассейна ( $\beta$ ) и представляет собой отношение средней ширины к длине реки ( $\beta'$ ). Коэффициент вытянутости ( $\beta$ ) показы-

вает, что вытянутость бассейна зависит от ширины бассейна: чем шире бассейн, тем меньше вытянутость.

Водоразделы, ограничивающие пространство бассейнов, как в горных, так и на всхолмленных равнинных участках, обычно хорошо выражены и проходят по линии пересечения двух смежных склонов горных хребтов или возвышенностей. В горных районах водоразделы, как правило, хорошо выражены и проходят по вершинам горных хребтов. На равнинах водоразделы нередко выражены неявно, и определить их точно бывает затруднительно, особенно на слабовсхолмленных равнинах или в заболоченных районах. От протяженности водораздела во многом зависят размеры и формы речных бассейнов. Широко применяются длина водораздельной линии (периметр бассейна,  $P$ ) и коэффициент развития водораздельной линии ( $w$ ).

В группе системно-структурных характеристик структура речной сети рассматривается с позиций топологии и теории графов. К ним относятся длина пути ( $\sum L$ ) – сумма непрерывной последовательности звеньев водотока, а также максимальная длина пути в системе, называемая в теории графов высотой дерева, или диаметром ( $d$ ). Информативные структурные показатели – суммарные структурные меры энтропии ( $\sum H_i$ ), вычисленные по формулам для расчета информации К. Шеннона [18].

Роль ориентационных характеристик часто недооценивается, хотя они, особенно в горной местности, являются ведущими факторами в пространственном распределении элементов водного баланса [1]. Так, ориентация геоморфологических элементов, в частности, главных водоразделов ( $Ав$ ), относительно главных направлений влагопереноса во многом определяет увлажненность территории, в этом смысле важно направление долины главной реки ( $Ад$ ). Большое значение имеют направления главных притоков, которые удобно изображать графически. Ориентация реки (долины) определяется от истока к устью и обозначается (это относится ко всем ориентационным характеристикам) как в румбах (т. е. С, СВ, В и т. д.), так и в градусах, начиная с севера по часовой стрелке.

Вторая подгруппа показателей описывает распределение площади бассейна по ориентации. Эти характеристики во многом определяют суммарное испарение с суши, ибо преобладание южных склонов ведет к повышению прихода солнечной радиации и к увеличению испарения. Учет распределения площади в восьми азимутальных интервалах проводится методом статистической выборки И.С. Соседова [14] и отображается, прежде всего, в виде графика – розы распределения (в процентах) от общей площади бассейна. Л.М. Корытный [7] предлагает две числовые характеристики: коэффициент распределения площади по ориентации ( $AF$ ), равный сумме (в процентах) четырех наиболее распространенных ориентаций, и коэффициент «южности» ( $Aю$ ), равный разности встречаемости южных (Ю, ЮВ, ЮЗ) и северных (С, СВ, СЗ) ориентаций.

Важны также параметры симметрии [7]. В настоящее время широко применяется такой показатель симметрии как коэффициент асимметрии по площади ( $aF$ ). Аналогичный показатель – коэффициент неравномерности развития речной сети ( $al$ ). В 1984 г. введен еще один показатель – коэффициент асимметрии по мощности, или коэффициент энантиоморфизма ( $as$ ). Он связан со структурой речной сети, и его легче, чем площадные характеристики, определять по картам и справочникам.

К симметричным, по существу, относятся и рассмотренные выше ориентационные показатели, коэффициент густоты речной сети по площади ( $AF$ ) и коэффициент «южности» ( $Aю$ ). При уменьшении этих коэффициентов, т. е. при симметричном распределении площади бассейна по ориентации, в значительной степени гасятся внутрибассейновые различия в суммарном испарении, и воднобалансовые процессы определяются цепочкой связей осадки–сток.

Видовое разнообразие исследованных бассейнов притоков Томи представлено от 451 до 648 видов высших сосудистых растений [23]. Фрагменты показателей таксономического состава флоры бассейна Томи представлены в таблицах 1, 2.

Для решения поставленной задачи применены статистические методы [12], при помощи которых проведены: расчет выборочных статистик, тесты на нормальность распределения, корреляционный анализ (линейная корреляция К. Пирсона), регрессионный анализ (парная линейная регрессия). Корреляционно-регрессионный анализ проведен с использованием массивов данных о таксономическом составе флор бассейнов реки Томь из [23]. Использованный компьютерный инструментарий: AtteStat12.0.5, MS Excel 2010.

