

УДК 581.5; 58.056

doi: 10.17223/19988591/37/10

Р.Т. Шереметов, С.А. Шереметова

Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово

Особенности увлажнения бассейна Томи и экологический спектр флоры (по отношению к режиму увлажнения)

Бассейн р. Томи характеризуется большим разнообразием географических условий, в том числе и климатических, следствием которых является высокая контрастность распределения ресурсов влаги. Для каждого бассейна сформированы массивы данных среднемесячных температур воздуха и сумм атмосферных осадков. С помощью комплексного показателя засушливости Д.А. Педя выявлены центры повышенного («влажного») и пониженного («сухого») увлажнения бассейна р. Томи. На равнинной части «сухой» центр располагается в пределах Кузнецкой котловины, а в горах – в западной части Горной Шории и южной части Кузнецкого Алатау. «Влажный» центр на равнине располагается в пределах возвышенности Сокур и Притомского района, а в горной части – в предгорьях, западной части Горной Шории и в наиболее высокой части Кузнецкого Алатау. При этом местоположение этих центров сохраняется как летом, так и зимой. Существенную значимость атмосферная засушливость имеет для мезофитов и мезогигрофитов горных районов зимой, особенно в наиболее суровое время холодного периода.

Ключевые слова: индекс засушливости; коэффициент корреляции; экологический спектр; бассейн р. Томи.

Введение

Экологические условия любой территории во многом предопределены климатом, от которого в первую очередь зависит соотношение баланса тепла и влаги. В ботанических исследованиях довольно часто используются температурные показатели или данные о количестве осадков [1–3]. Тем не менее для количественной характеристики увлажнения территории разработаны разнообразные комплексные показатели: индексы, коэффициенты [4–9]. Большинство из этих показателей было введено для классификации климатов, ландшафтно-климатического, почвенно-климатического, сельскохозяйственного и гидрологического районирования, но единого показателя, характеризующего увлажненность (засушливость) (метеорологическую, гидрологическую или агрометеорологическую (почвенную)), в настоящее время не существует. Нами предпринята попытка оценить влияние особенностей увлажнения на экологическую структуру флоры бассейна Томи с по-

мощью комплексного показателя увлажнения территории – индекса атмосферной засушливости Д.А. Педя [10].

Материалы и методики исследования

Территория бассейна Томи (площадь водосбора – 62 000 км²; исток: местоположение – Кузнецкий Алатау, высота 903 м; координаты: 53°39'05" с. ш.; 89°45'50" в. д.; устье: р. Обь, высота 68 м; координаты: 56°50'00" с. ш.; 84°29'20" в. д.) представляет собой сочетание районов с равнинным и горным рельефом. Наиболее низкая северная и западная части территории постепенно повышаются к югу и востоку. Таким образом, бассейн р. Томи характеризуется большим разнообразием географических условий, в том числе и климатических, следствием которых является высокая контрастность распределения ресурсов влаги, что отражается на соотношении экологических групп по фактору увлажнения во флоре бассейна [11].

Территория бассейна условно разделена на две части: равнинную (северо-восточная часть Колывань-Томской возвышенности, восточная часть Кузнецкой котловины) и горную (Кузнецкий Алатау, Горная Шория). Равнинная часть бассейна Томи находится в пределах лесостепной зоны, юга Томской области (Притомский геоморфологический район) и восточной части Кузнецкой котловины. В природно-климатическом отношении в зависимости от географического положения модельных бассейнов в условиях с различным характером турбулентности воздушных потоков обособляются климаты степи подгорного «иссушения» и климаты степи динамического центра Кузнецкой котловины. Климаты лесостепи разделяются на подрайоны с нарушенной вертикальной поясностью по склонам котловины типично лесостепного облика (южнее Кемерово), подтайги с повышенным увлажнением (равнинное правобережье Томи) и лесостепи в зоне подветренного «иссушения» (междуречье Ини и Томи, бассейн р. Абы). Примечателен местный климат Караканского хребта в динамическом центре котловины, где, несмотря на высоту до 400 м, распространены степные ландшафты. Кроме северной и южной части котловины, разделяемых Тарадановским увалом, заметно обособляются по увлажнению три полосы в продольном направлении: подсалаирская – наиболее засушливая, центральный водораздел, получающий больше осадков, особенно в северной части, и придолинная полоса Притомья на участке ниже с. Крапивино, также менее увлажненная. В Кузнецком Алатау и Горной Шории хорошо выражены вертикальные пояса (от предгорных степей до высокогорных тундр) [9].

В связи с различиями климатических условий, в том числе и увлажнения, обусловлено все разнообразие местообитаний в пределах водосбора Томи, в пределах которого выделено 22 модельных бассейна. Для каждого бассейна сформированы массивы данных среднемесячных температур воздуха и сумм атмосферных осадков (по месяцам, сезонам, в том числе и по

