



УДК 504.064.2(476)

Л. С. ЛИС

## **АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕРРИТОРИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ**

The regularities of spatial distribution of landscape units, natural complexes and objects of technogenic origin on the territory of three administrative regions of Brest district have been analyzed. It has been found that histograms of natural elements are subordinated to indicative law of frequencies distribution, technogenic elements - normal or log-normal. The heterogeneity of signs differentiation of the objects studied on the Shenon's entropic characteristics has been assessed.

The application of these characteristics when calculating the self-purification ability coefficient and indices of structural organization of the territories studied has been shown.

Экологическое состояние природно-территориальных комплексов (ПТК) определяется особенностями распределения на оцениваемом пространстве природных и техногенных элементов, и прежде всего биосферным потенциалом первых и уровнем создаваемых нагрузок вторых. При этом необходимо учитывать характер их пространственного распределения, от которого зависит степень взаимодействия и взаимовлияния элементов. Если в предложенных методиках оценки состояния [1, 2], как правило, используются характеристики и показатели названных составляющих структуры ПТК, то закономерностям их пространственного распределения на оцениваемой территории не уделяется должного внимания.

В разработанной в ИПИПРЭ НАН Беларуси методике количественной оценки экологического состояния ПТК [3] в качестве дополнительного звена введены структурные характеристики - коэффициенты раздробленности малоизмененных (природных) ландшафтов и ареалов хозяйственной освоенности, а также мера экологической сопряженности «полярных» зон.

В этом плане интерес представляет анализ закономерностей пространственного распределения природных и антропогенных элементов в структуре конкретных территориальных единиц. В качестве базового региона были выбраны Брестский, Каменецкий и Пружанский районы Брестской области, в достаточной мере контрастные между собой и в необходимой мере репрезентативные условиям большей части территории Беларуси. Выбор в качестве операционных единиц административных районов продиктован прежде всего практической направленностью оценки состояния территории именно в таком ранге [4].

Реализация разработанной методики предусматривает необходимость проведения территориальной дифференциации исследуемых объектов. В этой связи на первом этапе нами выполнена ландшафтная дифференциация ключевых объектов, состоящая в выделении природных ландшафтов и дальнейшем их расчленении на контуры местности [5]. Такая дифференциация с учетом морфометрических и литологических условий позволила классифицировать выделенные ландшафтные контуры по особенностям миграции загрязняющих веществ, на основании чего был выполнен совокупный расчет коэффициента самовосстановления-самоочищения [3].

Для количественной оценки признаковой дифференциации территорий административных районов обратимся к установлению закономерностей пространственного соотношения этих признаков - анализу гистограмм распределения их частостей (природных ландшафтов, природных элементов, техногенных объектов). В качестве территориальной схемы выбрана сетка регулярных квадратов со стороной 8x8 км. Такое обследование обеспечивает репрезентативность полученных выборок [6]. В качестве количественной оценки всех исследуемых признаков принята их площадь в каждой ячейке-квадрате или территориальная доля в ее площади. Диаграммы построены по всем территориальным объектам.

Есть основания считать, что характер распределения природных элементов структуры территории определялся исторически сложившимися эволюционными процессами и условиями. Это в полной мере и без оговорок относится к ландшафтной дифференциации территорий ключевых участков. В некоторой степени на распределение наземных природных элементов влияли приоритеты в хозяйственной деятельности, изменяющаяся практика природопользования в различные исторические отрезки. Например, строительство новых водохранилищ продиктовано потребностями народного хозяйства, но выбор их места, как правило, определяется имеющимися гидрологическими условиями. Отвод земель под кормовые угодья в большей степени обусловлен естественными природными факторами. Выбор территорий под охраняемые объекты прежде всего продиктован спецификой распространения флоры и фауны.