Таблица 1

**Основные параметры флоры модельных бассейнов (по Шереметова, 2016)**

Модельный бассейн	Общее число			Модельный бассейн	Общее число		
	видов, Nв	родов, Nр	семейств, Nс		видов, Nв	родов, Nр	семейств, Nс
Уса	631	323	93	Аба	515	271	81
Мундыбаш	616	311	96	Черновой Нарык	455	262	81
Тайдон	479	272	85	Бол. Промышленная	499	281	84
Уньга	574	297	87	Порос	535	294	89
Лебяжья	486	274	87	Кисловка	529	303	90
Ускат	574	295	85	Бол. Казыр	546	293	82
Кабырза	615	309	92	Самуська	487	286	88
Н. Терсь	576	301	90	Басандайка	579	307	86
Стрелина	472	270	81	Бунгарап	451	264	81
В. Терсь	648	325	94	Тугояковка	482	277	86
Сосновка	464	272	83	Бол. Теш	514	277	87

**Результаты исследования и их обсуждение**

Среднее число видов в модельном бассейне превышает 500, родов – около 290, семейств – 87. Наибольшим богатством, практически на всех таксономических рангах, отличается бассейн Верхней Терси, а наименьшим таксономическим богатством отличаются бассейны Бунгарапа и Чернового Нарыка. Изменчивость числа видов в бассейне Томи незначительная, коэффициент вариации 0,11, что, тем не менее, выше, чем родов и семейств. В общих чертах, наибольшее число видов характерно для горных бассейнов, а наименьшее – для равнинных. Такая закономерность просматривается и по числу родов и семейств (табл. 2).

Таблица 2

**Статистические параметры модельных бассейнов реки Томь и их флор**

Статистические параметры	Параметры модельных бассейнов			Параметры флоры		
	F	L	Вср	Nв	Nр	Nс
Среднее значение	943	53	19	533	289	87
Стандартная ошибка	142,8	4,28	1,71	12,9	3,99	0,95
Максимум	3320	104	36	648	325	96
Минимум	257	32	8	451	262	81
Коэффициент асимметрии	2,25	1,03	0,74	0,42	0,36	0,43
Экссесс	7,03	0,31	-0,31	-1,03	-0,91	-0,6
Коэффициент вариации	0,71	0,38	0,43	0,11	0,06	0,05
Медиана	884,5	46,5	17	522	289,5	86,5

*Примечание:* F – площадь бассейна, км<sup>2</sup>; L – длина бассейна, км; Вср – средняя ширина бассейна, км; Nв – число видов; Nр – число родов; Nс – число семейств.

*Морфометрические параметры модельных бассейнов* Средняя площадь модельного бассейна составляет около 1000 км<sup>2</sup>. Однако диапазон колебания ее весьма широк: от 257 (бассейн Б. Теш) до 3320 км<sup>2</sup> (бассейн реки Уса). Последний также характеризуется и наибольшей длиной, которая достигает 104 км, что в три раза превышает среднюю величину модельного бассейна. Аналогично изменяются характеристики средней ширины бассейнов (табл. 2).

Основные параметры речной сети бассейна р. Томи представлены в таблице 3. Наиболее протяженная из рассматриваемых рек – река Уса, наименьшими по длине, не превышающими 50 км, являются Большой Теш и Кабырза. Средняя длина главной реки составляет 81 км. По количеству притоков и их суммарной протяженности также хорошо выражены различия: для равнинных рек, как правило, характерно минимальное количество притоков, в пределах 1–2 десятков, с общей протяженностью от первых десятков до нескольких сотен километров.

Для параметров, характеризующих количество притоков и их суммарную протяженность, характерна существенная амплитуда колебаний. Так, наибольшим количеством притоков ( $\sum S$ ), как уже было отмечено выше и по другим параметрам, отличается р. Уса, а наименьшим – р. Кисловка, соответственно, для нее же характерна и минимальная суммарная длина речной сети ( $\sum l$ ).

Несмотря на незначительные размеры, бассейн р. Теш отличается наибольшей плотностью (р) и густотой (D) речной сети – 0,573 притока на 1/км<sup>2</sup> и 0,782 км/км<sup>2</sup>. Вполне закономерно, что минимальные величины этих параметров характерны для р. Кисловки (0,007 1/км<sup>2</sup> и 0,017 км/км<sup>2</sup> соответственно).

Значительную плотность имеют горные бассейны Кузнецкого Алатау и Горной Шории – от 0,058 до 0,573. На равнинах этот показатель колеблется в пределах от 0,007 (нижнее течение р. Томи) до 0,422 (Кузнецкая котловина).

В целом в бассейне Томи, как в горных районах, так и на равнине, наблюдаются существенные колебания плотности речной сети: в горах она колеблется от 0,0578 1/км<sup>2</sup> до 0,5370 1/км<sup>2</sup>, а на равнине от 0,0101 1/км<sup>2</sup> до 0,4218 1/км<sup>2</sup>; аналогичные колебания наблюдаются и по густоте: в горах она колеблется от 0,01349 км/км<sup>2</sup> до 0,4462 км/км<sup>2</sup>, а на равнине от 0,0172 км/км<sup>2</sup> до 0,6869 км/км<sup>2</sup>.

Таблица 3

Морфометрические параметры речной сети бассейна реки Тошь

Статистические параметры	Параметры речной сети						
	l <sub>гл</sub>	∑S	∑l	ρ	D	Кизв	γF
Среднее значение	81	131	208	0,16	0,27	1,75	0,0005586
Стандартная ошибка	7,22	28,25	35,67	0,032	0,048	0,15	0,0001808
Максимум	179	552	706	0,537	0,7821	3,52	0,00304
Минимум	38	4	10	0,007	0,017	0,74	0,00002
Коэффициент асимметрии	1,07	1,79	1,31	0,98	0,99	1,49	2,1007669
Экссесс	1,83	3,86	2,40	0,22	0,10	2,23	3,4785828
Коэффициент вариации	0,42	1,01	0,80	0,91	0,83	0,40	1,5184281
Медиана	73	102	178	0,096	0,187	1,58	0,00023

*Примечание:* l<sub>гл</sub> – длина главной реки, км; ∑S – количество притоков; ∑l – суммарная длина речной сети, км; ρ – плотность речной сети, 1/км<sup>2</sup>; D – густота речной сети, км/км<sup>2</sup>; Кизв – коэффициент извилистости; γF – коэффициенты густоты речной сети по площади.