отдельным критическим для растений периодам, а также в целом за календарный год) [12–14]. По этим массивам данных рассчитывались индексы засушливости S Д.А. Педя [10]. Чаще всего этот индекс (S) использовался для оценки засух, реже в агрометеорологических целях и не использовался для решения экологических задач в ботанике. С помощью индекса S можно характеризовать условия как влажно-, так и теплообеспеченности. Для описания увлаженности (засушливости) Д.А. Педь берет для каждого месяца теплого периода показатели S_s , рассчитанные следующим образом: $S_s = \Delta T / \delta t - \Delta R / \delta r$, где S_s – интенсивность засухи теплого периода (s – summer, лето); ΔT , ΔR – отклонения от нормы (средних значений) температуры воздуха, осадков; δt , δr – средние квадратические отклонения этих величин. Первые два члена правой части уравнения характеризуют атмосферную засушливость. Положительным значениям показателя S_s соответствуют засушливые периоды, а отрицательным – влажные (в теплый период). Зимой, наоборот, положительным значениям S_w (показатель зимней засушливости, w – winter, зима) соответствуют влажные периоды, отрицательным – засушливые. Кроме того, положительным значениям S соответствует повышенный термический режим какого-либо района (модельного бассейна), отрицательным – территория, характеризующаяся возвратами холодов. В теплое время года условия засушливости характеризуются значениями $S_s \geq 2$, при $S_s \leq -2$ наблюдается избыточное увлажнение. Промежуточные значения S_s от -1 до $+1$ отражают нормальные условия, или условия слабой аномальности (от ± 1 до ± 2). Величины S_s , превышающие ± 3 , характеризуют условия избыточного увлажнения (засушливости). В холодное время года засушливость S_w определяется суммой нормированных величин температуры и осадков холодного периода. Если $S_w > 2$, то зима считается мягкой (теплой и многоснежной), если $S_w < -2$, то – суровой (холодной и малоснежной).

Сочетание сложного рельефа и климатических условий обусловили неравномерность распределения ресурсов влаги, для оценки которых нами использована бассейновая концепция с выделением модельных бассейнов [15].

Основой распределения видов растений по отношению к влажности послужили стандартные экологические шкалы и характеристики режима увлажнения местообитаний [16–20]. Объединение видов в условно однородные экологические группы со сходным отношением к конкретному фактору среды (увлажнению) проводилось, в первую очередь, с учетом приуроченности к определенным типам местообитаний. Также привлекались данные, содержащиеся в работах ученых по экологическому анализу, в особенности сибирских флор, характеризующих экологические диапазоны видов по экологическим шкалам, экологическим оптимумам и т.п. [21–24].

Динамика индексов засушливости рассматривалась на основе многолетних месячных показателей температуры и осадков 22 метеостанций, что позволяет объективно сравнить значения показателя различных станций и отдельных сезонов.

Зависимость между индексами засушливости и числом видов экологических групп определялась путем построения графиков, а для оценки тесноты связи использовался коэффициент детерминации [25], с помощью Statsoft STATISTICA 8.0 получены модули коэффициентов корреляции между показателями увлажнения за отдельные временные отрезки (месяц, сезон) годового цикла для равнинных и горных бассейнов.

Результаты исследования и обсуждение

При анализе увлажненности бассейна Томи выявлено, что наиболее остро засушливость в теплый период проявляется в центральной части Кузнецкой котловины. Кроме того, на отдельных этапах теплого периода равнинной части бассейна Томи формируются два контрастных центра атмосферной засушливости. Первый («сухой») формируется в Кузнецкой котловине и включает в себя модельные бассейны рек Бол. Промышленной и Уньги, при этом в наиболее теплую часть вегетационного периода он становится более глубоким по сухости и расширяется по площади, включая в себя водосборы Абы и Черного Нарыка. Второй центр, по характеру увлажнения противоположный первому, формируется севернее, в пределах возвышенных территорий Сокура и частично Притомского района Колывань-Томской возвышенности. Он охватывает модельные бассейны рек: Стрелины, Лебяжьей – весной и Сосновки, Тугояковки – осенью.

В горной части бассейна Томи в теплое время года также существуют два противоположных по характеру локальных центра увлажнения: относительно «сухой» и «влажный» (табл. 1). Центр относительно высокой увлажненности приурочен к наиболее приподнятым гипсометрическим уровням Кузнецкого Алатау, особенно в бассейне Нижней Терси. Статус самого увлажненного бассейна он сохраняет в течение всего теплого периода. Кроме того, влажными, но уступающими по величине увлажнения Нижней Терси, являются бассейны Тайдона, Бол. Казыра и Усы, первенство которых меняется в течение теплого времени года. Наиболее засушливыми в горных районах являются горно-шорские бассейны – Кабырза, Мундыбаш, Теш (особенно весной, в начале лета и осенью).

Таким образом, увлажненность горной части бассейна Томи отличается от увлажнения равнинной более упрощенной формой распределения. В течение всего теплого периода годового цикла местоположение наиболее засушливой части и наиболее увлажненной не меняется. Первая приурочена к бассейнам Горной Шории – Кабырзе и Мундыбашу ($S_s = 1,2-1,5$; $S = 1,2-1,6$). Местоположение второго центра («влажного») приурочено к наиболее возвышенной части Кузнецкого Алатау – бассейн р. Ниж. Терсь ($S_s = -2,0...-3,6$). На отдельных этапах меняется лишь глубина засушливости. Засушливость «сухого» центра не превышает $S_s = 2,0$ и существенно уступает по величине «влажному» центру ($S_s = -2,0...-3,6$).

