

УДК 911.2

С.М. Токарчук**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТЕРРИТОРИИ**

В статье рассматриваются основные проблемные ситуации проведения комплексной оценки природного разнообразия территории: определение структуры понятия «природное разнообразие» и основные подходы к выбору и обоснованию показателей оценки природного разнообразия территорий. Понятие природное разнообразие имеет сложную структуру и включает три основных блока: биологическое (видовое и экосистемное), ландшафтное (классическое) и георазнообразие (геологических отложений, геоморфологическое и почвенное). В работе приводится значительный перечень показателей, используемых в научных исследованиях для оценки биологического, ландшафтного и геологического разнообразия. Обоснования выбора показателей производится на основании разработок, выполненных для административных и природных регионов. Все обоснования опираются на значительное количество картографического и табличного материала.

Введение

В настоящее время в научной литературе достаточно широко распространены исследования, посвященные анализу и оценке биологического и ландшафтного разнообразия территорий. Чаще всего в работах дается анализ и оценка одного из видов разнообразия [1–3], и практически не встречаются комплексные исследования. Таким образом, данные исследования приобретают большую актуальность, однако их реализация затруднена отсутствием подобных работ как в отечественной, так и в зарубежной литературе, а также наличием большого количества разнообразных методик оценки биологического и ландшафтного разнообразия, совместное использование которых зачастую не позволяет получить общие итоговые результаты. В настоящей статье на основании анализа значительного количества литературного материала, а также разработок автора [4–7] рассматривается одна из основных проблемных ситуаций проведения комплексной оценки природного разнообразия территории, посвященная выбору и обоснованию показателей оценки.

Структура понятия «природное разнообразие». На основании анализа большого количества литературных источников отечественных и зарубежных авторов [2; 3; 8–12] в настоящем исследовании предлагается следующая структура понятия «природное разнообразие территории», которую можно использовать как основу при проведении оценочного исследования крупных регионов (областей, крупных единиц природных районирований (зон, провинций, округов), речных бассейнов и др.) (рисунок 1).

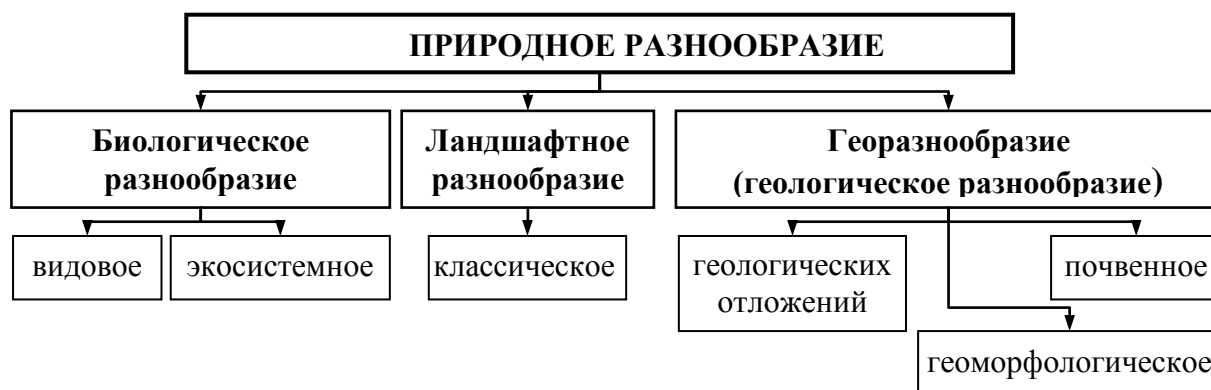


Рисунок 1 – Структура понятия «природное разнообразие»

Выбор и обоснование показателей оценки биологического разнообразия территории. В настоящее время международными организациями и отдельными исследователями предлагается множество критериев и индикаторов для оценки биоразнообразия, содержащих нередко весьма сложную систему показателей (экологических, экономических, социальных, институциональных и др.).