Удельные показатели речной сети, такие как коэффициент извилистости (Кизв) и коэффициент густоты речной сети по площади (γF), также отличаются большим диапазоном колебаний. Наибольшей извилистостью отличаются, как правило, равнинные реки, например, р. Бол. Промышленная (3,52), р. Черновой Нарык (3,51); наименьшая извилистость отмечена у р. Ускат.

Коэффициент густоты речной сети по площади (γF), который определяется, главным образом, климатическими особенностями, в первую очередь увлажненностью территории, изменяется от 0,00304 (р. Теш) до 0,00020 (р. Лебяжья). В целом все параметры речной сети обладают высокой изменчивостью (по коэффициенту вариации) выше 40%.

*Параметры высоты.* Высотные параметры модельных бассейнов колеблются в широких пределах (табл. 4). Так, максимальные высоты изменяются от первых сотен метров на равнинах (174 м, бассейн р. Порос) до 2000 м в горах (1919 м, бассейн р. Уса). Перепад высот колеблется от 100 до 1700 метров. При этом средние высоты бассейнов также колеблются в широких пределах: от 120 м (бассейн р. Тугояковка) до более 1300 м (1692 м, бассейн р. В. Терсь). Истоки горных рек находятся на высотах от 130 м над уровнем моря до 1500, у равнинных рек истоки расположены на уровнях, значительно уступающих горным (129 м, р. Уньга; 382 м, р. Аба). Устье в большинстве случаев находится на высотах в диапазоне от 70 м (бассейн р. Самуська) до 200 м (бассейн р. Черновой Нарык) у равнинных и от 133 м (бассейн р. Тайдон) до 410 м (бассейн р. Кабырза) у горных рек. В связи с этим падение рек может достигать существенных величин: от 11 м (бассейн р. Уньга) до 1320 м (бассейн р. В. Терсь).

Среднюю длину склонов (l<sub>скл</sub>) можно приближенно оценить по густоте речной сети. Протяженность склонов и их уклоны также колеблются в широких пределах. Средняя длина склона модельного бассейна составляет более 5 км. Наибольшая протяженность при этом характерна для равнинных рек (29 км в бассейне р. Кисловка), причем с небольшими уклонами. В горных бассейнах длина склонов колеблется в пределах 1–3 км (0,64 км, р. Теш; 3,2 км, р. Казыр). Наибольшие уклоны склонов (i<sub>скл</sub>) закономерно характерны для горных бассейнов и в целом для бассейна Томи и колеблются от 0,013 % в бассейне р. Уньга до 3,200% в бассейне р. Казыр.

Таблица 4

**Высотные параметры модельных бассейнов р. Томи**

Статистические параметры	Параметры высоты								
	Нмах	ΔН	Нср	Ни	Ну	Δh	Искл	Иск	Φ
Среднее значение	784	616	402	525	167	358	5,33	0,07	40,65
Стандартная ошибка	142,21	126,89	63,31	103,51	20,87	90,28	1,55	0,02	13,19
Максимум	1919	1692	1300	1500	410	1320	29,15	0,32	241,38
Минимум	174	103	120	129	68	11	0,64	0,00	2,53
Коэффициент асимметрии	0,82	0,87	1,62	1,35	1,26	1,50	2,28	2,20	2,09
Эксцесс	-1,17	-1,12	2,78	0,33	1,06	0,78	4,97	5,02	4,40
Коэффициент вариации	0,85	0,97	0,74	0,92	0,58	1,18	1,37	1,14	1,52
Медиана	449	295,5	302,5	280	142,5	156,5	2,68	0,04	9,42

*Примечание:* Нмах – максимальная высота в бассейне, м; ΔН – амплитуда высот бассейна, м; Нср – средняя высота водосбора, м; Ни – высота истока, м; Ну – высота устья, м; Δh – падение реки, м; Искл – длина склона, км; Иск – средний уклон склонов, %; Φ – геоморфологический фактор.

Комплексный показатель рельефа (Φ – геоморфологический фактор) различается на 2–3 порядка и колеблется от 241,38 (бассейн р. Кисловка) до 2,53 (бассейн р. Теш), причем, как правило, у горных бассейнов этот показатель меньше, чем у равнинных, что выражает особенности соотношения длины склонов и их уклонов в количественной форме. В целом изменчивость высотных параметров выше изменчивости параметров речной сети (по коэффициенту вариации) и выше 58%.

*Формы речных бассейнов.* Показатели формы модельных бассейнов р. Томи представлены в таблице 5. Протяженность водоразделов (Р) модельных бассейнов в среднем составляет около 140 км и колеблется в широких пределах от 70 до 300 км. Изменчивость водораздельной линии по коэффициенту вариации составляет 40%.