Т а б л и ц а 1 [Table 1]

Индекс засушливости теплого периода бассейна р. Томи
[Drought index of the warm period of the Tom' river basin]

Станция [Station]	Горные модельные бассейны [Model basins of mountain rivers]	Месяц (№ п/п) [Month, sequential number]							Теплый период и его фазы [Warm period and its phases]			
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV– V	IV– X	V– VI	IX– X
Голец Подлунный [Golets Podlunnyy]	Уса [Usa]	–0,7	–0,6	–1,0	–0,4	–0,4	–0,4	0,3	–0,6	–0,8	–0,8	0,1
Ц. Рудник [Ts. Rudnik]	Тайдон [Taydon]	–0,2	–0,4	–0,8	–1,1	–0,7	–0,5	0,1	–0,4	–0,6	–0,8	–0,4
Усть-Кабырза [Ust'-Kabyrza]	Кабырза [Kabyrza]	1,2	0,9	0,7	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0	1,3	0,8	1,4
Темиртау [Temirtau]	Мундыбаш [Mundybash]	1,6	1,5	0,7	0,6	0,3	1,4	1,0	1,6	1,2	1,1	1,3
Коммунар [Kommunar]	Верх. Терсь [Verkh. Ters']	0,3	0,8	1,7	0,2	1,0	0,0	–1,6	0,6	1,0	1,4	–0,6
Ненастная [Nenastnaya]	Ниж. Терсь [Nizhn. Ters']	–3,5	–3,1	–2,8	–2,8	–2,6	–3,6	–2,0	–3,4	–2,5	–3,1	–3,3
Неожиданный [Neozhidannyu]	Бол. Казыр [Bol. Kazyr]	0,2	–0,8	0,9	1,4	0,6	0,2	–0,1	–0,4	0,7	0,1	0,1
Подкатунь, Грива [Podkatun', Griva]	Теш [Tesh]	0,8	1,6	1,0	1,0	0,6	1,9	0,7	1,3	–0,3	1,3	1,5
Станция [Station]	Равнинные модельные бассейны [Model basins of plain rivers]	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV– V	IV– X	V– VI	IX– X
Кольчугино [Kol'chugino]	Уньга [Un'ga]	1,5	1,3	0,8	0,6	1,2	0,9	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1
Болотное [Bolotnoe]	Лебяжья [Lebyazh'ya]	–1,5	–0,7	0,6	0,6	–0,2	–0,1	0,5	–1,1	0,1	0,0	0,3
Топки [Topki]	Стрелина [Strelina]	–2,6	–1,0	0,3	0,6	0,1	–0,8	–0,3	–1,8	–0,2	–0,3	–0,4
Трудар- мейская [Trudarmeys- kaya]	Ускат [Uskat]	0,5	–0,1	–0,5	–0,8	–0,1	0,1	–0,7	0,2	0,0	–0,3	–0,1
Тайга [Tayga]	Сосновка [Sosnovka]	–1,4	–0,6	–0,4	–0,4	–0,7	–1,1	–2,5	–0,8	–0,5	–0,5	–1,6
Новокузнецк [Novokuznetsk]	Аба [Aba]	2,5	0,2	–0,5	–0,7	0,1	0,5	1,9	0,9	0,2	–0,2	0,8
Киселевск [Kiselevsk]	Черновой Нарык [Chernovoy Naryk]	2,1	0,3	–0,2	–0,6	0,1	0,5	1,3	1,0	0,3	0,0	0,7

Окончание табл. 1 [Table 1 (end)]

Станция [Station]	Горные модельные бассейны [Model basins of mountain rivers]	Месяц (№ п/п) [Month, sequential number]							Теплый период и его фазы [Warm period and its phases]			
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV– V	IV– X	V– VI	IX– X
Томск [Tomsk]	Кисловка [Kislovka]	0,5	0,5	0,4	0,6	0,2	0,4	0,3	0,5	0,7	0,5	0,4
Кемерово [Kemerovo]	Бол. Про- мышленная [Bol. Pro- myshlennaya]	0,1	–0,1	1,1	1,5	1,4	1,0	2,1	–0,3	1,1	0,5	1,3
Томск [Tomsk]	Порос [Poros]	0,2	0,1	–0,3	–0,2	–0,2	0,1	–0,5	0,2	0,1	–0,1	–0,2
Брагино [Bragino]	Самуська [Samus'ka]	–0,3	0,4	0,1	0,2	0,0	0,2	–0,7	0,2	–2,4	0,3	–0,1
Томск [Tomsk]	Басандайка [Basandayka]	–0,2	0,1	–0,5	–0,2	–0,4	–0,3	–0,9	0,0	–0,1	–0,2	–0,6
Крапивино [Krapivino]	Бунгарап [Bungarap]	–0,3	0,0	–0,5	–0,7	–0,6	–0,5	0,3	0,1	–0,1	–0,3	–0,2
Тайга [Tayga]	Тугояговка [Tugoyakovka]	–1,3	–0,6	–0,6	–0,5	–0,7	–0,9	–2,6	–0,8	–0,5	–0,6	–1,5

В целом в бассейне Томи наиболее засушливой частью являются равнинные модельные бассейны, особенно расположенные в Кузнецкой котловине, горная часть в теплое время года отличается избыточным увлажнением. Однако общей особенностью увлажнения как для равнинных, так и для горных районов является наличие центров наибольшего и наименьшего увлажнения.

В начале холодного периода (ноябрь) обе группы модельных бассейнов (горные и равнинные) находятся в резко отличающихся по формированию увлажненности условиях. Большая часть равнинных бассейнов в это время существенно переувлажнена, $S > 3,0$, что соответствует сильно избыточному увлажнению. Исключение составляют бассейны рек Лебяжья, Стрелина, Бол. Промышленная (Sw колеблется от $-1,3$ до $-1,8...-1,9$). В декабре увлажненность равнинной территории существенно меняется – индекс зимней засушливости Sw снижается в два раза и не превышает $1,4$. В декабре на фоне увеличения зимней засушливости начинает формироваться центр наибольшей сухости, приуроченный к центру Кузнецкой котловины. В декабре становится «сухим» бассейн р. Бол. Промышленная ($Sw = -0,8$), а в самую холодную часть зимнего периода «сухая» территория существенно расширяется и включает модельные бассейны рек Аба, Черновой Нарык, Ускат ($Sw = -0,6...-0,8$). Такой же уровень сухости характерен и для бассейнов рек, расположенных в низовье Томи – Самуськи и Кисловки (табл. 2).