Комиссия ООН по устойчивому развитию предлагает следующие индикаторы сохранения биоразнообразия: (1) процент исчезающих видов от общего числа местных видов; (2) процент особо охраняемых природных территорий от общей площади (для стран мира устанавливается цель: в каждом из основных экологических районов должно быть не менее 10% охраняемой территории); (3) участки с ключевыми экосистемами в процентах от всей территории; (4) распространение ключевых видов [9].

Всемирным Банком в качестве основных индикаторов в области биологического разнообразия выделяется пять показателей: (1) млекопитающие (видов всего); (2) млекопитающие (видов под угрозой); (3) птиц (видов всего); (4) птиц (видов под угрозой); (5) национальные охраняемые территории (в % от площади территории).

Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) предлагается два базовых индикатора: (1) охраняемые территории (тенденция); (2) виды под угрозой (для странового сравнения) [9].

В научных исследованиях для количественной оценки *биологического видового разнообразия* употребляется большое число индексов разной сложности, что позволяет, с одной стороны, достаточно объективно оценивать состояние сообществ и экосистем, а с другой стороны, дает возможность выбора наиболее удобных показателей исходя из особенностей проводимого исследования (цель, задачи, территория исследования, оценочные единицы, возможность получения полевых и статистических данных и др.)

Самые простые из используемых в научной литературе показателей – это число видов на изучаемой территории и число видов, рассчитанное на единицу площади. Последний показатель получил название индекса видового богатства. Однако когда состав сообществ животных или растений характеризуется просто числом входящих видов, игнорируется такой важный параметр, как количественные отношения между ними, теряется информация о редкости одних видов и обычности других. В связи с этим большую популярность получили показатели, величины которых отражают не только общее число видов, но и особенности их количественного соотношения. К числу таких показателей относится, в частности, показатель разнообразия по Симпсону (D) [9]. Показатель разнообразия по Шеннону (H) является наиболее распространенным информационным индексом, служащим для количественной оценки биоразнообразия. Этот показатель суммирует большое количество информации о численности и составе организмов, учитывает число видов и степень их доминирования [9]. Оба показателя принимают максимальные значения при равенстве долей всех видов в сообществе.

Однако при проведении комплексных оценочных исследований регионального масштаба на уровне относительно крупных территориальных оценочных единиц (административные районы, единицы природного районирования, бассейны рек и др.) не существует возможности получения достоверной объективной информации об общем количестве всех видов, обитающих на данной территории. Таким образом, в большинстве работ используются данные лишь о количестве мест произрастания и обитания охраняемых видов растений и животных.

По мнению автора, использование простого показателя количества охраняемых видов является недостаточным, т.к. охраняемые виды относятся к разным категориям охраны. При проведении сравнительного оценочного исследования крупного региона больший интерес могут представлять территории с меньшим количеством охраняемых видов в целом, но среди которых доминируют виды более значимых категорий (1 и 2).

Таким образом, автором предлагается использовать показатель разнообразия охраняемых видов животных и растений (формула 1), который учитывает количественное и категориальное распространение в пределах территориальных единиц оценки местообитаний (произрастаний) охраняемых видов животных (растений).

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

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

Для проведения сравнения в использовании простых показателей и предлагаемого показателя, по данным Красной книги Республики Беларусь, автором были проведены исследования биологического разнообразия территорий административных районов Брестской области. На рисунке 2а представлены результаты пятибалльного равноинтервального ранжирования количества местообитаний охраняемых видов животных, на рисунке 2б – ранжирования рассчитанного показателя разнообразия охраняемых видов животных. Как видно из рисунков, большая часть районов при использовании двух предлагаемых показателей попадает в разные оценочные группы. Это обусловлено тем, что в пределах Брестской области 81% охраняемых видов животных относятся к третьей и четвертой категориям. Таким образом, при использовании простого показателя количества местообитаний охраняемых видов животных теряется значимость данных видов для изучаемой территории.

