

УДК 574.4

**АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ
ПОРОД ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
МЕТОДОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ (1950–2007 гг.)**

Р.Ш. Фархуллин, Ф.М. Гафаров, А.Г. Мусин, Н.П. Торсуев

Аннотация

Для Предкамья Республики Татарстан за 1950–2007 гг. рассчитана динамика изменения соотношения основных древесно-кустарниковых пород и биоразнообразия методом информационной энтропии. Выявлена корреляционная связь между биоразнообразием и долей хвойных насаждений. Рассмотрено влияние антропогенного фактора на сохранение видового разнообразия данного региона.

Ключевые слова: биоразнообразие, древесно-кустарниковая растительность, лесной фонд, лесопокрытая площадь, лесохозяйственное предприятие, энтропия.

Сохранение и восстановление естественного экосистемного и видового разнообразия является приоритетной проблемой для нашей страны. За последние десятилетия в лесах России, и в частности на охраняемых территориях, под влиянием многочисленных факторов происходят негативные изменения:

– усыхание древостоев, дефолиация крон, болезни леса (вследствие воздействия загрязнителей воздуха, изменения гидрологического режима, старения лесных экосистем);

– внедрение чуждых и сорных видов (в результате интенсивной рекреационной нагрузки, неправильного ведения лесного хозяйства);

– снижение биологического разнообразия вследствие вышеперечисленных причин, а также пространственной изоляции лесных массивов и охраняемых территорий, в результате чего возникает так называемый «островной эффект».

Сегодня есть все основания полагать, что современное глобальное потепление окажет в целом положительное воздействие на бореальные леса Евразии [1], однако в южной части рассматриваемого региона может произойти существенное снижение биологического разнообразия за счет аридизации климата, сокращения площади таежных типов леса, смены пород, а также увеличения площади очагов вредителей и болезней леса.

В Республике Татарстан (РТ) выявлено 1610 видов сосудистых растений [2]. По фитоценотической приуроченности лесные виды составляют 15%, из них на бореальные (таежные) виды приходится 3%, на неморальные, связанные с широколиственными лесами, – 4%, остальные виды произрастают в лесах различных типов. Всего по биоморфическому признаку в республике выделяются 37 видов деревьев и 63 вида кустарников, что соответственно составляет 2.3%

и 3.9% от всей биоморфы. Такой высокий процент деревьев и кустарников во флоре связан с одичанием культурных видов этой биоморфы.

К сожалению, при лесоустройстве таксация состава насаждений осуществляется на уровне родов, поэтому практически невозможно определить точное количество местных и интродуцированных видов, свойственных древесным и кустарниковым ярусам наших лесов.

Государственные учеты лесного фонда (ГУЛФ) РТ¹, выполненные в период 1950–2007 гг., содержат сведения о 19 древесных и кустарниковых породах (родах), формирующих леса республики. Это сосна, ель, пихта, лиственница, кедр, дуб, клен, вяз, ильм, береза, осина, ольха серая, ольха черная, липа, тополь, осокорь, ива древесная, ветла, тальники (ива кустарниковая). ГУЛФ древесно-кустарниковых пород проводились и проводятся в упрощенной форме. Например, в твердолиственных породах в связи с незначительным их количеством на территории РТ вяз и ильм учитываются как одна порода. Для получения показателей энтропии за разные годы нам пришлось объединить такие лиственные породы, как тополь, осокорь, ива древесная, ветла, в категорию «другие породы» («прочие породы»). Более того, целесообразно было объединить ольху серую и черную в один род, так как данные древесные насаждения занимают незначительную часть всей лесопокрытой площади Предкамья РТ и республики в целом.

Цель настоящей работы – анализ разнообразия древесно-кустарниковых пород Предкамья РТ, которое расположено восточнее р. Волги и севернее р. Кама. В исследовании рассматриваются 14 видов древесно-кустарниковых пород, которые остаются неизменными на протяжении почти 60 лет. Из табл. 1 следует, что начиная с 1950 г. вплоть до настоящего времени лесопокрытая площадь Предкамья возростала. С 80-х годов XX в. наблюдалось увеличение насаждений сосны и ели и уменьшение насаждений пихты. Более того, практически вдвое сократились насаждения дуба. Произошло увеличение площади мягколиственных насаждений, прежде всего березы, ольхи и липы. Уменьшилась площадь кустарников, что, вероятно, было вызвано созданием Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ.