В отличие от равнинных, горные бассейны характеризуются повышенными значениями зимнего индекса засушливости Sw не в ноябре, а в декабре, особенно предгорные бассейны рек Теш, Тайдон, Мундыбаш ($Sw = 3,8-4,7$).

В других бассейнах величина индекса увеличивается от 1,3 (Уса) до 2,6 (Ниж. Терсь). Среди горных модельных бассейнов выделяется бассейн р. Теш, который в течение зимнего сезона сохраняет статус бассейна максимального зимнего увлажнения. В целом за зимний период наиболее увлажненными являются модельные бассейны рек Тайдон ($Sw = 1,1$) и Мундыбаш ($Sw = 1,3$), а самыми «сухими» являются Уса и Кабырза ($Sw = -1,1 \dots -1,3$).

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

Индекс засушливости холодного периода бассейна р. Томи
[Drought index of the cold period of the Tom' river basin]

Станция [Station]	Горные модельные бассейны [Model basins of mountain rivers]	Месяц (№ п/п) [Month, sequential number]					Холод- ный период [Cold period]
		XI	XII	I	II	III	
Голец Подлунный [Golets Podlunnyy]	Уса [Usa]	-1,4	1,3	-0,2	1,1	-0,4	-1,5
Ц. Рудник [Ts. Rudnik]	Тайдон [Taydon]	-0,2	3,8	1,2	1,6	0,1	1,1
Усть-Кабырза [Ust'-Kabyrza]	Кабырза [Kabyrza]	-1,6	1,6	-3,6	-2,0	-1,3	-1,5
Темиртау [Temirtau]	Мундыбаш [Mundybash]	1,0	3,8	0,5	0,7	2,2	1,3
Коммунар [Kommunar]	Верх. Терсь [Verkh. Ters']	0,1	2,1	-0,6	-1,9	-1,5	-0,9
Ненастная [Nenastnaya]	Ниж. Терсь [Nizhn. Ters']	0,0	2,7	1,5	-0,6	-1,2	0,2
Неожиданный [Neozhidanny]	Бол. Казыр [Bol. Kazyr]	-0,7	2,3	-0,9	-1,8	-0,7	-0,4
Подкатунь, Грива [Podkatun', Griva]	Теш [Tesh]	2,7	4,7	2,3	2,9	2,7	1,7
Станция [Station]	Равнинные модельные бассейны [Model basins of plain rivers]	XI	XII	I	II	III	XI–III
Кольчугино [Kol'chugino]	Уньга [Un'ga]	3,2	0,7	-0,1	-0,4	-0,6	-0,2
Болотное [Bolotnoe]	Лебяжья [Lebyazh'ya]	1,9	0,2	0,6	1,6	1,7	0,6
Топки [Topki]	Стрелина [Strelina]	1,8	0,0	0,6	1,9	1,5	0,5
Трудармейская [Trudarmeyskaya]	Ускат [Uskat]	3,0	0,7	-0,6	-0,4	-0,7	-0,4

О к о н ч а н и е т а б л. 2 [Table 2 (end)]

Станция [Station]	Горные модельные бассейны [Model basins of mountain rivers]	Месяц (№ п/п) [Month, sequential number]					Холод- ный период [Cold period]
		XI	XII	I	II	III	
Тайга [Tayga]	Сосновка [Sosnovka]	3,7	1,3	0,4	0,0	0,0	0,4
Новокузнецк [Novokuznetsk]	Аба [Aba]	3,7	0,3	–0,7	–0,7	–0,3	–0,4
Киселевск [Kiselevsk]	Черновой Нарык [Chernovoy Naryk]	3,3	0,7	–0,8	–0,6	–0,6	–0,4
Томск [Tomsk]	Кисловка [Kislovka]	3,1	0,1	–0,4	–0,8	–0,6	–0,5
Кемерово [Kemerovo]	Бол. Про- мышленная [Bol. Pro- myshlennaya]	1,3	–0,8	–0,5	0,9	1,0	–0,4
Томск [Tomsk]	Порос [Poros]	4,1	0,9	0,6	–0,1	–0,2	0,4
Брагино [Bragino]	Самуська [Samus'ka]	3,0	0,3	–0,5	–0,7	–0,8	–0,5
Томск [Tomsk]	Басандайка [Basandayka]	4,8	1,4	0,9	0,0	0,1	0,8
Крапивино [Krapivino]	Бунгарап [Bungarap]	3,3	0,0	–0,2	–0,9	–0,9	–0,5
Тайга [Tayga]	Тугояговка [Tugoyakovka]	4,0	1,2	0,9	0,3	0,3	0,8

По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения выделено 6 групп, из них 4 основные и 2 дополнительные (табл. 3). Экологический состав флор по фактору увлажнения модельных бассейнов различен, что выражает их специфику, предопределенную особенностями их физико-географических условий. В экологических спектрах по режиму увлажнения всех модельных бассейнов наблюдается преобладание мезофильных групп. Мезофиты составляют не менее 40%. Совокупность мезофитов и мезогигрофитов дает более 50% видов в степных котловинных бассейнах, а в горных – 70%. Максимальное число ксерофитов и мезоксерофитов отмечено для бассейнов рек Ускат, Аба и Уньга (соответственно 24, 28, 32%). Именно к этой части бассейна Томи приурочен центр наибольшей атмосферной засушливости.

