

*С.М. Токарчук, Р.А. Степанюк*

## **ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО РАЗНООБРАЗИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

В статье рассматриваются основные подходы к оценке природного разнообразия административной области с использованием геоинформационных систем. Предлагается методика оценки природного разнообразия, включающая оценку биологического и ландшафтного разнообразия, для административной области Беларуси на основе административно-территориального деления. Проведена оценка и представлен анализ биологического, ландшафтного и природного разнообразия административных районов Брестской области.

### **Введение**

В настоящее время в научной литературе достаточно широко распространены исследования, посвященные анализу и оценке биологического и ландшафтного разнообразия территорий. Наиболее часто встречаются исследования, посвященные одному из видов разнообразия [1; 2], и гораздо реже – их комплексному анализу [3]. Таким образом, в настоящем исследовании проводится оценка природного разнообразия Брестской области, включающая как биологическую, так и ландшафтную его составляющие. Необходимо отметить, что в зарубежных исследованиях в понятие природное разнообразие, также включают геологическое разнообразие территории (разнообразие геологических отложений, почв и т.д.). В русскоязычной научной литературе практически не встречаются работы, посвященные анализу и оценке геологического разнообразия.

Сохранение биологического и ландшафтного разнообразия имеет большое значение для устойчивого развития региона. Высокое разнообразие способствует стабилизации экологической ситуации, увеличению потенциала самоочищения экосистем от загрязнений и т.д.

В целях сохранения природного разнообразия необходима инвентаризация, структуризация и оценка пространственных данных, характеризующих его состояние, динамику и использование. Наиболее перспективным для данных целей представляется использование географических информационных систем (ГИС).

ГИС-технологии позволяют автоматизировать все функции по работе с картографическими и статистическими данными. С помощью геоинформационных систем осуществляется процесс оценки природного разнообразия, его мониторинга, сохранения и восстановления. Использование ГИС-технологий позволяет также визуализировать пространственное распределение оценок разнообразия. В настоящее время, в свете сформировавшихся экологических проблем применение геоинформационных систем и оценка природного разнообразия являются необходимыми условиями на пути сохранения окружающей среды.

Создание ГИС позволяет устранить те недостатки, которые характерны для традиционных оценочных работ:

- 1) устраняют большие временные и трудовые затраты, связанные со сбором первичной информации;
- 2) сокращают трудоемкость процедуры оценочных вычислений;
- 3) дают возможность для быстрого оперативного обновления информации;
- 4) позволяют визуализировать пространственное распределение оценок природного разнообразия;

5) дают возможность использовать в качестве оценочной единицы систему любых территориальных объектов либо несколько оценочных единиц параллельно (административные районы, единицы физико-географического и ландшафтного районирования, контуры случайной выборки, сетку квадратов и др.).

### **Материал и методика исследования**

Оценка природного разнообразия Брестской области проводилась с использованием ГИС-технологий и включала несколько этапов.

1. *Выбор и обоснование территориальных единиц оценки.* В научной литературе вопрос, связанный с определением территориальных единиц оценки, решается с нескольких позиций. В качестве оперативных единиц используются административно-территориальные единицы (области, районы и др.), природные комплексы, главным образом ландшафты и их типологические единицы, единицы ландшафтного, комплексного физико-географического, геоморфологического и других видов районирования, сетка квадратов и некоторые другие.

Использование ГИС-технологий при проведении исследования значительно упрощает процесс оценки, что позволяет использовать в качестве оценочной единицы систему любых территориальных объектов либо несколько оценочных единиц параллельно. В настоящем исследовании оценка природного разнообразия проводилась на уровне административно-территориального деления. Выбор административных районов обусловлен тем, что сетка административного деления отвечает таким требованиям как однозначность выделения, возможность повторения и контроля ее границ, надежность получения объективной и всесторонней информации, достаточная для целей исследования дробность деления. Б.И. Кочуров и др. [4] указывают на два преимущества использования сетки административных районов в качестве единиц оценивания. Во-первых, в некоторой мере она отражает природные и экологические особенности территории, которые, как правило, опосредуются демографическими, хозяйственными и другими факторами. С другой стороны, административно-территориальное деление – основа формирования системы органов власти и местного управления.

2. *Разработка структуры, выбор и обоснование критериев и показателей оценки.* Оценка природного разнообразия Брестской области включала два основных блока: оценку биологического и ландшафтного разнообразия административных районов Брестской области.