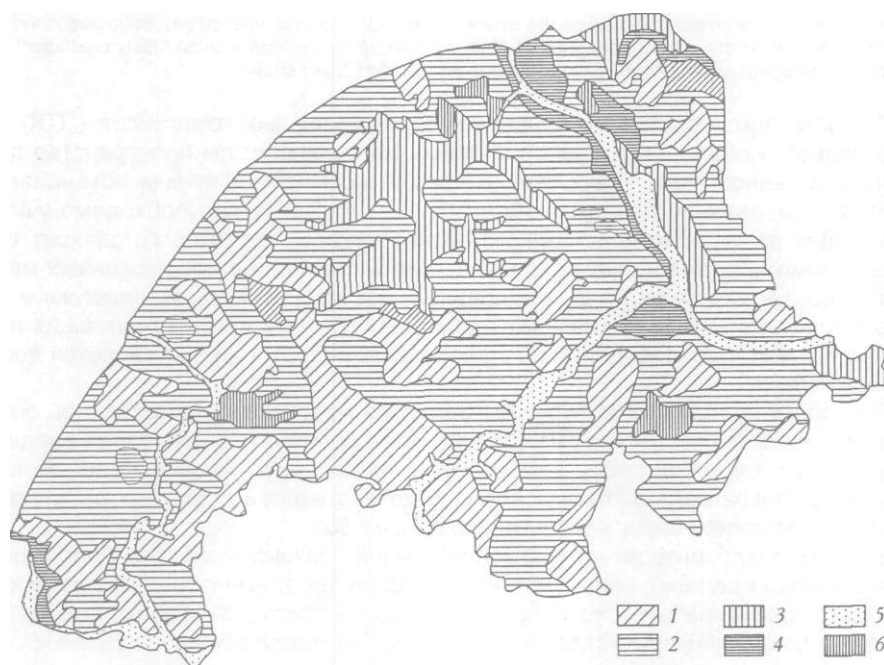


Рис. 1. Ландшафтная дифференциация Каменецкого района.  
Ландшафты: 1 - вторично-моренные, 2- вторичные водно-ледниковые, 3-озерно-аллювиальные; местности: 4 - надпойменные террасы, 5-поймы, 6-древние озерные котловины

На рис. 1 приведена картосхема ландшафтной дифференциации Каменецкого района, в территории которого определяющая роль принадлежит вторично-моренным и водно-ледниковым ландшафтам. Для Брестского и Пружанского районов характерно преобладание вторичных водно-ледниковых ландшафтов (около 65 %), в Пружанском районе многочисленны и озерно-аллювиальные ландшафты.

На рис. 2 представлены выборочные гистограммы распределения частостей по природным структурным элементам территориальных объектов. Анализ всего

набора гистограмм в отношении как природных ландшафтов (см. рис. 2 а, б), так и природных комплексов (см. рис. 2 в, г) показал, что характер распределения частот соответствует или близок к убывающей показательной функции. Отмечаются некоторые отклонения от общей закономерности, например, на гистограммах лесных массивов Пружанского и Каменецкого районов в конце интервала распределения наблюдается возрастающий характер зависимости. Это объясняется наличием крупноплощадных охраняемых объектов: Беловежской пуши и заказника Поддубичи, обеспечивающих возрастание частот полностью залесенных ячеек. В этом случае гистограммы представляют собой комбинацию из убывающей и возрастающей показательных функций, где максимумы приходятся на мало и полностью залесенные участки.