Для оценки соотношения экологических групп и степени увлажнения, выраженного индексом засушливости Д.А. Педя, приводятся модули коэффициентов корреляции для 8 горных и 14 равнинных модельных бассейнов. Кроме того, расчеты проведены отдельно по теплomu и холодному периодам годового цикла и для всех модельных бассейнов, выделенных на водосборе р. Томи (табл. 4).

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

**Соотношение экологических групп по фактору влажности во флорах
модельных бассейнов р. Томи**

**[Ratio of ecological groups according to humidification factor in the floraе
of the model basins of the Tom' river]**

Речные бассейны [River basins]	Экологические группы, выделенные по фактору увлажнения (число видов) [Ecological groups according to humidification factor (number of species)]					
	Мезофиты [Meso- phytes]	Мезоги- грофиты [Mesohygro- phytes]	Гигро- фиты [Hygro- phytes]	Гидро- фиты [Hydro- phytes]	Мезоксе- рофиты [Mesoxe- rophytes]	Ксеро- фиты [Xero- phytes]
Кабырза [Kabyrza]	266	178	63	30	78	–
Мундыбаш [Mundybash]	257	166	72	47	72	2
Теш [Tesh]	216	133	67	37	61	–
Бол. Казыр [Bol. Kazyr]	251	157	62	22	54	–
Уса [Usa]	274	189	72	40	56	–
Верх. Терсь [Verkh. Ters']	267	186	83	45	68	–
Ниж. Терсь [Nizhn. Ters']	230	173	77	33	63	–
Тайдон [Taydon]	206	123	57	38	55	–
Черновой Нарык [Chernovoy Naryk]	180	100	54	36	81	4
Бунгарап [Bungarap]	189	113	57	36	54	2
Бол. Про- мышленная [Bol. Promysh- lennaya]	202	122	52	34	68	21
Аба [Aba]	208	88	42	32	88	57
Ускат [Uskat]	213	95	47	34	101	84
Уньга [Un'ga]	217	110	62	43	100	42
Стрелина [Strelina]	207	97	52	37	70	9
Лебязья [Lebyazh'ya]	202	107	59	39	62	17
Сосновка [Sosnovka]	199	106	53	38	58	10
Тугояговка [Tugojakovka]	215	107	62	38	52	8
Самуська [Samus'ka]	205	112	67	51	52	–

Окончание табл. 3 [Table 3 (end)]

Речные бассейны [River basins]	Экологические группы, выделенные по фактору увлажнения (число видов) [Ecological groups according to humidification factor (number of species)]					
	Мезофиты [Meso-phytes]	Мезоги- грофиты [Mesohygro- phytes]	Гигро- фиты [Hygro- phytes]	Гидро- фиты [Hydro- phytes]	Мезоксе- рофиты [Mesoxe- rophytes]	Ксеро- фиты [Xero- phytes]
Басандайка [Basandayka]	215	138	78	45	85	18
Кисловка [Kislovka]	210	116	68	59	59	17
Порос [Poros]	217	127	76	65	50	–
Томь [Tom']	448	279	156	115	188	136

Таблица 4 [Table 4]

**Модули коэффициентов корреляции между индексом засухливости
Д.А. Педа и числом видов в экологических группах по фактору
увлажнения равнинных модельных бассейнов**
[Modules of correlation coefficients between Ped's drought index and number of species
in ecological groups according to humidification factor of plain model basins]

Месяц [Month]	Экологические группы [Ecological groups]					
	Мезо- фиты [Meso- phytes]	Мезоги- грофиты [Mesohy- grophytes]	Гигрофиты [Hygro- phytes]	Гидро- фиты [Hydro- phytes]	Мезоксе- рофиты [Mesoxe- rophytes]	Ксеро- фиты [Xero- phytes]
Тёплый период и его фазы [Warm period o its phases]						
IV	0,10	0,16	0,17	0,02	0,55	0,47
V	0,12	0,20	0,26	0,34	0,40	0,29
VI	0,03	0,12	0,02	0,04	0,06	0,07
VII	0,16	0,31	0,14	0,16	0,10	0,20
VIII	0,10	0,07	0,13	0,02	0,40	0,25
IX	0,01	0,06	0,06	0,11	0,44	0,41
X	0,24	0,12	0,29	0,17	0,43	0,21
IV–V	0,01	0,01	0,06	0,19	0,45	0,39
IV–X	0,06	0,06	0,16	0,11	0,45	0,24
V–VI	0,11	0,22	0,18	0,27	0,27	0,12
IX–X	0,13	0,05	0,20	0,04	0,44	0,30
Холодный период [Cold period]						
XI	0,26	0,27	0,45	0,31	0,03	0,03
XII	0,26	0,13	0,37	0,16	0,10	0,02
I	0,42	0,43	0,52	0,22	0,33	0,43
II	0,10	0,03	0,11	0,23	0,13	0,26
III	0,07	0,00	0,12	0,25	0,16	0,30
XI–III	0,36	0,27	0,35	0,05	0,19	0,33

Проверка уровня связей экологических групп с атмосферной засухливостью горных бассейнов в теплое время года также показала отсутствие

существенных связей. Зимний сезон в горных бассейнах является более важным фактором для мезофитов и мезогигрофитов, особенно в декабре–январе. Получена высокая статистически значимая зависимость этих групп с засушливостью зимнего сезона в целом для уровня вероятности 0,95 (табл. 5). Остальные группы продемонстрировали отсутствие каких-либо значимых связей с атмосферной засушливостью в горных условиях.