Наименьшее возможное значение коэффициента развития длины водораздельной линии бассейна (w) равно единице; с его увеличением форма речного бассейна больше отличается от формы круга, который у модельных бассейнов больше единицы и колеблется от 1,10 (бассейн р. Самуська) до 1,68 (бассейн р. Ускат), что существенно отличает их от формы круга. Очевидно, что чем больше показатель формы речного бассейна отличается от формы круга, тем больше значение коэффициента (w).

Чем больше величина коэффициента вытянутости (β), тем больше вытянутость бассейна. К такому можно отнести бассейны рек Нарык (18,04), Мундыбаш (13,58), Нижняя Терсь (13,01), Промышленная (12,42), Самуська (10,27).

Коэффициент формы (β') указывает, насколько ширина бассейна близка к длине главной реки, отсюда следует, что чем ближе величина коэффициента к единице, тем ближе конфигурация бассейна к округлым формам.

Сравнивая данные таблиц 5 и 6, приходим к выводу: модельные бассейны существенно различаются по форме. Среди них встречаются как обычные (грушевидные), так и почти овальные (округлые) формы.

Таблица 5

**Морфометрические параметры формы модельных бассейнов р. Томи**

Статистические параметры	Параметры формы бассейнов				
	Р, км	Р1, км	w	β	β'
Среднее значение	137	104	1,31	8,09	0,24
Стандартная ошибка	11,57	7,24	0,03	0,84	0,02
Максимум	302,5	204,2	1,68	18,04	0,47
Минимум	73	57	1,10	1,68	0,15
Коэффициент асимметрии	1,33	1,13	0,87	0,64	1,41
Эксцесс	2,70	2,33	0,31	0,49	1,23
Коэффициент вариации	0,40	0,33	0,12	0,49	0,36
Медиана	132,5	105,4	1,28	8,01	0,21

*Примечание:* Р – длина водораздельной линии; Р1 – длина окружности круга, площадь которого равна площади бассейна; w – коэффициент развития длины водораздельной линии; β – коэффициент вытянутости; β' – коэффициент формы.

К округлым по форме бассейнам относятся такие бассейны рек как Ускат (0,47) и Стрелина (0,43). Наиболее распространенные формы все же грушевидные, со средней величиной коэффициента формы ( $\beta'$ ), равной 0,24, что близко к грушевидной форме (0,30). Такую форму имеют бассейны рек Мундыбаш (0,30), Тайдон (0,29), Аба (0,27) и др.

Таблица 6

Отношение средней ширины водосбора к длине реки (по Михайлов, Добровольский, 1991)

Характеристика формы водосбора	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>			
	100	2000	5000	10000
Широкий (округлый)	0,85	0,65	0,55	0,50
Обычный (грушевидный)	0,40	0,30	0,26	0,24
Узкий (вытянутый)	0,20	0,15	0,13	0,12

Встречаются также бассейны с узкими формами (вытянутые), к которым могут относиться как горные бассейны рек Н. Терсь (0,15), В. Терсь (0,17), Уса (0,18), так и равнинные – Черновой Нарык (0,17), Тугояковка (0,17), Самуська (0,18).

Анализ широкого круга морфометрических показателей модельных бассейнов реки Томь показал многообразие размеров и форм, что предопределяет разнообразие экологических условий существования флоры и растительности региона.

Между морфометрическими параметрами бассейнов, как правило, существуют статистические связи. Наиболее тесные связи проявляются с комплексными параметрами, которые включают те характеристики, на основе которых они рассчитывались. Внутри каждой группы параметров имеют место наибольшие величины коэффициентов парной корреляции. Знание соотношений между различными параметрами способствует корректному выбору необходимых показателей для решения многих научных и практических задач.

Так, для группы основных (элементарных) параметров (площадь, ширина, длина бассейна) характерны весьма тесные связи, превышающие  $|0,7|$ , поскольку при определении площади любой геометрической фигуры используются параметры ширины и длины, т. е. параметр площади в скрытой форме включает параметры длины и ширины.

Параметр, характеризующий протяженность границы речного бассейна (периметр), тесно связан с площадью, длиной и шириной, поскольку любая геометрическая фигура имеет свою форму благодаря своим границам, в данном случае водоразделу речного бассейна. Кроме того, необходимо отметить, что между морфометрическими параметрами речных бассейнов и параметрами рек или речной сети в целом существуют определенные количественные соотношения, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов парной корреляции между параметрами рек и их бассейнов, а именно между длиной реки и площадью ее бассейна, и т. д.

Необходимо также отметить, что существуют и другие группы параметров, характеризующих особенности речных бассейнов. Предложенные систематизированные расчеты морфометрических параметров не сложные и могут быть выполнены для любого бассейна. Целесообразно проводить его на начальном этапе всех исследований, основанных на бассейновой концепции. Ранее показана целесообразность использования отдельных параметров для объяснения флористической дифференциации бассейновых флор и различий в их систематических показателях и пропорциях – в такой роли могут выступать как климатические параметры, так и некоторые морфометрические показатели модельных бассейнов [20-24]. Разносторонний анализ влияния морфометрических параметров речных бассейнов на таксономическое богатство, жизненные формы и в целом на биологический спектр флоры бассейна Томи ранее не проводился.