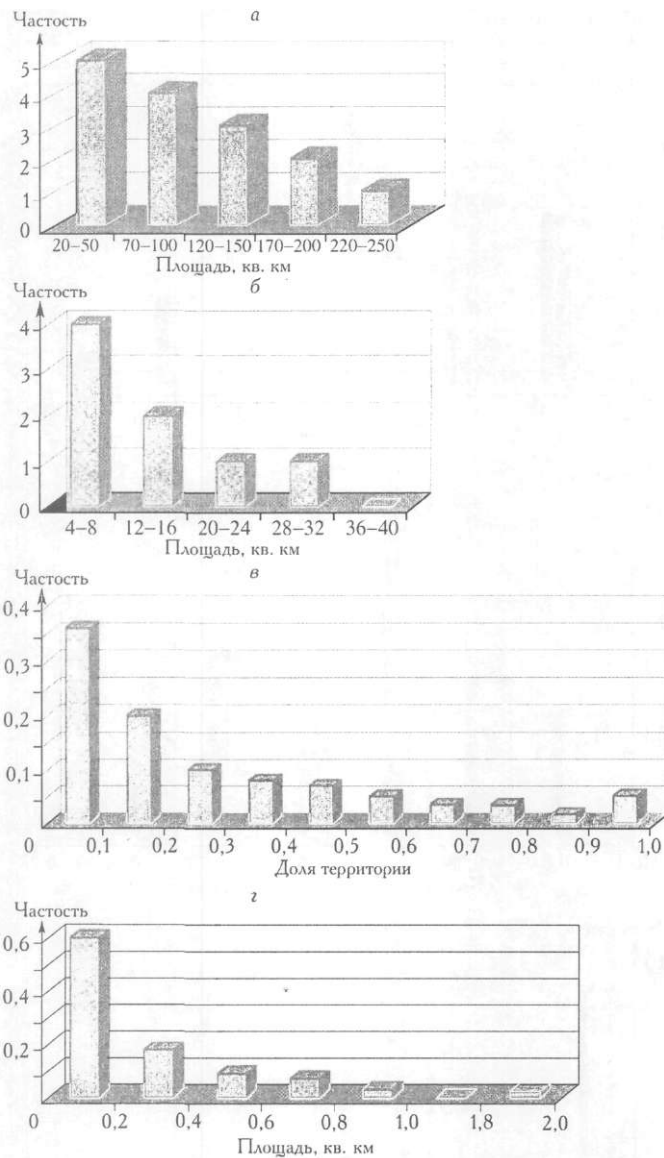


Рис. 2. Гистограммы распределения частот по ландшафтам: а – озерно-аллювиальный; б – вторично-моренный; по природным образованиям: в – лесные массивы; г – болотные экосистемы

В размещении техногенных элементов структуры на местности, несомненно, превалирует субъективный (человеческий) фактор, хотя его определяющая роль для разных элементов неодинакова. Выбор участков под пахотные земли, расположение сельских поселений, прокладка трасс дорожной сети диктовались в первую очередь сложившимися социально-экономическими условиями времени создания этих объектов. При принятии решений учитывались и природные условия (плодородие почвенного покрова, удаленность от мест проживания, удобство использования). Важным субъективным фактором следует считать и общественно-исторические тенденции в хозяйствовании (дробление и укрупнение сельхозугодий, централизация сельских поселений и т. п.). Гистограммы техногенных элементов структуры, выборочно представленные на рис. 3, в основном обнаруживают нормальный или логнормальный характер распределения частот, причем наблюдаемые отклонения для отдельных территориальных единиц незначительны и могут быть объяснены на основании анализа изменяющихся тенденций в управлении социально-экономическими процессами.