Основным статистическим материалом служили данные учета лесного фонда лесохозяйственных предприятий (лесхозов) в Предкамье РТ. Их число на протяжении около 60 лет изменялось и в настоящее время равно 12. Кроме того, в Предкамье имеется Национальный парк «Нижняя Кама». Основной функцией лесхозов является контроль, учет и преумножение древесно-кустарниковой растительности.

Следует подчеркнуть, что насаждения, создаваемые лесохозяйственными предприятиями, – это совокупность лесных экосистем разной структуры и представленности. Поэтому для количественной оценки их разнообразия необходим системный подход, поскольку, как известно, система всегда больше суммы частных ее составляющих.

¹ Фондовые материалы Национального Архива РТ по государственному учету лесного фонда РТ. Проекты организации и развития лесного хозяйства по лесохозяйственным предприятиям Предкамья РТ. Сводные материалы Министерства лесного хозяйства по учету лесного фонда лесохозяйственных предприятий Предкамья РТ на 1 января 2007 г.

Табл. 1

Лесопокрытая площадь и доля основных древесных и кустарниковых пород Предкамья РТ (по данным ГУЛФ, 1950–2007 гг.)

Вид древесно-кустарниковых пород	Лесопокрытая площадь, в га					
	Доля основных видов древесно-кустарниковых пород, в %					
	1950г.	1966г.	1973г.	1985г.	1995г.	2007г.
Сосна	69544 19.3	82931 25.3	96757 28.3	94698 28.5	88301 26	114350 27.4
Ель	31625 8.8	13663 4.2	15717 4.6	21942 6.6	33161 9.7	48752 11.7
Пихта	2328 0.6	3129 0.9	3646 1.1	2532 0.8	2023 0.6	1382 0.3
Лиственница	0 0	565 0.2	2431 0.7	2255 0.7	2080 0.6	2493 0.6
Кедр (сосна кедровая)	0 0	0 0	3 0	7 0	2 0	17 0
Дуб	76768 21.3	74331 22.7	78569 23	64689 19.5	48925 14.4	51805 12.4
Клен	4465 1.2	5643 1.7	4256 1.2	2157 0.6	6190 1.8	6036 1.5
Вяз и другие ильмовые	2372 0.7	1439 0.5	1721 0.5	963 0.3	573 0.2	1796 0.4
Береза	48213 13.4	48154 14.7	49635 14.5	53414 16.1	62390 18.3	77566 18.6
Осина	49502 13.7	45332 13.9	43143 12.6	37531 11.3	36557 10.8	39377 9.4
Ольха	6463 1.8	4337 1.3	5660 1.7	4501 1.4	4979 1.5	8191 2
Липа	54571 15.2	45757 14	37572 11	45293 13.7	53049 15.6	59004 14.1
Другие лиственные породы	4548 1.3	677 0.2	1319 0.3	1195 0.3	1279 0.3	3254 0.7
Тальники (ива кустарниковая)	9675 2.7	1306 0.4	1818 0.5	698 0.2	601 0.2	3847 0.9
Всего по Предкамью	360074 100	327268 100	342253 100	331875 100	340110 100	417870 100

Количественная оценка разнообразия лесообразующих древесных и кустарниковых пород осуществлялась на уровне лесохозяйственных предприятий по формуле Шеннона, которая может быть выведена из формулы термодинамической энтропии системы [3].

В качестве меры представленности (меры состояния) той или другой породы послужило отношение площади, занимаемой породой, к общей лесопокрытой площади лесхоза:

$$H(T) = -\sum_{i=1}^n p(t_i) \log_2 p(t_i),$$

где $p(t_i)$ – отношение площади i -й древесной породы в лесохозяйственном предприятии к лесопокрытой площади данного предприятия; n – количество

лесообразующих древесно-кустарниковых пород в лесохозяйственном предприятии.