*Обусловленность таксономического богатства морфометрическими параметрами речных бассейнов.* Из 25 параметров, характеризующих морфометрию бассейнов, достоверные величины коэффициентов парной корреляции с числом видов получены лишь по 11, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7

**Теснота связи числа видов с морфометрическими параметрами речных бассейнов**

Параметр	Статистические параметры		Параметр	Статистические параметры	
	Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$		Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$
$\Delta H$	0,67	0,17	Hcp	0,49	0,20
Hmax	0,67	0,17	$\sum I$	0,48	0,20
Hi	0,66	0,17	I	0,47	0,20
$\Delta h$	0,64	0,17	P	0,46	0,20
L	0,50	0,19	$\sum S$	0,44	0,20
Hу	0,49	0,20			

Параметры ранжированы по величине коэффициента парной корреляции в убывающем порядке. В таблице приведены коэффициенты корреляции при пятипроцентном уровне значимости и степенях свободы  $df = 20$ .

Как следует из приведенной таблицы 7, по величине коэффициента парной корреляции наибольшее значение для числа видов имеют высотные параметры речных бассейнов, особенно их максимальные высоты (Hmax), или амплитуда колебаний высот ( $\Delta H$ ). При этом существенное значение имеет также высоты истоков рек (Hi), ее падение ( $\Delta h$ ). Менее значимы такие параметры как длина (L), средняя высота бассейна (Hcp), а также некоторые параметры речной сети (P,  $\sum S$ ,  $\sum I$ ) и уклоны склонов (Iск). Наибольшая значимость высотных параметров для флористического разнообразия отмечена и для других речных бассейнов [2].

При сравнении коэффициентов корреляции со шкалой Э.В. Ивантера и А.В. Коросова (2010), представленной в таблице 8, следует, что на качественном уровне теснота связи между морфометрическими параметрами и числом видов достигает лишь средней величины с показателями перепада высот, которые объясняют 41–45% дисперсии числа видов в бассейнах (коэффициент детерминации  $R^2 = 41,4\text{--}45,1\%$ ) [3]. С остальными параметрами связи средние или умеренные.

Таблица 8

**Шкала уровня тесноты связи по величине корреляции (Ивантер, Коросов, 2010)**

Интерпретация	Значение
Сильная, или тесная	при $r > /0,70/$
Средняя	при $/0,50/ < r < /0,69/$
Умеренная	при $/0,30/ < r < /0,49/$
Слабая	при $/0,20/ < r < /0,29/$
Очень слабая	при $r < /0,19/$

На родовом уровне коэффициенты парной корреляции с морфометрическими параметрами бассейнов представлены в таблице 9. Из 25 морфометрических параметров речных бассейнов достоверные коэффициенты (при  $\alpha = 0,05$  и  $df = 20$ ) получены лишь по восьми параметрам.

Таблица 9

**Теснота связи числа родов с морфометрическими параметрами речных бассейнов**

Параметр	Статистические параметры		Параметр	Статистические параметры	
	Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$		Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$
$\Delta h$	0,63	0,17	$\sum I$	0,47	0,20
Hi	0,62	0,18	I	0,45	0,20
$\Delta H$	0,61	0,18	$\sum S$	0,44	0,20
Hmax	0,60	0,18	L	0,43	0,20

Наибольшие коэффициенты корреляции с падением рек ( $\Delta h$ ), а также с высотой истоков рек (Hi), с амплитудой колебаний высот ( $\Delta H$ ) или максимальной высотой (Hmax). Менее существенны такие параметры речной сети, как суммарное количество рек ( $\sum S$ ), уклоны склонов (Iск) и длина бассейна (L). Таким образом, для числа родов в бассейнах наибольшее значение имеют высотные

параметры, которые дают средние величины корреляционной связи (по шкале Э.В. Ивантера и А.В. Коросова) и объясняют 36–40% дисперсии числа родов в бассейнах (коэффициент детерминации  $R^2 = 35,6\text{--}40,0\%$ ) [3]. Другие морфометрические параметры достоверных коэффициентов парной корреляции с числом родов не дали.

На уровне семейств из 25 морфометрических параметров речных бассейнов достоверные коэффициенты (при  $\alpha = 0,05$  и  $df = 20$ ) получены так же, как и для числа родов, по восьми параметрам (табл. 10).

Таблица 10

Теснота связи числа семейств с морфометрическими параметрами речных бассейнов

Параметр	Статистические параметры		Параметр	Статистические параметры	
	Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$		Коэффициент корреляции, R	Стандартная ошибка коэффициента корреляции, $\sigma$
$\Delta H$	0,55	0,19	$\Sigma I$	0,47	0,20
$\Delta h$	0,53	0,19	I <sub>гл</sub>	0,47	0,20
H <sub>мах</sub>	0,53	0,19	$\Sigma S$	0,45	0,20
H <sub>и</sub>	0,52	0,19	L	0,44	0,20

Причем наиболее существенными являются те же высотные параметры: максимальные высоты (H<sub>мах</sub>, H<sub>и</sub>) или диапазон изменчивости, выраженный падением реки или амплитудой колебаний высот ( $\Delta h$ ,  $\Delta H$ ). Более слабые (достоверные) связи числа семейств с параметрами речной сети ( $R^2 = 20\text{--}22\%$ ).