Оценка биологического разнообразия рассматривала две составляющие: экосистемное и видовое разнообразие. Общая структура, критерии и показатели оценки биологического разнообразия представлены на рисунке 1.

Видовое разнообразие оценивается посредством анализа количественного и категориального распространения в пределах районов Брестской области местообитаний охраняемых видов животных и растений. По данным Красной книги Республики Беларусь [5; 6] рассчитывался показатель разнообразия охраняемых видов животных и растений [7] (формула 1).

$$C_{RB} = \sum_{i=1}^{i=4} n_i \times (5-i), \quad (1)$$

где  $C_{RB}$  – показатель разнообразия охраняемых видов животных и растений;  $n_i$  – численность местообитаний охраняемого вида в пределах района;  $i$  – балльный показатель, соответствующий категории охраны.

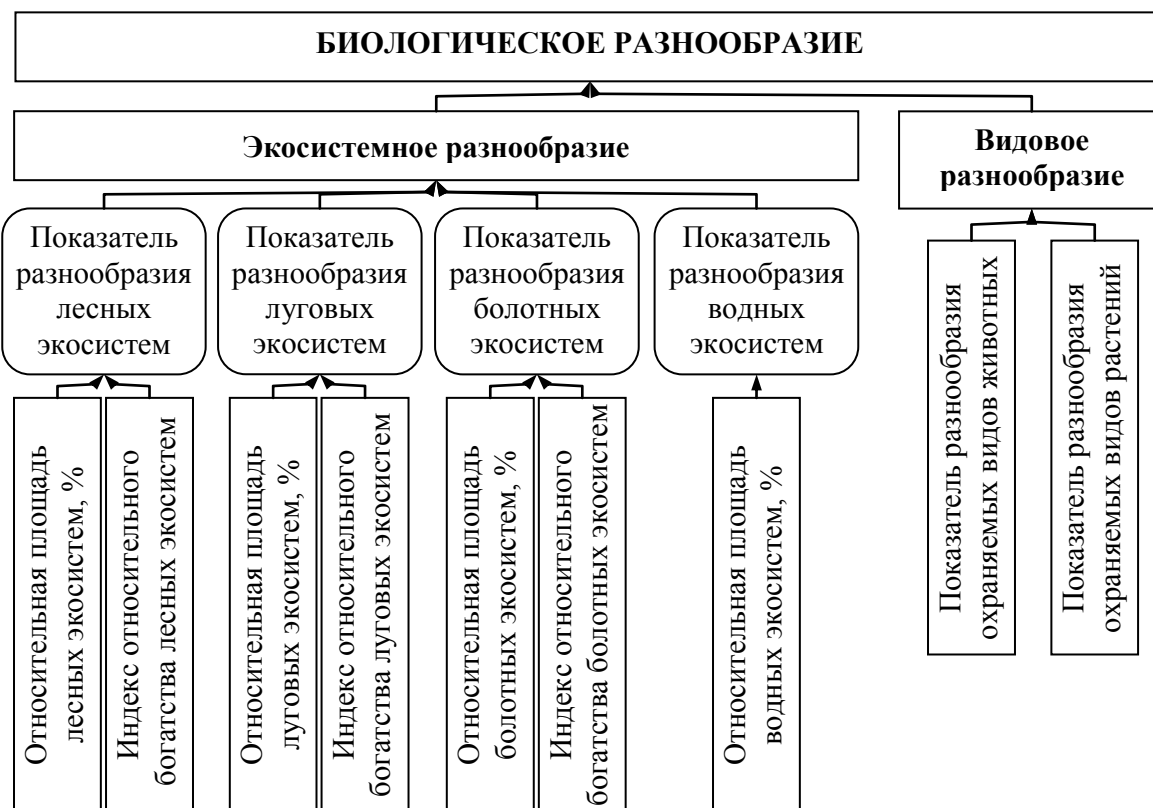


Рисунок 1 – Структура и показатели оценки биологического разнообразия

Индекс разнообразия охраняемых видов растений и животных рассчитывался как сумма встречаемых в пределах каждого района местообитаний охраняемых видов растений и животных, умноженных на весовой коэффициент для каждой категории. Соответственно, максимальный весовой коэффициент, равный 4, был присвоен 1-й категории, а минимальный, равный 1, – четвертой. Таким образом, были рассчитаны индексы разнообразия охраняемых видов растений и животных по систематическим группам (сосудистые, грибы и др.). Интегральный индекс разнообразия охраняемых видов растений и животных рассчитывался как сумма индексов по данным группам [7].