С точки зрения теории информации (теории связи) индекс $H(T)$ есть удельная информационная энтропия сообщения T , состоящего из N сигналов (материальных носителей). Энтропия измеряется в битах на 1 сигнал. Полная информационная энтропия сообщения (в битах) определяется как $N \cdot H(T)$. Если вероятности сигналов $p(t_i)$ в ансамбле сообщения равны, то удельная энтропия принимает максимальное значение [4].

Чем более неравномерно представлены древесные породы в лесохозяйственном предприятии, тем меньше при прочих равных условиях значение $H(T)$. Понятно, что разнообразие равно нулю в случае, когда вероятность состояния системы равна единице (если в ансамбле только 1 сигнал, другими словами, в лесохозяйственном предприятии имеется лишь одна лесообразующая порода).

Таким образом, показатель энтропии зависит от общего количества видов древесно-кустарниковых пород и от соотношения последних в лесохозяйственном предприятии. В настоящей работе количество пород принято за константу, поэтому показатель энтропии всецело будет зависеть от соотношения древесно-кустарниковых пород.

Для обнаружения корреляционной связи между биоразнообразием и долей хвойных насаждений был применен метод корреляционного анализа Бравайса – Пирсона (r), характеризующий силу линейной корреляционной связи количественных признаков x и y . В нашем случае x – показатель биоразнообразия $H(T)$, y – доля хвойных насаждений. Данные показатели имеют одинаковый временной интервал, то есть исследовались в течение одного периода:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}.$$

Выводы, полученные в результате применения данного корреляционного метода, могут подтвердить или опровергнуть гипотезу о существовании линейной зависимости между рядами [5]. Так, отсутствие линейной корреляционной связи не означает отсутствие связи вообще. Вывод в этом случае следующий: чем ближе вычисленная величина корреляционного отношения к 0, тем слабее сила линейной связи между рядами, а чем ближе вычисленная величина к значению +1 (полная положительная корреляция) или к значению –1 (полная отрицательная корреляция), тем сильнее сила линейной связи [4].

Применение данного метода обосновывается тем, что при относительно высоком проценте хвойных насаждений биоразнообразие должно быть наименьшим, поскольку сосна и ель склонны образовывать насаждения с очень малой примесью других древесных пород и сильно угнетают подлесок и травянистый покров [6]. Для подтверждения этого нами выбирались лесохозяйственные предприятия, в которых общая площадь и относительное расположение на протяжении почти 60 лет мало изменялись.

В рассматриваемый период наивысший показатель энтропии был зафиксирован в 1950 г. (табл. 2) в Елабужском, Лаишевском, Камском, Лубянском, Мамашском лесохозяйственных предприятиях.

Табл. 2

Изменчивость относительной энтропии в Предкамье РТ с 1950–2007 гг.

	Годы					
	1950 г.	1966 г.	1973 г.	1985 г.	1995 г.	2007 г.
Показатель энтропии	0.7706	0.7163	0.7191	0.7123	0.7334	0.7444

Наименьший показатель энтропии наблюдался в Раифском, Казанском и Кзыл-Юлдузском предприятиях, в которых доминировала одна или несколько видов древесно-кустарниковых пород. Например, в Раифском и Казанском предприятиях преобладали насаждения сосны (более 50%), а в Кзыл-Юлдузском – дуб.

В дальнейшем показатель энтропии в Предкамье РТ падал, достигнув минимума в 1985 г. Это связано прежде всего с относительным увеличением насаждений сосны, сохранением поврежденного морозами низкоствольного дуба, продолжающимся преобладанием березы, липы и осины. Начиная с 90-х годов XX в. показатель энтропии начал расти, и это, по всей видимости, связано с восстановлением насаждений ели, которая в прошлом являлась доминантом в Предкамье РТ, а также с всеобщим ростом лиственных насаждений и увеличением кустарников.