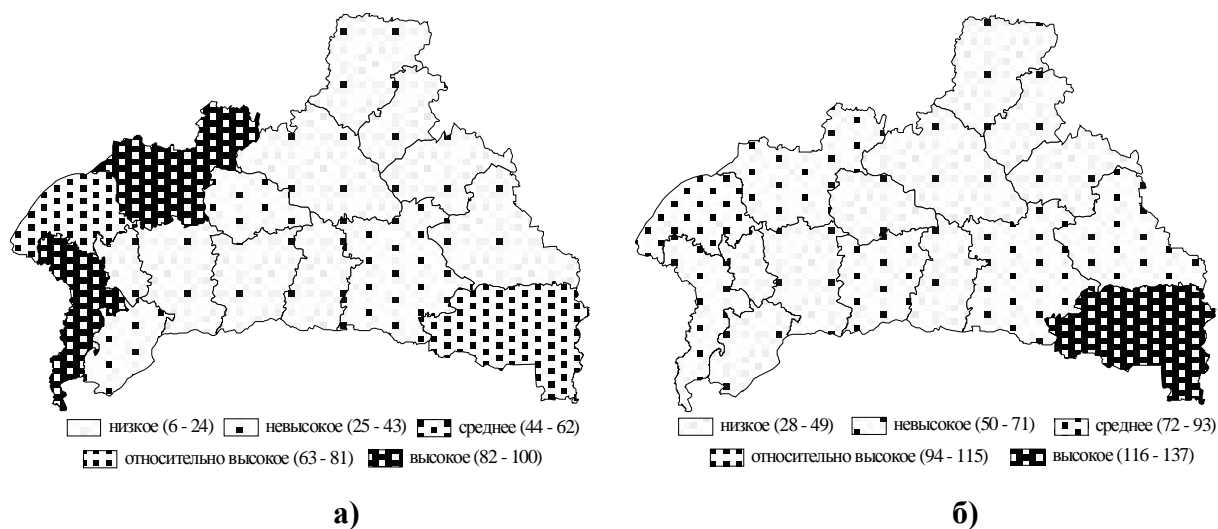


Рисунок 2 – Видовое разнообразие охраняемых видов животных: а) по показателю количества местообитаний; б) по показателю разнообразия охраняемых видов

Необходимо отметить еще один проблемный вопрос, возникающий при использовании данных показателей в оценочных исследованиях: при применении неравнозначных по площади территориальных оценочных единиц в результате работы получают завышенные показатели для единиц с большой площадью и заниженные – с маленькой. Например, на территории Брестской области расположены самый маленький – 0,7 тыс. км² (Жабинковский) и самый большой – 3,4 тыс. км² (Столинский) районы Беларуси. Таким образом, при использовании относительных значений данных показателей (рассчитанных на км²) получают отличные от простого использования показателей результаты (рисунок 3).