Для оценки экосистемного разнообразия рассматривались лесные, луговые, болотные и водные экосистемы. Для их анализа использовались два показателя: относительная площадь и индекс относительного богатства (формула 2):

$$\begin{aligned}
 & \text{Ошибка! Объект не} \\
 & \text{может быть создан из} \\
 & \text{кодов} \qquad \qquad \qquad \text{полей} \\
 & \text{редактирования.}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $I_r$  – индекс относительного богатства различных видов экосистем,  $N$  – количество типов экосистем в пределах административного района,  $N_0$  – количество типов экосистем в области.

Оценка ландшафтного разнообразия проводилась на основании ландшафтных индексов, отображающих разнообразие, мозаичность, сложность и раздробленность ландшафтной структуры изучаемых районов (таблица 1).

3. Сбор и первичная обработка фактического материала. Оценка природного разнообразия Брестской области основывается на статистических данных, картографических материалах и литературных источниках.

Оценка биологического разнообразия проводилась на основе 3-го издания Красной книги Республики Беларусь [5; 6].

Таблица 1 – Индексы оценки ландшафтного разнообразия [8–10]

Показатель	Формула	Составляющие
------------	---------	--------------

Индекс относительного богатства	<b>Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.</b>	$I_r$ – индекс относительного богатства; $N$ – количество видов ландшафтов в пределах административного района; $N_0$ – количество видов ландшафтов в области
Индекс ландшафтной мозаичности	<b>Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.</b>	$I_P$ – индекс ландшафтной мозаичности; $N$ – количество видов ландшафтов в пределах административного района; $n$ – количество ландшафтных выделов в пределах административного района
Индекс ландшафтной раздробленности	<b>Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.</b>	$I_{fr}$ – индекс ландшафтной раздробленности; $S$ – площадь административного района (общая площадь ландшафтных выделов); $S_0$ – средняя площадь ландшафтных выделов
Индекс ландшафтной сложности	<b>Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.</b>	$I_c$ – индекс ландшафтной сложности; $n$ – количество ландшафтных выделов в пределах административного района; $S_0$ – средняя площадь ландшафтных выделов

Для оценки индекса относительного богатства и относительной площади основных типов растительных экосистем Брестской области использовались карты составленные Институтом экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси (Д.С. Голод, В.С. Одерихо, Н.А. Зеленкевич и др.) (леса, луга, болота) [11]. Оценка относительной площади водных экосистем проводилась на основании статистических данных, представленных в [12].

Оценка ландшафтного разнообразия районов Брестской области проводилась на основе анализа ландшафтной карты Белорусской ССР масштаба 1:600 000 [13].

4. *Разработка геоинформационной системы «Природное разнообразие Брестской области».* Создание ГИС-проекта включало несколько этапов:

- 1) разработка структуры геоинформационной системы;
- 2) сбор, обработка и оцифровка растрового картографического материала, характеризующего природное разнообразие Брестской области;
- 3) компьютерная обработка данных, создание синтетических оценочных карт;
- 4) компоновка геоинформационной системы «Природное разнообразие Брестской области».

Структура разрабатываемой ГИС представлена на рисунке 2.

Статистическая (реляционная) база данных (созданная средствами СУБД *Microsoft Access*) включает две группы файлов:

1) легенды к полигональным векторным темам географической базы данных (наиболее сложной структурой характеризуется база данных для блока «Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных и дикорастущих растений Брестской области», а также «Ландшафты Брестской области»);

2) промежуточные и итоговые данные индексов и показателей оценки природного разнообразия.

Данные в реляционной базе пространственно распределены и могут отображаться в географической базе данных с помощью механизма *SQL*-соединения, базирующегося на использовании общих ключевых полей.