### Заключение

Анализ влияния морфометрических параметров речных бассейнов, характеризующих абиотическую среду, обуславливающую таксономическое богатство, свидетельствует о неоднозначности их влияния, т. е. различные группы параметров бассейнов влияют на таксономическое богатство флоры не равнозначно. Причем на каждом таксономическом уровне число видов, родов и семейств имеет различную обусловленность от морфометрических параметров модельных бассейнов. Не со всеми показателями морфометрии бассейнов, из рассмотренных 25 параметров, получены достоверные коэффициенты парной корреляции (при пятипроцентном уровне значимости и степенях свободы  $df = 20$ ). Для каждого таксономического уровня получен различный набор параметров. Наибольшее количество параметров получено для ранга вид, наименьшее – для ранга род и семейство. При этом наибольшее влияние на таксономическое богатство флоры оказывают высотные показатели бассейна. Не все рассматриваемые уровни таксономического богатства равноценно реагируют на морфометрические особенности бассейнов. Наиболее чувствительным к высотным параметрам оказался видовой уровень. Из высотных параметров наибольшее значение имеют максимальная высота или перепад высот, выраженный показателем падения реки или амплитудой колебания высоты в бассейне. С увеличением таксономического уровня влияние этих морфометрических параметров снижается.

Менее значимыми являются параметры речной сети: суммарное количество рек и их суммарная протяженность. Аналогичное значение имеют протяженность водоразделов и склонов бассейнов. Преимущество высоты перед другими параметрами, видимо, заключается в том, что на ограниченных пространствах в пределах малых и средних речных бассейнов именно этот параметр в большей степени влияет на разнообразие местообитаний, и в первую очередь через изменение гидротермических условий, что отражается на показателях таксономического богатства флоры.

Необходимо отметить, что такой параметр бассейнов как длина на все основные ранги имеет равноценное влияние. Кроме того, достоверных и сколько-нибудь значимых коэффициентов корреляции числа видов, родов и семейств с параметрами формы бассейнов, а также с площадью и шириной, получить не удалось.

*Работа выполнена в рамках государственного задания «Оценка состояния и охрана флористического разнообразия под влиянием антропогенных и техногенных факторов in situ и ex situ» № 0352-2016-0002; № государственной регистрации AAAA-A17-117041410053-1.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов А. Н., Кoryтный Л. М. Географические аспекты гидрологических исследований (на примере речных систем Южно-Минусинской котловины). Новосибирск: Наука. 1981.
2. Иванова А. В., Костина Н. В., Кузнецова Р. С. Взаимосвязь флористического и ландшафтного разнообразия территории на примере физико-географического района лесостепной зоны // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17. № 4. С. 481–485. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2017-17-4-481-485>
3. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия. Петрозаводск. 2010.
4. Королева Е. Г., Казанджян И. М., Аристархова Е. А., Каширина Е. С., Севастополь Ф. М., Ломоносова М. В. Изучение ботанического разнообразия методом квадратных сеток (на примере региональных исследований) // Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире» (г. Махачкала, 18-23 июня 2018 г.). 2018. Т. 1. С. 140–143.
5. Кoryтный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск, 2001.
6. Кoryтный Л. М. Морфологические характеристики речного бассейна // География и природные ресурсы. 1984. №3. С. 105–112.
7. Кoryтный Л. М. Симметрия в географии // География и природные ресурсы. 1984. № 1. С. 171–176.
8. Малышев Л. И. Флористическое богатство СССР // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: Материалы III раб. совещ. по сравнительной флористике. СПб.: Наука. 1994. С. 34–87.
9. Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука. 1989.
10. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология. М., 1991.
11. Морозова О. В. Пространственные тренды таксономического богатства сосудистых растений Восточной Европы // Виды и сообщества в экстремальных условиях: Сб., посвященный 75-летию ак. Ю. И. Чернова. М., 2009.
12. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М., 2004.
13. Ребристая О. В. Опыт применения метода конкретных флор в Западносибирской Арктике (полуостров Ямал) // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Материалы II раб. совещ. по сравнительной флористике. Л.: Наука. 1987. С. 67–90.
14. Соседов И. С. Исследование баланса снеговой влаги на горных склонах. Алма-Ата: Наука КазССР. 1967.
15. Толмачев А. И. К методике сравнительно-флористических исследований. I. Понятие о флоре в сравнительной флористике // Журнал Русского ботанического общества. 1931. Т. 16. № 1. С. 111–124.
16. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М., 1948.
17. Шеляг-Сосонко Ю. Р. О конкретной флоре и методе конкретных флор // Ботанический журнал. 1980. 65. № 6. С. 761–774.
18. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. М., 1963. С. 243–332.
19. Шереметов Р. Т., Шереметова С. А. Влияние гидротермических условий бассейна реки Томь на экологическую структуру флоры // Сибирский экологический журнал. 2017. № 2. С. 136–149. <https://doi.org/10.15372/SEJ20170204>
20. Шереметов Р. Т., Шереметова С. А. Влияние морфологических особенностей речных бассейнов на таксономическое богатство флоры // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: Сб. мат. докл. V Международной конференции (2-3 сентября 2018 г, Кемерово). Кемерово. 2018. С. 20–26.
21. Шереметов Р. Т., Шереметова С. А. Влияние снежного покрова на соотношение сосудистых споровых, голосеменных и цветковых растений во флоре бассейна р. Томи // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: Сб. науч. тр. Кемерово. 2016. Вып. 22. С. 71–77.
22. Шереметов Р. Т., Шереметова С. А. Особенности увлажнения бассейна Томи и экологический спектр флоры (по отношению к режиму увлажнения) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 37. С. 178–193.
23. Шереметова С. А. Флора бассейна реки Томь: состав, структура, трансформация, пространственная организация: Дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2016.
24. Шереметова С. А., Шереметов Р. Т. Основные климатические параметры зимнего сезона и особенности биологического спектра флоры сосудистых растений бассейна реки Томи // Сибирский экологический журнал. 2015. № 1. С. 3–12. <https://doi.org/10.1134/S1995425515010126>
25. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ. 1984.
26. Юрцев Б. А. Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор // Ботанический журнал. 1997. Т. 82. № 6. С. 60–70.