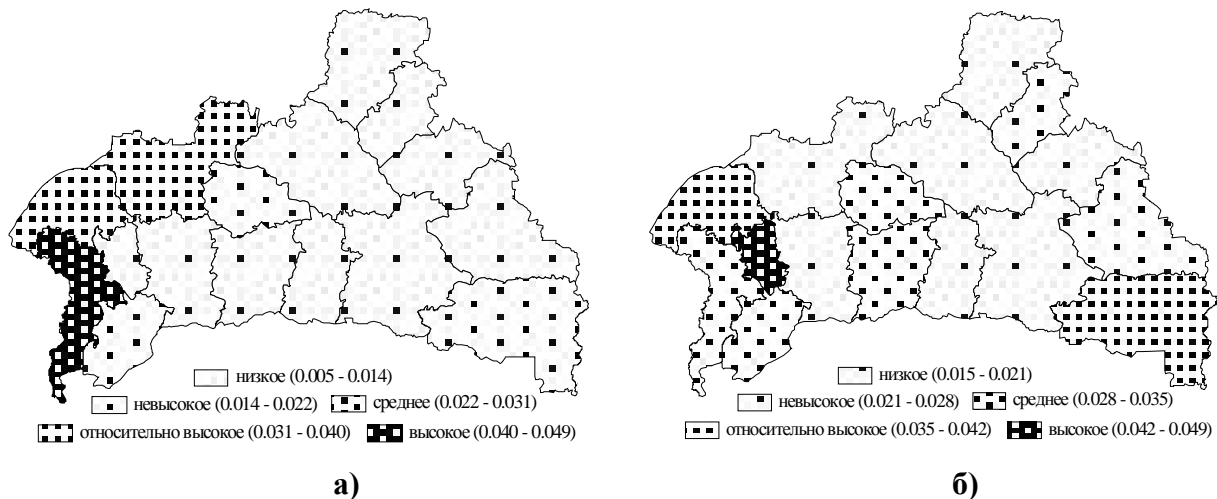


Рисунок 3 – Видовое разнообразие охраняемых видов животных:
 а) по показателю количества местобитаний на км²;
 б) по показателю разнообразия охраняемых видов на км²

Таким образом, при оценке видового разнообразия как составляющей части природного автором предлагается использовать показатель разнообразия охраняемых видов, который учитывает количественное и категориальное распространение в пределах территориальных единиц оценки местообитаний (произрастаний) охраняемых видов животных (растений). В случае значительных расхождений по площади территориальных оценочных единиц предлагается использовать данный показатель, рассчитанный на единицу площади.

Кроме того, при интерпретации данных, а также при использовании показателей видового разнообразия охраняемых видов в комплексных оценках, необходимо учитывать фактор субъективности сбора данных об охраняемых видах растений и животных. Согласно данным многих исследователей [2; 13], число видов животных и растений, выявленных на той либо иной территории, в большей степени зависит от числа ботанических и зоологических экспедиций, побывавших на исследуемом участке, нежели от его площади и др. Например, наибольшие значения видового разнообразия охраняемых видов отмечаются для Брестского района (с областным центром), Каменецкого и Пружанского районов (в пределах которых расположен национальный парк «Беловежская пуца»), а также Столинского района (более 40% территории которого занимают особо охраняемые природные территории республиканского значения). А так как при любых количественных сравнениях важно, чтобы степень флористической и фаунистической изученности сравниваемых единиц была достаточно высокой и равномерной (что в данном случае нельзя гарантировать), то индекс разнообразия охраняемых видов животных и растений желательно использовать с понижающим коэффициентом.

При оценке биологического экосистемного разнообразия предлагается рассматривать лесные, луговые, болотные и водные экосистемы. Автором на основании анализа значительного количества литературных источников был составлен перечень основных показателей оценки экосистемного разнообразия. Анализ данного перечня показал, что часть показателей являются взаимозаменяемыми. Таким образом, учитывая некоторые особенности проведения оценочных исследований (иерархическая структура оценки, неравнозначность площадей территориальных оценочных единиц и др.) была составлена таблица-схема показателей оценки экосистемного разнообразия (таблица 1). В таблице сходные по смыслу показатели объединены в блоки и выделены те показатели, которые, по мнению автора, а также на основании основных критериев выбора исход-

ных данных (репрезентативность, детальность исследования и доступность информации) являются наиболее оптимальными при проведении комплексного оценочного исследования природного разнообразия.

Таблица 1 – Показатели оценки экосистемного разнообразия (лесов, лугов, болот)

БЛОК 1	БЛОК 2	БЛОК 3
Количество типов отдельного вида экосистем	Общая площадь отдельного вида экосистем	Оригинальность структуры растительного покрова (сумма отклонений значений площади основных типов растительности от среднерегиональных, %)
Индекс относительного богатства отдельного вида экосистем	Относительная площадь отдельного вида экосистем	Индекс уникальности (рассчитывается по формуле 2)

Индекс уникальности использует площадные значения всех типов отдельного вида экосистем (лесов, лугов, болот), и предлагается его рассчитывать по формуле 2. Данный индекс является авторским. Его использование прошло апробацию во многих оценочных исследованиях как для природных (физико-географических и ландшафтных провинций), так и административных (области) территорий.

$$I_o = \sum \frac{S_i}{S_i}, \quad (2)$$

где S_i – суммарная площадь i -го типа анализируемых экосистем в районе; S_i – суммарная площадь i -го типа анализируемых экосистем в области.