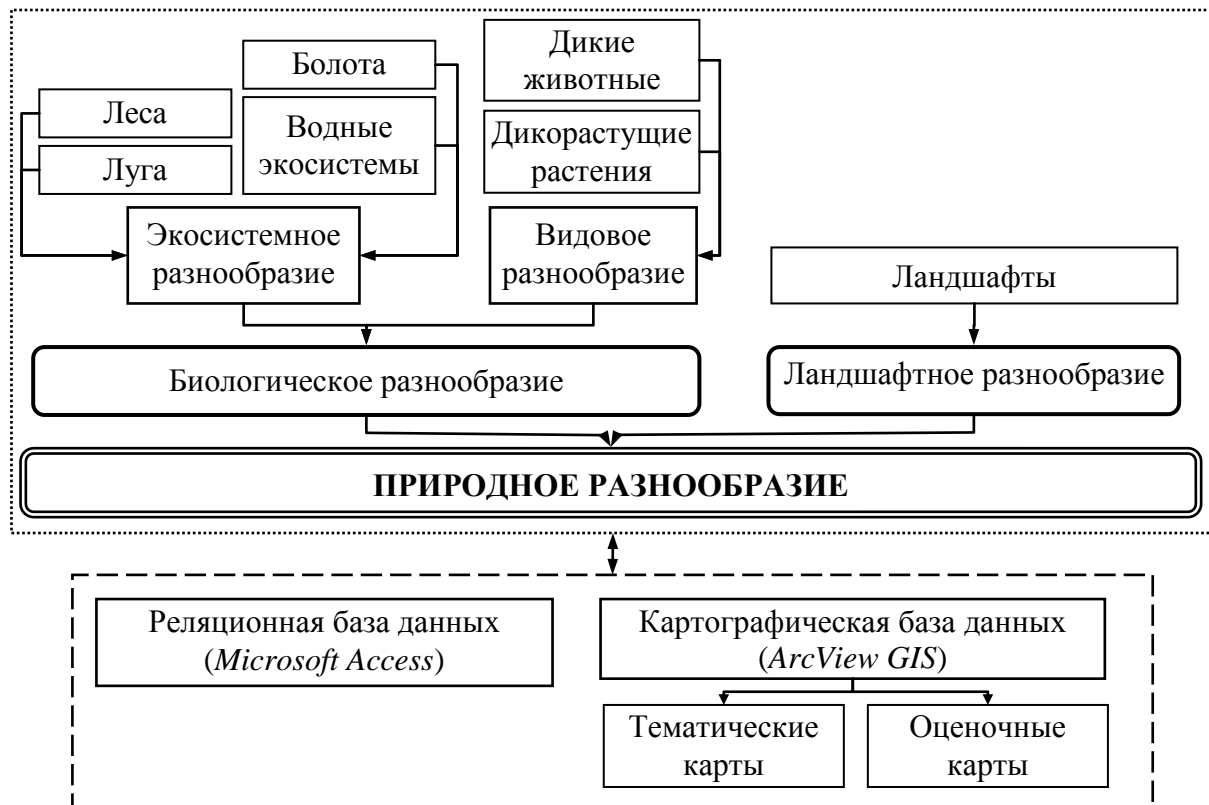


Рисунок 2 – Структура ГИС «Природное разнообразие Брестской области»

Географическая база данных (*ArcView GIS*) включает две группы карт: карты первичной информации (тематические) и синтетические карты (оценочные и др.).

Оценочные карты создаются на основе тематических карт с использованием модуля пространственных операций (*GeoProcessingWizard*), позволяющего сливать, объединять, вырезать и проводить другие операции над двумя темами одного вида. В данном случае проводится пересечение тематических карт (лесов, лугов, болот и др.) и карт административно-территориального деления (рисунок 3).

5. *Проведение оценки природного разнообразия Брестской области.* Поскольку исходные данные, являющиеся основой для расчета комплексных и интегральных показателей, выражаются в разных единицах измерения, необходимо их приведение к сопоставимым показателям, с которыми возможны определенные математические действия. Наиболее оптимальным в данном случае представляется применение балльного ранжирования.

Для оценки природного разнообразия Брестской области целесообразно использовать четырехбалльную оценочную шкалу. Данный выбор опирается на два основных положения. Во-первых, некоторые показатели, используемых при проведении оценки, не отличаются большой вариативностью, т.е. оцениваемые характеристики разнообразия довольно однообразны и мало изменяются в пределах региона (например,

показатель относительной площади водных экосистем). Поэтому использование шкал с большим числом ступеней лишь затрудняет процесс оценки. Во-вторых, Брестская область включает 16 административных районов, поэтому четырехступенчатые итоговые классификации будут достаточно репрезентативными.