Т а б л и ц а 5 [Table 5]

**Модули коэффициентов корреляции между индексом
засушливости Д.А. Педя и числом видов в экологических группах
по фактору увлажнения горных модельных бассейнов**
[Modules of correlation coefficients between Ped's drought index and number of species
in ecological groups according to humidification factor of mountain model basins]

Месяц [Month]	Экологические группы [Ecological groups]				
	Мезофиты [Meso- phytes]	Мезогигрофиты [Mesohy- grophytes]	Гигрофиты [Hygro- phytes]	Гидрофиты [Hydro- phytes]	Мезоксерофиты [Mesoxe- rophytes]
Тёплый период и его фазы [Warm period o its phases]					
IV	0,26	0,14	0,30	0,20	0,38
V	0,17	0,15	0,10	0,42	0,45
VI	0,32	0,01	0,02	0,12	0,34
VII	0,36	0,03	0,28	0,16	0,24
VIII	0,42	0,06	0,12	0,06	0,33
IX	0,16	0,22	0,32	0,16	0,31
X	0,10	0,23	0,63	0,06	0,26
IV–V	0,22	0,14	0,18	0,34	0,43
IV–X	0,48	0,11	0,15	0,08	0,50
V–VI	0,29	0,04	0,03	0,28	0,40
IX–X	0,20	0,19	0,41	0,11	0,30
Холодный период [Cold period]					
XI	0,54	0,53	0,14	0,36	0,02
XII	0,78	0,82	0,25	0,24	0,13
I	0,71	0,55	0,12	0,33	0,52
II	0,59	0,61	0,23	0,38	0,39
III	0,39	0,55	0,20	0,35	0,05
XI–III	0,78	0,78	0,21	0,25	0,16

В целом прослеживается незначительная чувствительность мезоксерофитов и ксерофитов к засушливости весны и осени. В зимний период времени на равнинной части бассейна Томи сколько-нибудь существенных связей экологических групп с зимней засушливостью не выявлено. Заметна лишь

общая, за исключением гидрофитов, несколько повышенная реакция на самую холодную часть зимы.

Заключение

С помощью комплексного показателя увлажнения (индекса Педя) выявлена пространственно-временная неоднородность бассейна Томи. На равнинной части «сухой» центр располагается в пределах Кузнецкой котловины, а горах – в западной части Горной Шории и южной части Кузнецкого Алатау. «Влажный» центр на равнине размещается в пределах возвышенности Сокур и Притомского района, а в горной части – в предгорьях, западной части Горной Шории и в наиболее высокой части Кузнецкого Алатау. При этом местоположения этих центров обладают относительной устойчивостью в годовом климатическом цикле. Неравномерное распределение увлажнения на числе видов экологических групп как равнинных, так и горных модельных бассейнов в теплое время годового цикла не отражается. Тем не менее для двух групп: мезофитов и мезогигрофитов – наибольшее значение имеет зимняя засушливость горных районов, что подтверждается высокой статистически значимой связью, особенно в декабре и январе, в наиболее суровое время холодного периода.

Литература

1. Kira T. A Climatological interpretation of Japanese vegetation zones // Vegetation science and environmental protection. Tokyo, 1977. PP. 21–30.
2. Box E.O. Climatic relationships of the forests of east and Southeast Asia // Vegetation science in forestry: global perspective based on forests ecosystems of East and Southeast Asia. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. PP. 23–55.
3. Krestov P.V. Vegetation cover and phytogeographical lines on northern Pacifica. Vladivostok: Institute of Biology and Soil Sciences, 2006. 424 p.
4. Сляднев А.П. Географические основы климатического районирования и опыт их применения на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // География Западной Сибири. Новосибирск: Западно-Сибирское книжное изд-во, 1965. С. 3–122.
5. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л. : Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
6. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л. : Гидрометеиздат, 1978. 307 с.
7. Шапко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР Л. : Гидрометеиздат, 1985. 249 с.
8. Садоков В.П., Неушкин А.И., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Летняя засуха (май–август 1949–1999 гг.) на территории бывшего СССР // Труды ГМИЦ РФ. 2001. Вып. 336. С. 3–33.
9. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Статистические свойства временных рядов Sa для оценки условий увлажненности и засушливости по основным сельскохозяйственным районам России и Беларуси // Труды ГМИЦ РФ. 2008. Вып. 342. С. 17–22.
10. Педь Д.А. О показателе засух и избыточного увлажнения // Труды ГМИЦ СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–38.
11. 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.

12. *Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы* / отв. ред. С.В. Пахневич. Л. : Гидрометеиздат, 1965. Вып. 20, ч. II. 396 с.
13. *Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров* / отв. ред. В.Л. Кухаркина. Л. : Гидрометеиздат, 1969. Вып. 20, ч. IV. 332 с.
14. Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. Особенности влияния увлажнения на структуру флоры бассейна реки Томь // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : матер. науч. конф. Кемерово : Ирбис, 2015. С. 152–156.
15. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. 164 с.
16. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М. : Сельхозгиз, 1956. 472 с.
17. Цаценкин И.А., Дмитриева С.И., Беляева Н.В. и др. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову. М. : Ин-т кормов, 1974. 247 с.
18. Горышина Т.К. Экология растений. М. : Высш. шк., 1979. 365 с.
19. Работнов Т.А. Экология луговых трав. М. : Московский гос. ун-т, 1985. 176 с.
20. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова : учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
21. Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1988. 318 с.
22. Прокопьев Е.П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы) : учебник для биологических факультетов вузов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2001. 340 с.
23. Королюк Ю.А. Экологические оптимумы растений юга Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана : сб. науч. трудов / под ред. А.Н. Куприянова. Кемерово : Ирбис, 2006. Вып. 12. С. 3–28.
24. Лащинский Н.Н., Лащинская Н.В. Высшие сосудистые растения // Флора Салаирского края. Новосибирск : Гео, 2007. С. 155–251.
25. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике : учеб. пособие. Л. : Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.