Количественная оценка разнообразия (1950–2007 гг.) по $H(T)$ -индексу выявила низкие показатели энтропии в Волжско-Камском лесном массиве, сформированном на песчаных отложениях одноименных рек. Сюда входят Зеленодольский лесхоз (ранее Казанский), Раифский участок ВКГБЗ, Камский лесхоз, НП «Нижняя Кама» и Пригородный лесхоз, где преобладают сосновые насаждения.

Таким образом, за последние десятилетия в Предкамье РТ наблюдается некоторый рост разнообразия видов древесно-кустарниковых насаждений. Основной причиной этого, по-видимому, является более равномерная представленность древесных и кустарниковых пород на занимаемой площади. Лесохозяйственные предприятия, где основные лесобразующие насаждения сосны, ели, дуба, березы, липы и осины распределены более или менее равномерно, обладают высоким значением индекса разнообразия, что свидетельствует о благополучном соотношении пород в лесном хозяйстве.

Применяя метод корреляционного анализа для обнаружения связи между биоразнообразием и долей хвойных насаждений по лесохозяйственным предприятиям, получили следующие результаты.

В Предкамье в целом наблюдается отрицательная корреляционная связь между показателями (рис. 1), что подтверждает высказанные нами предположения. Так, в 1950 г. наблюдалось высокое разнообразие древесно-кустарниковой растительности и наименьший процент хвойных насаждений, в дальнейшем происходило увеличение хвойных видов, а биоразнообразие стало снижаться, лишь в последние десятилетия наблюдается его рост. Интересным исключением является Лубянский лесхоз-техникум, для которого получена высокая положительная корреляционная связь. Это обстоятельство связано, скорее всего, с масштабными вырубками хвойных насаждений, являвшихся ранее абсолютной доминантой.