В ходе проведения оценки природного разнообразия Брестской области используется равноинтервальная оценочная шкала. Комплексные и интегральные показатели рассчитывались путем суммирования используемых для их расчета первичных показателей, выраженных в баллах.

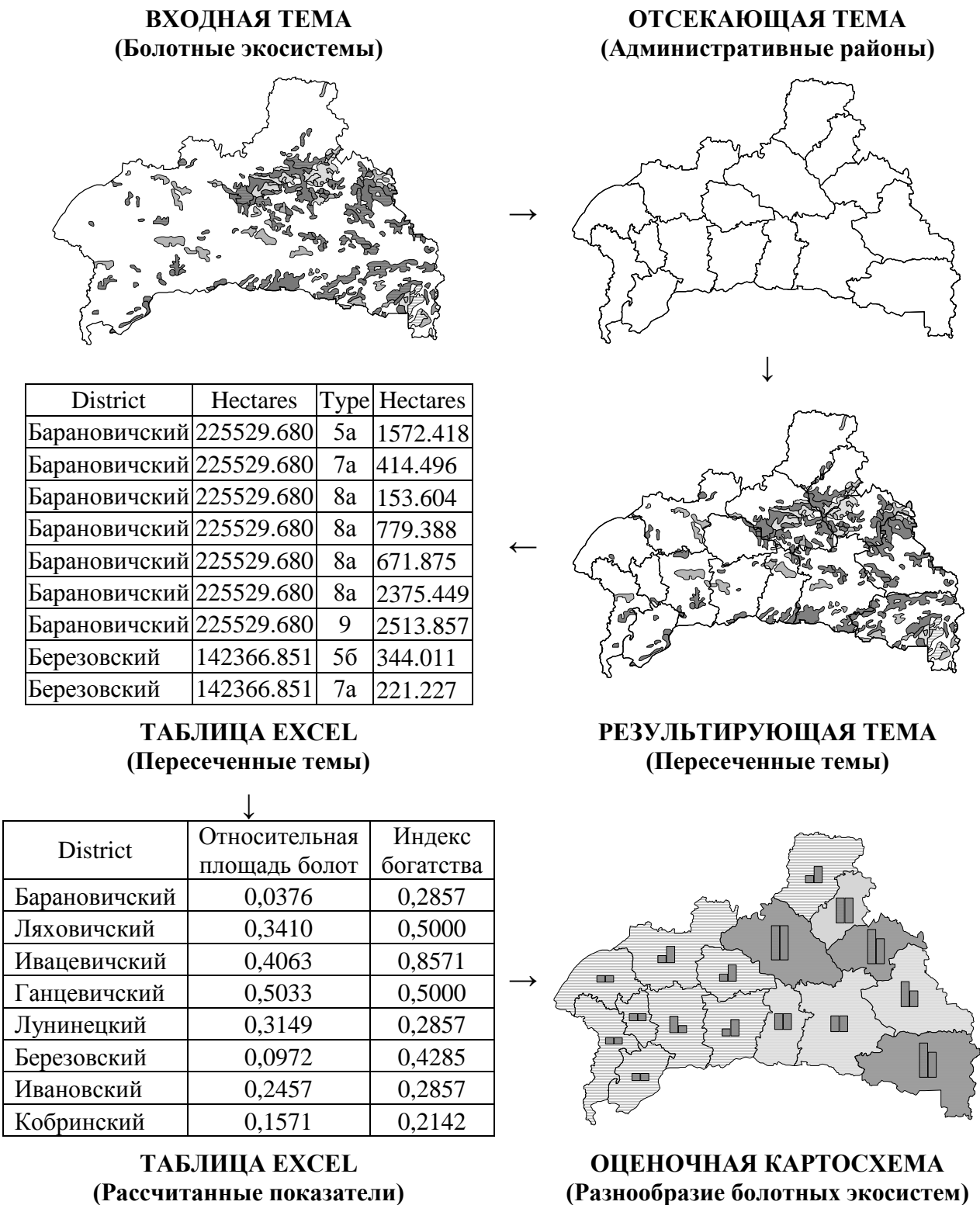


Рисунок 3 – Алгоритм расчета индексов природного разнообразия Брестской области на основе использования ГИС-технологий

## Результаты и их обсуждение

В таблице 2 представлены промежуточные балльные показатели оценки природного разнообразия Брестской области.