27. Юрцев Б. А., Зверев А. А., Катенин А. Е., Королева Т. М., Петровский В. В., Ребристая О. В., Ходачек Е. А. Пространственная структура видового разнообразия локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Ботанический журнал. 2004. Т. 89. № 11. С. 1689–1727.
28. Юрцев Б. А., Камелин Р. В. Основные понятия и термины флористики. Пермь. 1991.
29. Field R., Hawkins B. A., Cornell H. V., Currie D. J., Diniz-Filho J. A. F., Guégan J. F., O'Brien E. M. Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis // Journal of biogeography. 2009. V. 36. № 1. P. 132–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01963.x>
30. Hawkins B. A., Field R., Cornell H. V., Currie D. J., Guégan J. F., Kaufman D. M., Porter E. E. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness // Ecology. 2003. V. 84. № 12. P. 3105–3117. <https://doi.org/10.1890/03-8006>
31. Hillebrand H. On the generality of the latitudinal diversity gradient // The American Naturalist. 2004. V. 163. № 2. P. 192–211. <https://doi.org/10.1086/381004>

## REFERENCES

1. Antipov, A. N., & Korytnyi, L. M. (1981). Geograficheskie aspekty gidrologicheskikh issledovaniy (na primere rechnykh sistem Yuzhno-Minusinskoi kotloviny). Novosibirsk. (In Russian).
2. Ivanova, A. V., Kostina, N. V., & Kuznetsova, R. S. (2017). Interrelation of Floristic and Landscape Diversity of the Territory on the Example of the Physiographic Area of Forest-Steppe Zone. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 17(4), 481–485 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2017-17-4-481-485>
3. Ivanter, E. V., & Korosov, A. V. (2010). Elementarnaya biometriya. Petrozavodsk. (In Russian).
4. Koroleva, E. G., Kazandzhyan, I. M., Aristarkhova, E. A., Kashirina, E. S., Sevastopol, F. M., & Lomonosova, M. V. (2018). Izuchenie botanicheskogo raznoobraziya metodom kvadratnykh setok (na primere regional'nykh issledovaniy). In *Botanika v sovremennom mire. Trudy XIV S"ezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konferentsii "Botanika v sovremennom mire" (g. Makhachkala, 18-23 iyunya 2018 g.)*. 1. 140–143. (In Russian).
5. Korytnyi, L. M. (2001). Basseinovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii. Irkutsk. (In Russian).
6. Korytnyi, L. M. (1984). Morfologicheskie kharakteristiki rechnogo basseina. *Geografiya i prirodnye resursy*, (3). 105–112. (In Russian).
7. Korytnyi, L. M. (1984). Simmetriya v geografii. *Geografiya i prirodnye resursy*, (1). 171–176. (In Russian).
8. Malyshev, L. I. (1994). Floristicheskoe bogatstvo SSSR. In *Aktual'nye problemy sravnitel'nogo izucheniya flori: Materialy III rab. soveshch. po sravnitel'noi floristike*, St. Petersburg. 34–87. (In Russian).
9. Mirkin, B. M., Rozenberg, G. S., & Naumova, L. G. (1989). Slovar' ponyatii i terminov sovremennoi fitotsenologii. Moscow. (In Russian).
10. Mikhailov, V. N., & Dobrovol'skii, A. D. (1991). Obshchaya gidrologiya. Moscow. (In Russian).
11. Morozova, O. V. (2009). Prostranstvennye trendy taksonomicheskogo bogatstva sosudistykh rasteniy Vostochnoi Evropy. In *Vidy i soobshchestva v ekstremal'nykh usloviyakh: Sb., posvyashchenniy 75-letiyu ak. Yu. I. Chernova*, Moscow. (In Russian).
12. Puzachenko, Yu. G. (2004). Matematicheskie metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniyakh. Moscow. (In Russian).
13. Rebristaya, O. V. (1987). Opyt primeneniya metoda konkretnykh flori v Zapadnosibirskoi Arktike (poluostrov Yamal). In *Teoreticheskie i metodicheskie problemy sravnitel'noi floristiki: Materialy II rab. soveshch. po sravnitel'noi floristike*, Leningrad. 67–90. (In Russian).
14. Sosedov, I. S. (1967). Issledovanie balansa snegovoi vlagi na gornykh sklonakh. Alma-Ata.
15. Tolmachev, A. I. (1931). K metodike sravnitel'no-floristicheskikh issledovaniy. I. Ponyatie o flore v sravnitel'noi floristike. *Zhurnal Russkogo botanicheskogo obshchestva*, 16(1). 111–124. (In Russian).
16. Khorton, R. E. (1948). Erozionnoe razvitie rek i vodosbornykh basseinov. Moscow. (In Russian).
17. Shelyag-Sosonko, Yu. R. (1980). O konkretnoi flore i metode konkretnykh flori. *Botanicheskii zhurnal*, 65(6). 761–774. (In Russian).
18. Shannon, K. (1963). Matematicheskaya teoriya svyazi. In *Raboty po teorii informatsii i kibernetike*, Moscow. 243–332. (In Russian).
19. Sheremetov, R. T., & Sheremetova, S. A. (2017). The effect of the hydrothermal conditions of the Tom River Basin on the ecological structure of flora. *Contemporary Problems of Ecology*, (2). 119–130. (In Russian). <https://doi.org/10.15372/SEJ20170204>
20. Sheremetov, R. T., & Sheremetova, S. A. (2018). Vliyaniye morfologicheskikh osobennostey rechnykh basseinov na taksonomicheskoe bogatstvo flory. In *Problemy promyshlennoi botaniki industrial'no razvitykh regionov: Sb. mat. dokl. V Mezhdunarodnoi konferentsii (2-3 sentyabrya 2018 g, Kemerovo)*, Kemerovo. 20–26. (In Russian).
21. Sheremetov, R. T., & Sheremetova, S. A. (2016). Vliyaniye snezhnogo pokrova na sootnosheniye sosudistykh sporovykh, golosemenykh i tsvetkovykh rasteniy vo flore basseina r. Tomi. In *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana: Sb. nauch. tr. Kemerovo*, 22. 71–77. (In Russian).