Выбор и обоснование показателей оценки ландшафтного разнообразия территории. Для оценки ландшафтного разнообразия территорий используется значительное количество индексов и показателей. На основании анализа большого объема литературных данных [2; 3; 8; 12; 14] автором был составлен перечень из более 25 чаще всего встречающихся индексов ландшафтного разнообразия. Условно данные индексы можно объединить в две большие группы:

1. Индексы, направленные на изучение отношений элементов внутри систем (в частности ландшафтных). Поиски критериев для характеристики показателей однородности, контрастности, мозаичности ландшафтов появились гораздо раньше термина «ландшафтное разнообразие». Многие из данных индексов были разработаны ландшафтоведами советской школы [15–17] и опираются преимущественно на три основные составляющие индексов: (1) площадь, занятая определенным типом ландшафта; (2) число ландшафтных выделов на изучаемой территории; (3) средний размер ландшафтных выделов.

2. Индексы, используемые при оценке ландшафтного разнообразия на основе материалов дистанционного зондирования (Шеннона, Симпсона и др.).

Часть индексов содержит практически тождественную информацию о разнообразии, в результате чего, можно значительно сократить список возможных для оценки ландшафтного разнообразия индексов и показателей.

На основе результатов оценки ландшафтного разнообразия районов Минской области с использованием ландшафтной карты Белорусской ССР масштаба 1:600 000 была проведена оценка линейных корреляций между основными ландшафтными индексами (таблица 3), а также индексом уникальности (формула 2) как на уровне абсолютных (таблица 4а), так и относительных балльных (таблица 4б) значений.

Таблица 3 – Индексы оценки ландшафтного разнообразия (т.н. рисунка ландшафта)

№	Показатель	Формула	Составляющие
1.	Индекс относительного богатства	$I_r = \frac{N}{N_0}$	N – количество видов ландшафтов в пределах административного района; N_0 – количество видов ландшафтов в области; n – количество ландшафтных выделов в пределах административного района; S – площадь административного района (общая площадь ландшафтных выделов); S_0 – средняя площадь ландшафтных выделов
2.	Индекс ландшафтной мозаичности	$I_p = 1 - \frac{N}{n}$	
3.	Индекс ландшафтной дробности	$I_d = \frac{n}{S}$	
4.	Индекс ландшафтной сложности	$I_c = \frac{n}{S_0}$	
5.	Индекс ландшафтной раздробленности	$I_{fr} = 1 - \frac{S_0}{S}$	

Таблица 4 – Линейные корреляции между ландшафтными индексами

а) в абсолютных значениях

б) в относительных (балльных) значениях

	I_r	I_p	I_d	I_c	I_{fr}	I_o
I_r		0,128	0,376	0,577	0,637	0,636
I_p			0,379	0,644	0,786	0,143
I_d				0,843	0,458	0,225
I_c					0,704	0,523
I_{fr}						0,406
I_o						

	I_r	I_p	I_d	I_c	I_{fr}	I_o
I_r		0,111	0,321	0,548	0,558	0,603
I_p			0,334	0,611	0,703	0,160
I_d				0,749	0,354	0,266
I_c					0,627	0,336
I_{fr}						0,293
I_o						

Используя результаты корреляции, можно проводить обоснование выбора ландшафтных индексов для проведения комплексного исследования. В данном случае можно утверждать, что обязательным при проведении исследования является использование индексов относительного богатства, ландшафтной мозаичности и дробности, а также индекса уникальности, т.к. эти четыре индекса в наименьшей степени коррелируют друг с другом.