Таблица 2 – Промежуточные показатели оценки природного разнообразия

Район	Видовое разнообразие			Экосистемное разнообразие					Ландшафтное разнообразие			
	Разнообразие охраняемых видов растений	Разнообразие охраняемых видов животных	Видовое разнообразие	Разнообразие лесных экосистем	Разнообразие луговых экосистем	Разнообразие болотных экосистем	Разнообразие водных экосистем	Экосистемное разнообразие	Индекс относительного богатства	Индекс ландшафтной мозаичности	Индекс ландшафтной раздробленности	Индекс ландшафтной сложности
Барановичский	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	4	2
Березовский	1	2	1	2	3	1	4	3	2	2	3	1
Брестский	4	3	4	2	3	1	1	2	3	4	3	2
Ганцевичский	1	1	1	4	1	4	1	3	2	3	3	1
Дрогичинский	1	3	2	1	4	1	1	2	2	2	3	1
Жабинковский	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
Ивановский	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	3	1
Ивацевичский	1	2	1	4	1	4	3	4	2	3	4	2
Камянецкий	3	4	4	1	1	1	1	1	3	3	3	1
Кобринский	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	3	1
Лунинецкий	1	3	2	4	4	2	1	4	4	4	3	1
Ляховичский	1	1	1	4	1	3	1	3	2	3	4	3
Малоритский	1	2	1	4	2	1	1	2	1	1	1	1
Пинский	1	4	3	2	3	2	1	2	3	4	4	2
Пружанский	4	3	4	2	3	1	1	2	2	3	4	4
Столинский	2	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	1

Согласно представленной таблице, большинство районов Брестской области характеризуется низкими и невысокими показателями видового разнообразия. Высокие значения были рассчитаны для Брестского, Камянецкого, Пружанского и Столинского районов. Объективной причиной подобной картины распределения индекса биологического разнообразия может являться, в первую очередь, высокая степень изученности данных районов. Как отмечают многие исследователи [2], число видов животных и растений, выявленных на той либо иной территории, в большей степени зависит от числа ботанических экспедиций, побывавших на изучаемом участке, нежели от его площади, высоты над уровнем моря или изоляции. В данном случае резкое выделение западных районов, вполне возможно, обусловлено значительным количеством ботанических исследований, т.к. в пределах рассматриваемой территории расположен областной центр, а также одна из старейших особо охраняемых природных территорий Беларуси – национальный парк «Беловежская Пуща».

Показатель экосистемного разнообразия для большинства районов также характеризуется низкими и невысокими значениями. Структура данного показателя существенно изменяется в пределах области. Высокие показатели разнообразия лесных экосистем отмечаются для северных и восточных районов, луговых экосистем – для

центральных и восточных районов, болотных – для восточных районов. Относительно высокие и высокие показатели разнообразия водных экосистем отмечаются только для Ивацевичского и Березовского районов (соответственно).

Преобладающими значениями показателя ландшафтного разнообразия являются относительно высокие и невысокие. Наиболее часто высокие значения отмечались для индексов ландшафтной мозаичности и раздробленности. Индекс ландшафтной сложности в преобладающем большинстве районов характеризуется низкими значениями.

Итоговые результаты оценки природного разнообразия Брестской области представлены на рисунке 4.