*Поступила в редакцию 01.06.2016 г.; повторно 06.01.2017 г.;
принята 26.01.2017 г.; опубликована 25.03.2017 г.*

Авторский коллектив:

Шереметов Рашид Туракулович – канд. геогр. наук, н.с. лаборатории интродукции растений отдела «Кузбасский ботанический сад», Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН (Россия, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10).

E-mail: rasit-sheremetov@rambler.ru

Шереметова Светлана Анатольевна – канд. биол. наук, доцент, в.н.с. лаборатории интродукции растений отдела «Кузбасский ботанический сад», Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН (Россия, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10).

E-mail: ssheremetova@rambler.ru

Sheremetov RT, Sheremetova SA. Features of the Tom' river basin humidification and ecological spectrum of the flora (in relation to humidification regime) *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biology – Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;37:178-193. doi: 10.17223/19988591/37/10. In Russian, English summary

Rashit Tur. Sheremetov, Svetlana An. Sheremetova

Institute of Human Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

Features of the Tom' river basin humidification and ecological spectrum of the flora (in relation to humidification regime)

The aim of this work was to assess the effect of humidification peculiarities on the Tom river basin ecological structure using a complex territory humidification index, i.e. Ped's drought index.

The Tom' river basin is situated in the depths of a huge part of the land, near the center of Eurasia, at the crossroads of Western and Eastern Siberia, and is considerably distant from the seas and oceans, which determines the degree of continentality of its climate. Watershed area is 62 000 km²; river source: location - the Kuznetsk Alatau, height 903 m; coordinates: 53°39'05"N; 89°45'50"E.; river mouth: Ob' river, height 68 m; coordinates: 56°50'00"N; 84°29'20"E). The area is a mixture of areas with lowland and mountainous terrain. A significant area is within the plains of the forest-steppe zone and occupies the South-Eastern part of the West Siberian plain and the Kuznetsk Basin. The diversity of geographic conditions, including climate, is a significant cause of a high contrast of humidification resources distribution. Under such circumstances, an important environmental problem is the identification of the ratio of ecological characteristics of flora and humidification, which largely determines the biodiversity of the region.

Taking into account the uneven humidification, which determines the diversity of habitats in the Tom' watershed, we determined 22 model basins. For each basin we generated datasets of average monthly air temperatures and sums of atmospheric precipitations. We used these data quantities to calculate complex Ped's drought index (S). Using Ped's drought index, we identified centers of high ("wet") and low ("dry") humidification of the Tom' river basin. On the flat part, the "dry" center is within the Kuznetsk Basin, and in the mountains it is located in the Western part of the Mountain Shoriya and the southern part of the Kuznetsk Alatau. The "wet" center, on the plain, is within the Sokur upland and Pritomsky area, and in the mountains it is situated in the foothills of the Western part of the Mountain Shoriya and in the highest part of the Kuznetsk Alatau. The location of these centers is the same both in summer and winter. In winter, on the plain, as well as in summer, there are two centers of winter humidification: "dry" and "wet", and the winter location coincides with the summer one: "dry" is within hollow basins (Uskat, Aba, Chernovoy Naryk, Bol'shaya Promyshlennaya, Un'ga and Bungarap); "wet" is within the Sokur upland and Pritomsky area (Lebyazh'ya, Strelina, Sosnovka, Tugoyakovka, Basandayka).

We revealed that atmospheric aridity is significantly important for mesophytes and mesohygrophytes in mountain areas in winter, especially during the most severe cold period, while the established relation is high and valid at a significance level ($p < 0.05$).

The article contains 5 Tables, 25 References.

Key words: drought index; correlation coefficient; environmental facilities; the Tom' river basin.

References

1. Kira TA. Climatological interpretation of Japanese vegetation zones. In: *Vegetation science and environmental protection*. Miyawaki A. and Tüxen R, editors. Maruzen, Tokyo; 1977. pp. 21-30.
2. Box EO. Climatic relationships of the forests of east and Southeast Asia. In: *Vegetation science in forestry: global perspective based on forests ecosystems of East and Southeast Asia*. Box EO et. al., editors. Dordrecht: Kluwer Academic Publ.; 1995. pp. 23-55.