Выбор и обоснование показателей оценки геологического разнообразия территории. Настоящая часть работы оказалась наиболее сложной в связи с отсутствием русскоязычных научных исследований по данной тематике. Кроме того, при оценке геологического разнообразия используются самые разные типы географических данных (статистические, картографические, дистанционные и др.). Таким образом, необходимо отметить несколько основных особенностей выбора показателей оценки геологического разнообразия территории:

1. Отсутствие методических разработок требует разработки авторских подходов к проведению исследований.
2. Сложность оценочного блока «геологическое разнообразие» обуславливает разнообразие используемых методических приемов.
3. Предлагаемые подходы для оценки геологического разнообразия должны апробироваться на разных объектах и территориях (как природных, так и административных) и использоваться в комплексной оценке только после удовлетворительных результатов апробации.

Автором на основании собственных исследований предлагается несколько подходов к проведению оценки геологического разнообразия.

Во-первых, при проведении оценки разнообразия геологических отложений, типов почв и других явлений, имеющих повсеместное распространение, можно использовать индексы ландшафтного разнообразия, применяемые при исследованиях ландшафтных карт. Например, на рисунке 4 представлены результаты оценки разнообразия геоморфологических форм рельефа согласно индексу относительного богатства.



Рисунок 4 – Оценка разнообразия геоморфологических форм рельефа согласно индексу относительного богатства

Во-вторых, при оценке распространения точечных объектов можно использовать простые показатели: количество объектов, плотность объектов и др. В таблице 5 приводятся результаты оценки разнообразия геологических памятников природы Гродненской области.

Таблица 5 – Оценка разнообразия распространения геологических памятников природы в пределах административных районов Гродненской области

Район	N_R	N_L	N_T	Dens	P_T	N_T	Dens	P_T
	единиц			ед/км ²		балл		
Берестовицкий	0	0	0	0,000000	0,0	0	0	0
Волковысский	1	0	1	0,000833	1,0	1	1	1
Вороновский	6	14	20	0,013997	13,0	3	3	4
Гродненский	2	4	6	0,002134	4,0	1	1	1
Дятловский	1	0	1	0,000655	1,0	1	1	1
Зельвенский	0	7	7	0,007791	3,5	1	2	1
Ивьевский	6	8	14	0,007698	10,0	2	2	3
Кореличский	5	4	9	0,008445	7,0	2	2	2
Лидский	0	0	0	0,000000	0,0	0	0	0
Мостовский	6	0	6	0,004488	6,0	1	1	2
Новогрудский	7	4	11	0,006670	9,0	2	2	3
Островецкий	5	19	24	0,015401	14,5	4	5	4
Ошмянский	5	29	34	0,027850	19,5	5	4	5
Свислочский	0	0	0	0,000000	0,0	0	0	0
Слонимский	5	6	11	0,007782	8,0	2	2	2
Сморгонский	13	15	28	0,018748	20,5	5	3	5
Щучинский	12	6	18	0,009349	15,0	3	2	4

Используя данные: (1) количество геологических памятников природы республиканского значения (N_R), (2) количество геологических памятников природы местного значения (N_L), автором предлагается рассчитать три показателя:

- 1) общее количество геологических памятников природы (N_T);
- 2) плотность геологических памятников природы ($Dens$);
- 3) показатель разнообразия памятников природы (P_T), который рассчитывается по формуле 3.

$$P_T = N_R + 0,5 \times N_L, \quad (3)$$

где P_T – показатель разнообразия памятников природы; N_R – количество геологических памятников природы республиканского значения, N_L – количество геологических памятников природы местного значения.

Данные показатели могут использоваться как в различных сочетаниях, так и по отдельности.

Выводы

Таким образом, выбор показателей оценки природного разнообразия территории является сложным процессом. Использование каждого показателя должно иметь четкое обоснование и быть апробировано в исследованиях разного территориального уровня. Необходимо обратить особое внимание на взаимозаменяемость отдельных показателей, а также наличие площадных отличий территориальных оценочных единиц.