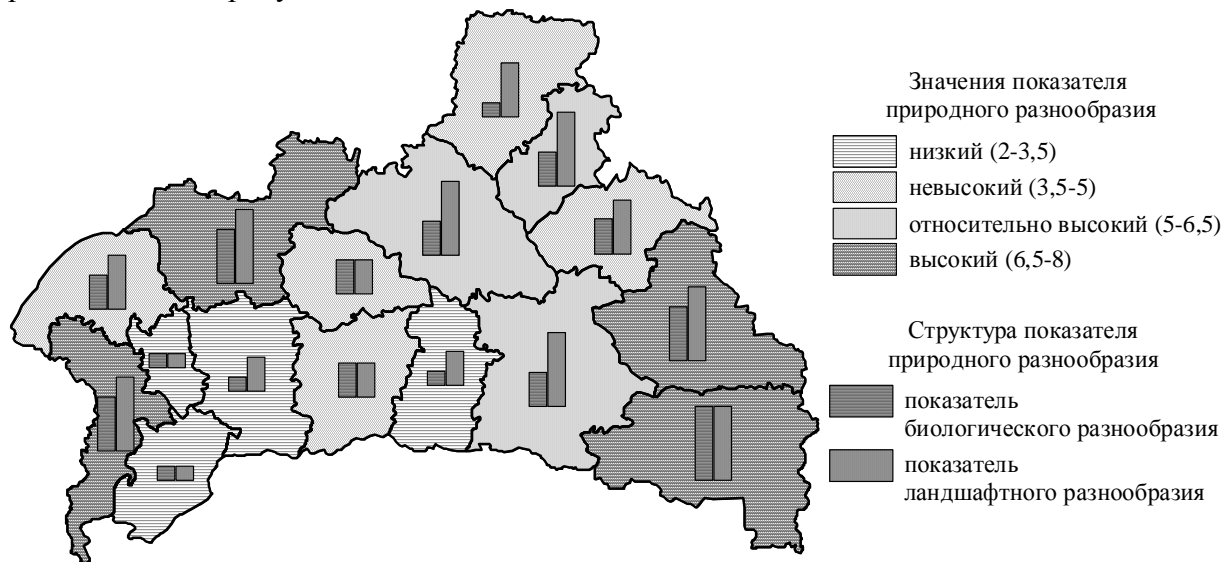


Рисунок 4 – Оценка природного разнообразия Брестской области

Согласно представленной картосхеме, большинство районов Брестской области характеризуется *низкими и невысокими значениями* показателя природного разнообразия. Данные районы можно объединить в две группы:

1. *Западно-Центральная группа*, включающая районы, которые характеризуются низкими и невысокими показателями оценки как биологического, так и ландшафтного разнообразия. Данные районы расположены преимущественно в пределах физико-географического округа Брестское Полесье. Для них характерно преобладание низких показателей как видового разнообразия (за исключением Каменецкого района), так и экосистемного (за исключением Березовского района). Согласно оценке ландшафтного разнообразия большинство районов данной группы характеризуется невысокими показателями. Все индексы ландшафтного разнообразия (за исключением индекса ландшафтной раздробленности) составляют 1–2 балла.

2. *Северо-Восточная группа*, включающая Барановичский и Ганцевичский районы. Для районов данной группы отмечаются невысокие значения показателя природного разнообразия, которые обусловлены преобладанием относительно высоких показателей ландшафтного разнообразия, т.к. данные районы находятся в пределах двух ландшафтных провинций.

*Относительно высокие показатели* природного разнообразия характерны для трех районов Брестской области: Пинского, Ивацевичского и Ляховичского. Данные районы характеризуются абсолютно одинаковой структурой природного разнообразия: невысоким показателем биологического разнообразия и высоким – ландшафтного. Однако, анализ структуры данных показателей показывает существенные различия между районами данной группы. Для Пинского района характерно относительно высокое видовое разнообразие (за счет показателя охраняемых видов животных), для Ивацевичского и Ляховичского – экосистемное (за счет относительно высоких и высоких показателей разнообразия лесных и болотных экосистем). В структуре показателя ландшафтного разнообразия существенных отличий не наблюдается. Однако высокое ландшафтное



разнообразии Пинского района обусловлено наличием значительного количества видов и родов ландшафтов, что связано с расчленением территории данного района рекой Припять и ее притоками. Высокое разнообразие двух других районов объясняется тем, что данные районы являются единственными в Брестской области, расположенными в пределах трех ландшафтных провинций.

*Высокие значения* природного разнообразия характерны для Брестского, Пружанского, Лунинецкого и Столинского районов. Для первых трех районов отмечаются относительно высокие показатели биологического разнообразия и высокие – ландшафтного. Столинский район – единственный в Брестской области, для которого характерны высокие структурные показатели природного разнообразия.

Для западных районов данной группы отмечаются высокие показатели видового разнообразия охраняемых видов растений и невысокие показатели экосистемного разнообразия, а для восточных – высокие показатели видового разнообразия охраняемых видов животных и экосистемного разнообразия. Для западных районов отмечаются относительно высокие показатели разнообразия лишь луговых экосистем, для восточных – всех типов экосистем за исключением водных.

В оценке ландшафтного разнообразия существенно выделяется Пружанский район, для которого отмечаются высокие значения индекса ландшафтной раздробленности и сложности. Последний индекс только в данном районе (по сравнению со всей областью) достигает максимального значения.