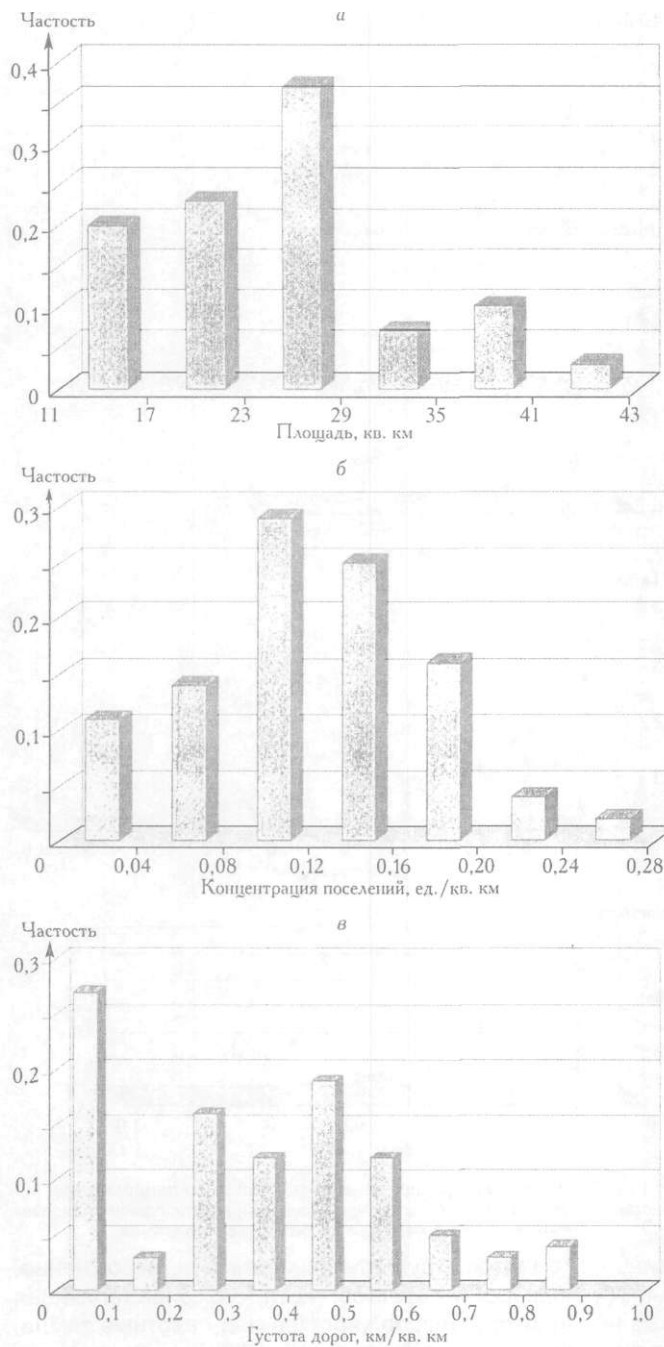


Рис. 3. Гистограммы пространственного распределения частот техногенных элементов территории:  
 а - пашня; б - концентрация сельских поселений; в - густота дорог с твердым покрытием

Так, в Каменецком районе гистограмма пахотных земель имеет двухмодальный характер, что, по-видимому, можно объяснить отражением тенденции к укрупнению пахотных угодий при создании крупных сельскохозяйственных предприятий, которая в наибольшей степени была реализована именно в этом районе.

Таким образом, обобщая результаты анализа пространственного распределения элементов природного и антропогенного происхождения на территории административных районов, можно заключить, что для каждой из исследуемых групп элементов структуры существует общая закономерность. Это позволило нам выдвинуть гипотезу: двумерное пространственное распределение природных элементов структуры локальных территориальных единиц описывается показательной или близкой к ней функцией, а техногенных образований - нормальной или логнормальной.

Закономерности пространственного распределения элементов структуры территории важны для объяснения и

оценки взаимодействия различных процессов природного и техногенного характера. В этом плане полученные результаты являются исходным материалом при определении обобщенных параметров устойчивости природных комплексов (процессы самоочищения) и построении оценочных характеристик структурной организации территории. В качестве количественной меры выполненной дифференциации территорий административных районов нами рассчитан показатель однородности структуры этих объектов по принятым в исследовании признакам. Для этого используем энтропийную характеристику Шеннона ( $H$ ) [7, 8]:

$$H = \log n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i \cdot \log a_i,$$

где  $n$  - число интервалов распределения различных признаков дифференциации территории;  $a_i$  - частота (вероятность) этих признаков по каждой из исследуемых выборок данных.

В табл. 1 приведены полученные результаты. Следует отметить, что используемая характеристика имеет пределы:  $0 \geq H \leq 1$ .

Таблица 1

Структурный элемент территории	Административный район		
	Брестский	Каменецкий	Пружанский
Ландшафт:			
вторичный водно-ледниковый	0,186	0,192	0,212
вторично-моренный	0,224	0,228	0,286
озерно-аллювиальный	0,156	0,134	0,112
Местность:			
пойменные террасы	0,212	0,196	0,183
поймы	0,221	0,212	0,194
древние озерные котловины	0,122	0,126	0,145
Охраняемые территории	0,369	0,456	0,410
Лесные массивы	0,415	0,421	0,444
Естественные луга	0,410	0,381	0,410
Пашня	0,469	0,456	0,412
Сельские поселения	0,221	0,347	0,368
Дороги с твердым покрытием	0,398	0,375	0,356

Приведенные результаты позволяют заключить, что наиболее однородными являются природные элементы структуры, и в первую очередь физико-географические комплексы. Ареалы антропогенного характера выявляют большую контрастность в пространственном распределении.

На начальном этапе выполненной дифференциации исследуемых административных районов произведена количественная оценка долей структурных элементов в исследуемых объектах. Полученные результаты (табл. 2) позволили произвести обобщенную оценку способности территориальных объектов по самоочищению от загрязнения. Для этого были использованы принятые в методике комплексной оценки экологического состояния природно-территориальных комплексов баллы, соответствующие типам ландшафтов с учетом показателей морфо- и литогенного строения, а также характеристик почвенного покрова и растительности [3, 9].