3. Krestov PV. *Vegetation cover and phytogeographical lines on northern Pacifica*. Dr. Sci. Dissertation, Biology. Vladivostok: Institute of Biology and Soil Sciences Publ.; 2006. 424 p.
4. Slyadnev AP. Geograficheskie osnovy klimaticheskogo rayonirovaniya i opyt ikh primeneniya na yugo-vostoke Zapadno-Sibirskoy ravniny [Geographical basis of climatic zoning and the experience of its application in the South-East of the West Siberian plain]. In: *Geografiya Zapadnoy Sibiri* [Geography of Western Siberia]. Novosibirsk: Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izd-vo; 1965. pp. 3-122. In Russian
5. Khromov SP, Mamontova LI. Meteorologicheskii slovar' [Dictionary of meteorology]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1974. 568 p. In Russian
6. Chebotarev AI. Gidrologicheskii slovar' [Dictionary of hydrology]. Leningrad: Gidrometizdat; 1978. 307 p. In Russian
7. Shashko DI. Agroklimaticheskie resursy SSSR [Agroclimatic resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1985. 249 p. In Russian
8. Sadokov VP, Neushkin AI, Kozel'tseva VF, Kuznetsova NN. Letnyaya zasukha (may-avgust 1949-1999) na territorii byvshego SSSR [Summer drought (May-August of 1949-1999) on the territory of the former USSR]. *Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii – Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR*. 2001;336:3-33. In Russian
9. Sadokov VP, Kozel'tseva VF, Kuznetsova NN. Statisticheskie svoystva vremennykh ryadov Sa dlya otsenki usloviy uvlazhnennosti i zasushlivosti po osnovnym sel'skokhozyaystvennym rayonam Rossii i Belarusii [Statistical properties of Sa time series to assess conditions of humidification and aridity in major agricultural regions of Russia and Belarus]. *Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii – Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR*. 2008;342:17-22. In Russian
10. Ped' DA. O pokazatele zasukh i izbytochnogo uvlazhneniya [On drought and excessive humidification index]. *Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra SSSR – Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR*. 1975;156:19-38. In Russian
11. Sheremetova SA, Sheremetov RT. Main climate parameters of the winter season and features of the biological spectrum of vascular plant florain the Tom' river basin. *Contemp. Probl. Ecol.* 2015;8(1):1-8. doi: [10.1134/S1995425515010126](https://doi.org/10.1134/S1995425515010126)
12. *Spravochnik po klimatu SSSR. Temperatura vozduha i pochvy* [Handbook on the climate of the USSR. Air and soil temperature]. Iss. 20. Pt II. Pakhnevich SY, editor. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1965. 396 p. In Russian
13. *Spravochnik po klimatu SSSR. Vlazhnost' vozduha, atmosferynye osadki, snezhnyy pokrov* [Handbook on the climate of the USSR. Humidity, precipitations, and snow cover]. Kuharskaya VL, editor. Iss. 20. Pt. IV. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1969. 332 p. In Russian
14. Sheremetova SA, Sheremetov RT. Osobennosti vliyaniya uvlazhneniya na strukturu flory basseyna reki Tom' [Features of humidification effect on the structure of the flora of the Tom' River Basin]. In: *Problemy promyshlennoy botaniki industrial'no razvitykh regionov*. Materialy nauch. konf. [Problems of industrial botany of industrially developed regions. Proc. of the Sci. Conf. (Kemerovo, Russia, 1-2 October, 2015)]. Kemerovo: Irbis Publ.; 2015. pp.152-156. In Russian
15. Korytnyy LM. Basseynovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii [Basin concept in nature management]. Irkutsk: Publishing house of Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2001. 164 p. In Russian
16. Ramenskiy LG, Tsatsenkin IA, Chizhikov ON, Antipin NA. Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodiy po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of grassland vegetation cover]. Moscow: Sel'hozgiz; 1956. 472 p. In Russian
17. Tsatsenkin IA, Dmitrieva SI, Belyaeva NV, Savchenko IV. Metodicheskie ukazaniya po ekologicheskoy otsenke kormovykh ugodiy lesostepnoy i stepnoy zon Sibiri po rastitel'nomu pokrovu [Methodical guidelines for environmental assessment of forage

- lands in forest-steppe and steppe zones of Siberia by vegetation cover]. Moscow: All-Union Scientific Research Institute of Forages Publ.; 1974. 247 p. In Russian
18. Goryshina TK. Ekologiya rasteniy [Plant ecology]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1979. 365 p. In Russian
 19. Rabotnov TA. Ekologiya lugovykh trav [Ecology of meadow grasses]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1985. 176 p. In Russian
 20. Zverev AA. Informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh rastitel'nogo pokrova: Uchebnoe posobie [Information technologies in studies of vegetation: Text-book]. Tomsk: TML-Press Publ.; 2007. 304 p. In Russian
 21. Revushkin AS. Vysokogornaya flora Altaya [Alpine flora of the Altai Mountains]. Tomsk: Tomsk state University Publ.; 1988. 318 p. In Russian
 22. Prokop'ev EP. Ekologiya rasteniy (osobi, vidy, ekogruppy, zhiznennye formy): Uchebnik dlya biologicheskikh fakul'tetov vyzov [Plant ecology (individuals, species, ecological groups, life forms): Textbook for biological faculties of universities]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2001. 340 p. In Russian
 23. Korolyuk AYu. Ekologicheskie optimumy rasteniy yuga Sibiri [Ecological optimum of plants in the South of Siberia]. In: *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana* [Botanical research in Siberia and Kazakhstan]. Vol. 12. Kupriyanov AN, editor. Barnaul: Gerbariy im. VV Sapozhnikova Altayskogo gosudarstvennogo universiteta Publ.; 2006. pp. 3-28. In Russian
 24. Lashchinskiy NN, Lashchinskaya NV. Vysshie sosudistye rasteniya [Vascular plants]. In: *Flora Salairskogo kryazha* [Flora of the Salair Ridge]. Novosibirsk: "Geo" Academic Publ.; 2007. pp. 155-251. In Russian
 25. Shmidt VM. Matematicheskie metody v botanike: Uchebnoe posobie [Mathematical methods in Botany: Textbook]. Leningrad: Leningrad state University Publ.; 1984. 288 p. In Russian

Received 01 June 2016; Revised 06 January 2017;

Accepted 26 January 2017; Published 25 March 2017

Authors Info:

Sheremetov Rashit Tur, Dr.Sci. (Geogr.), Researcher of the Laboratory of Plant Introduction, Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Kemerovo), 10 Leningradskiy Ave., 650065 Kemerovo, Russian Federation.

E-mail: rasit-sheremetov@rambler.ru

Sheremetova Svetlana An, Dr.Sci. (Biol.), Assoc. Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Plant Introduction, Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Kemerovo), 10 Leningradskiy Ave., 650065 Kemerovo, Russian Federation.

E-mail: ssheremetova@rambler.ru