### **Выводы**

Анализ полученных результатов оценки природного разнообразия Брестской области позволяет сделать следующие выводы.

1. При проведении оценочных исследований важное значение имеет использование ГИС-технологий, т.к. они позволяют упрощать процесс исследования, визуализировать полученные данные, дают возможность для быстрого оперативного обновления информации и т.д.

2. Большинство районов Брестской области характеризуется низкими и невысокими показателями видового разнообразия. Высокие значения были рассчитаны только для Столинского района. Показатель экосистемного разнообразия для большинства районов также характеризуется низкими и невысокими значениями. Структура данного показателя существенно изменяется в пределах области.

3. Преобладающими значениями показателя ландшафтного разнообразия являются относительно высокие и невысокие. Наиболее часто высокие значения отмечались для индексов ландшафтной мозаичности и раздробленности. Индекс ландшафтной сложности в преобладающем большинстве районов характеризуется низкими значениями.

4. Большинство районов Брестской области характеризуется низкими и невысокими значениями показателя природного разнообразия. Высокие значения природного разнообразия характерны для Брестского, Пружанского, Лунинецкого и Столинского районов. Для первых трех районов отмечаются относительно высокие показатели биологического разнообразия и высокие – ландшафтного. Столинский район – единственный в Брестской области, для которого характерны высокие структурные показатели природного разнообразия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Марцинкевич, Г.И. Оценка ландшафтного разнообразия природных и природно-антропогенных комплексов Беларуси / Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая // Природопользование : сб. научн. трудов / Ин-т проблем использ. природ. ресурсов и экологии ; под общ. ред. И.И. Лиштвана. – Минск : ОДО «Гонпик», 2005. – С. 98–106.

2. Пузаченко, Ю.Г. Разнообразие ландшафта и методы его измерения / Ю.Г. Пузаченко, К.Н. Дьяконов, Г.М. Алещенко // География и мониторинг биоразнообразия. – М. : Изд-во НУМЦ, 2002. – Разд. II. – С. 76–178.

3. Izsak, J. A link between ecological diversity indices and measures of biodiversity / J. Izsak, L. Papp // *Ecological Modelling*. – 2000. – Vol. 130, Issue 1–3. – P. 151–156.
4. Кочуров, Б.И. Типология административных территорий России по факторам формирования экологических проблем / Б.И. Кочуров, Ю.В. Бабина // *География и природные ресурсы*. – 1994. – № 4. – С. 124–133.
5. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. Минск : БелЭн, 2004. – 320 с.
6. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Минск : БелЭн, 2005. – 456 с.
7. Новик, С.М. Оценка биологического разнообразия охраняемых видов растений и животных (на примере Брестской области) / С.М. Новик, Д.П. Пилипчак // *Сахаровские чтения 2006 года : экологические проблемы XXI века : Матер. 6-ой междунар. конф., Минск, 19–20 мая 2006 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова*. – Минск, 2006. – Ч. 1. – С. 328–331.
8. Викторов, А.С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М. : Мысль, 1986. – 179 с.
9. Ивашутина, Л.И. К анализу ландшафтной структуры физико-географических регионов / Л.И. Ивашутина, В.А. Николаев // *Вестник Московского университета*. Сер. 5. География. – 1969. – № 4. – С. 49–59.
10. Jochen, J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation / J.A.G. Jochen // *Landscape Ecology*. – 2000. – Vol. 15, Issue 2. – P. 115–130.
11. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Минск, 2002. – 292 с.
12. Геаграфія Брэсцкай вобласці / С.В. Арцеменка [і інш.] ; пад рэд. С.В. Арцеменкі, А.У. Грыбко. – Мінск : Выд. цэнтр БДУ, 2002. – 388 с.
13. Ландшафтная карта Белорусской ССР / сост. и подг. к изд. фабрикой № 2 ГУГК; ред. А.Г. Исаченко. – 1:600 000. – М. : Главное управление геодезии и картографии, 1983. – 1 к.

***S.M. Tokarchuk, R.A. Stepahjuk. Assessment of Natural Diversity of Brest Region with Geoinformation system***

The paper describes basic approaches for assessment of natural diversity. The methodology assessment of natural diversity, including assessment of biological and landscape diversity, for Belarusian region on the basis of political district is proposed. The assessment and analysis of biological, landscape and natural diversity for Brest region are carried out.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію  
03.02.2011 г.