Таблица 2

Структурный элемент территории и балл самоочистительной способности	Территориальная доля		
	Брестский район	Каменецкий район	Пружанский район
Ландшафт:			
вторичный водно-ледниковый (5)	0,28	0,32	0,32
вторично-моренный (4)	0,46	0,34	0,26
озерно-аллювиальный (3-4)	0,09	0,08	0,22
Местность:			
надпойменные террасы (3)	0,12	0,10	0,09
поймы (3)	0,06	0,012	0,07
древние озерные котловины (2)	0,02	0,04	0,04
Обобщенный балл	4,20	3,94	3,85
Коэффициент самоочищения	0,845	0,806	0,777

Для расчета обобщенного показателя самоочищения использован средневзвешенный балл ( $B_{срв}$ ), учитывающий территориальную долю каждого из структурных элементов ( $d$ ) и его оценочный балл ( $B_i$ ):

$$B_{срв} = \sum_{i=1}^n B_i d_i.$$

Относительная величина коэффициента самоочищения  $K_{сам}$  исследуемых территориальных объектов может быть рассчитана по формуле

$$K_{\text{сам}} = (A_{\text{об}} + B_{\text{срв}}) / 10. \quad (1)$$

Коэффициент  $A_{\text{об}}$  отражает уровень развития процессов самоочищения на оцениваемой территории. Он сформирован за счет обобщенной характеристики однородности (гомогенности) территории, которая определяется суммированием частных характеристик по учитываемым структурным составляющим:

$$A_{\text{об}} = \sum_{i, k=1}^n 10(H_i + H_k) / n,$$

где  $H_i$  и  $H_k$  - энтропийные характеристики Шеннона по природным и техногенным элементам структуры;  $n$  - количество учитываемых ареалов этих элементов.

Структура формулы построена по принципу А-й вероятности развития результирующего процесса самоочищения, при этом значения коэффициента находятся в пределах  $0 < A < 5$ . Коэффициент самоочищения используется при расчетах зон загрязненных территорий в результате воздействия техногенных нагрузок.

Введенный в систему оценки экологического состояния территории показатель структурной организации - коэффициент раздробленности ( $K_0$ ) [3] представляет собой усредненную площадь контуров раздельно для природных комплексов и ареалов загрязнения:

$$K_p = \sum_{i=1}^n F_{\text{эл}(i)} / (F_{\text{общ}} \cdot n), \quad (2)$$

где  $F_{\text{эл}(i)}$  - площадь элементарного выделенного ареала (природного или загрязненного),  $F_{\text{общ}}$  - общая площадь.

Такое представление позволяет отнести  $K_0$  к пространственным показателям однородности (гомогенности) [7]. Сказанное правомерно на основании того, что

сумма  $\sum_{i=1}^n F_{\text{эл}(i)}$  может быть расписана по определенным интервалам:  $\Sigma(F_{\text{эл}1} + F_{\text{эл}2} + F_{\text{эл}3} + \dots + F_{\text{эл}n})$ , что позволяет  $K_p$  представить в виде:

$$K_p = \sum_{i=1}^n H / \log F_{\text{общ}}.$$

Расчет показателей структурной организации территории  $K_p$ , выполненный с использованием результатов однородности по структурным элементам, выявил достаточно хорошее совпадение с данными обработки картографического материала.

Таким образом, результаты дифференциации территории предоставляют в распоряжение исследователя необходимый материал для уточненного расчета количественных показателей экологического состояния территориальных комплексов, необходимых также при планировании мероприятий по охране окружающей среды, при экологической экспертизе проектов различной направленности.

1. Рыбалов А.А. Качество окружающей среды: методические подходы, оценки: Обзор, информ. ВИНТИ. М., 2001. Вып. 1. С. 12.

2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Методические основы геоэкологической оценки урбанизированных территорий // Геоэкология. 1995. № 5. С. 63.

3. Лис Л. С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов (локальный уровень). Мн., 2004.

4. Брилевский М.Н., Витченко А.Н., Гагина Н.В. // География в XXI веке: проблемы и перспективы: Материалы междунар. науч. конф. Мн., 2004. С. 75.

5. Ландшафты Беларуси / Под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой. Мн., 1989.

6. Червяков В. А. // Вопр. географии. 1968. № 77. С. 186.

7. Гуревич Б.Л. // Там же. С. 15.

8. Математические методы в географии: Учеб. пособие. Казань, 1976.

9. Обуховский Ю. М., Лис Л. С., Баженова Н. М. // Природопользование. 2001. Вып. 7. С. 48.

Поступила в редакцию 22.06.05.

**Леонид Сергеевич Лис** - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ИПИПРЭ НАН Беларуси.