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 «Тонпик», 2005. – С. 98–106.
2. Пузаченко, Ю.Г. Разнообразие ландшафта и методы его измерения / Ю.Г. Пузаченко, К.Н. Дьяконов, Г.М. Алешенко // География и мониторинг биоразнообразия / Н.В. Лебедева [и др.] ; под ред. Н.С. Касимова, Э.П. Романова, А.А. Тишкова. – 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. Новик, С.М. Оценка биологического и ландшафтного разнообразия геосистем Минской области как основа для анализа природоохранного потенциала региона / С.М. Новик // Актуальные проблемы экологии : материалы I Междунар. науч. конф., Гродно, 6–8 октября 2004 г. : в 2 ч. / УО «Гроднен. гос. ун-т им. Я. Купалы» ; редкол.: Н.П. Канунникова [и др.]. – Гродно, 2005. – Ч. 2. – С. 193–196.
5. 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 : материалы 6-ой Междунар. науч. конф., Минск, 19–20 мая 2006 г. : в 2-х ч. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под общ. ред. С.П. Кундаса, А.Е. Океанова, С.С. Позняка. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2006. – Ч. 1. – С. 328–331.
6. Токарчук, С.М. Оценка природного разнообразия Брестской области с использованием ГИС-технологий / С.М. Токарчук, Р.А. Степанюк // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2011. – № 1 (36). – С. 107–116.
7. Усова, И.П. Ландшафтное разнообразие природных комплексов Брестской и Могилевской областей / И.П. Усова, С.М. Токарчук // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2010. – № 2 (35). – С. 120–127.

8. Гродзинский, М.Д. Типы ландшафтных різноманіть / М.Д. Гродзинский // Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя : збірка наукових праць. – Київ, 1999. – С. 52–58.
9. Лебедева, Н.В. Биологическое разнообразие и методы его оценки / Н.В. Лебедева, Д.А. Криволицкий // География и мониторинг биоразнообразия / Н.В. Лебедева [и др.] ; под ред. Н.С. Касимова. – М. : Изд-во НУМЦ, 2002. – С. 8–75.
10. Огуреева, Г.Н. Картографирование биоразнообразия / Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова // География и мониторинг биоразнообразия / Н.В. Лебедева [и др.] ; под ред. Н.С. Касимова, Э.П. Романова, А.А. Тишкова. – М. : Изд-во НУМЦ, 2002. – Разд. IV. – С. 216–245.
11. Примак, Р. Основы сохранения биоразнообразия / Р. Примак. – М. : Изд-во НУМЦ, 2002. – 256 с.
12. 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.
13. Хорева, М.Г. Флора Северной Охотии и островной эффект / М.Г. Хорева // Природа. – 2002. – № 10. – С. 51–58.
14. Ганзей, К.С. Ландшафтное разнообразие Курильских островов / К.С. Ганзей, А.Н. Иванов // География и природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 87–94.
15. Викторов, А.С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М. : Мысль, 1986. – 179 с.
16. Геренчук, К.И. Методика определения некоторых параметров морфологической структуры ландшафтов / К.И. Геренчук, И.К. Гораш, А.Г. Толчиев // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1969. – № 5. – С. 102–109.
17. 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.

S.M. Tokarchuk Selection and Substantiation Indicators Assessment of Natural Diversity Territory

The article deals with the main problem of integrated assessment of natural diversity territories: structuring the concept of «natural diversity» and the basic approaches to the selection and substantiation assessment indicators of natural diversity. The notion of natural diversity consists of three main units: biological (species and ecosystems), landscape (classical) and geology diversity (geological deposits, geomorphological and soil). The paper contains a considerable list of indicators used in research to evaluate biological, landscape and geological diversity. Substantiation of a choice indicators is based on developments made for administrative and natural regions. All substantiation are based on a considerable amount of cartographic and tabular material.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.02.2014