22. Sheremetov, R. T., & Sheremetova, S. A. (2017). Osobennosti uvlazhneniya basseina Tomi i ekologicheskii spektr flory (po otnosheniyu k rezhimu uvlazhneniya). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, (37). 178–193. (In Russian).
23. Sheremetova, S. A. (2016). Flora basseina reki Tom': sostav, struktura, transformatsiya, prostranstvennaya organizatsiya: Dis. ... dokt. biol. nauk. Tomsk. (In Russian).
24. Sheremetova, S. A., & Sheremetov, R. T. (2015). Osnovnye klimaticheskie parametry zimnego sezona i osobennosti biologicheskogo spektra flory sosudistykh rastenii basseina reki Tomi. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, (1). 3-12. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S1995425515010126>
25. Shmidt, V. M. (1984). *Matematicheskie metody v botanike*. Leningrad. (In Russian).
26. Yurtsev, B. A. (1997). Monitoring bioraznoobraziya na urovne lokal'nykh flor. *Botanicheskii zhurnal*, 82(6). 60-70. (In Russian).
27. Yurtsev, B. A., Zverev, A. A., Katenin, A. E., Koroleva, T. M., Petrovsky, V. V., Rebristaya, O. V., & Khodachek, E. A. (2004). Prostranstvennaya struktura vidovogo raznoobraziya lokal'nykh i regional'nykh flor Aziatskoi Arktiki. *Botanicheskii zhurnal*, 89(11). 1689–1727. (In Russian).
28. Yurtsev, B. A., & Kamelin, R. V. (1991). Osnovnye ponyatiya i terminy floristiki. Perm'. (In Russian).
29. Field, R., Hawkins, B. A., Cornell, H. V., Currie, D. J., Diniz-Filho, J. A. F., Guégan, J. F., ... & O'Brien, E. M. (2009). Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis. *Journal of biogeography*, 36(1), 132-147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01963.x>
30. Hawkins, B. A., Field, R., Cornell, H. V., Currie, D. J., Guégan, J. F., Kaufman, D. M., ... & Porter, E. E. (2003). Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, 84(12), 3105-3117. <https://doi.org/10.1890/03-8006>
31. Hillebrand, H. (2004). On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist*, 163(2), 192-211. <https://doi.org/10.1086/381004>

---

Шереметов Р. Т., Галахов В. П. Влияние морфометрических параметров речных бассейнов на таксономическое богатство флоры (на примере бассейна р. Томь) // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 2. С. 76–89. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/10>

Sheremetov, R. T., & Galakhov, V. P. (2020). Influence of morphometric parameters of river basins on taxonomic richness of flora (by the example of the Tom river basin). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (2). 76–89. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/10>

---

дата поступления: 22 января 2020 г.

дата принятия: 14 апреля 2020 г.

© Шереметов Р.Т., Галахов В.П.