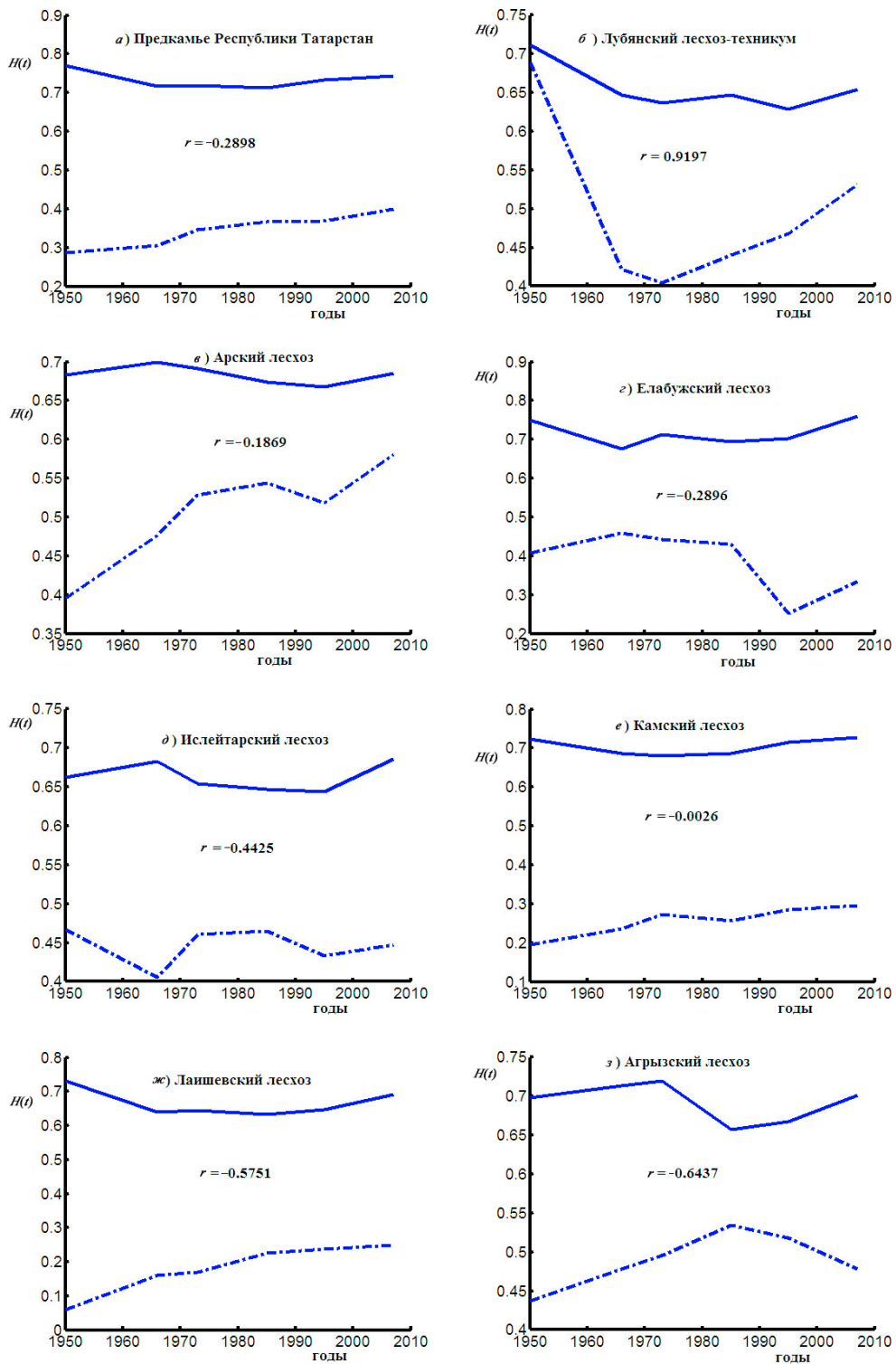


Рис. 1. Связь биоразнообразия и доли хвойных насаждений по лесохозяйственным предприятиям Предкамья РТ

На рис. 1 сплошной линией показана изменчивость биоразнообразия, штрих-пунктирной – изменчивость доли хвойных насаждений.

Таким образом, связь между разнообразием древесно-кустарниковой растительности и долей хвойных насаждений существует, но на нее достаточно сильное влияние оказывают прошлые масштабные вырубки хвойных насаждений.

Выводы и практические рекомендации будут заключаться в сохранении коренных биоценозов (экосистем). При искусственном лесовосстановлении и лесоразведении необходимо стремиться воссоздавать возможную местную (естественную для данной зоны) полночленность биоценозов, свойственных данным экотопам. Именно это предотвращает появление свободных экологических ниш, куда могли бы проникнуть несвойственные для данного сообщества виды и позволяет сохранять устойчивость естественного экосистемного и видового разнообразия данного региона.

Summary

R.Sh. Farhullin, F.M. Gafarov, A.G. Musin, N.P. Torsuev. Analysis of Tree-Shrub Species Biodiversity in Predkamye Region of Tatarstan Republic by Information Entropy Method (1950–2007).

The article is devoted to studying the dynamics of change in the main tree and shrub kinds ratio and in biodiversity in Kama region of Tatarstan Republic from 1950 to 2007. Biodiversity change was calculated by methods of information entropy. Also, the correlation between diversity and the share of conifers was revealed. The article views the anthropogenic influence on biodiversity preservation in this region.

Key words: biodiversity, trees and shrubs, forestry fund, forested area, forestry business, entropy.

Литература

1. Курбанов Э.А. Новые возможности использования лесов Поволжья в свете международных обязательств России по изменению климата // Глобальное потепление и леса Поволжья: Материалы междунар. науч.-практ. семинара. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – С. 5–18.
2. Бакин О.В. Сосудистые растения Татарстана. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. – 496 с.
3. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
4. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
6. Гордягин А.Я. Растительность Татарской Республики // Географическое описание ТССР: Сб. ст. / Под ред. проф. Б.Н. Вишневого. – Казань, 1922. – С. 143–222.

Поступила в редакцию
29.05.09

Фархуллин Рустам Шарипович – аспирант кафедры экономической географии и социально-культурного сервиса и туризма Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета, г. Казань.

E-mail: rus.fara@rambler.ru

Гафаров Фаиль Мансурович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета, г. Казань.

Мусин Азгар Гареевич – доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии, социально-культурного сервиса и туризма Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета, г. Казань.

Торсуев Николай Павлович – доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии Казанского государственного университета.