

Н. К. ЧЕРТКО, А. А. КАРПИЧЕНКО, П. В. ЖУМАРЬ, Т. А. СЕРГИЕНЯ

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ

На основании выделенных видов латеральной и радиальной геохимической структуры ландшафтов дана оценка ландшафтного разнообразия Беларуси. Приведен пример оценочной матрицы разнообразия геохимических структур.

Based on our identified kinds of lateral and radial geochemical structure of landscapes, we make an assessment of Belarus' landscape diversity. An example of the assessment matrix for geochemical structure diversity is given.

Ландшафтное разнообразие (landscape diversity) выступает основой сохранения биологического разнообразия, понимаемого как «вариабельность живущих организмов, включая экосистемы и комплексы, частью которых они являются. Оно включает разнообразие внутри вида, между видами и экосистемами» [1, с. 4].

Представление о ландшафтном разнообразии сложилось в последние 10 лет в связи с актуализацией проблем охраны окружающей среды. Само понятие является производным от термина «георазнообразие» (geodiversity), определяемого как диапазон геологического строения (bedrock), строения суши (geomorphology), особенностей почвы и всей совокупности (assemblages) системы и процессов. Оно включает гидрологические, климатические, геологические процессы, почво- и рельефообразование [2].

Трактовки понятия «ландшафтное разнообразие» имеют несколько направлений, обобщенных М. Д. Гродзинским [3], который выделяет классическое разнообразие (традиционно ландшафтное), антропогенное, биоценотическое и гуманитарное.

Классическое разнообразие исходит из традиционного понимания ландшафта как природного объекта и чаще всего отражает его морфологическую структуру, базируется оно на особенностях, уникальности, мозаичности и контрастности природных ландшафтных структур. Разнообразие сводится к количеству ландшафтных выделов на определенной территории. Чем их больше, тем разнообразнее ландшафтная структура территории, тогда можно предполагать, что и организация ландшафта более высокая.

Антропогенное разнообразие отражает разнообразие земельных угодий как неотъемлемой части современных ландшафтов.

Биоценотическое разнообразие связано с ценностью биоты и в большинстве случаев базируется на системе природно-заповедного фонда региона.

Гуманитарное толкование ландшафтного разнообразия сводится к целостному восприятию человеком ландшафта как природного и культурного образования. С точки зрения такого восприятия можно выделить три среды: природную, культурную и этническую. Природная среда оценивается человеком с позиции ее эстетичности, разнообразия, контрастности и т. д.; культурная среда — это традиционная архитектура, формы землепользования и другие ее составляющие с учетом комфортности для человека; этническое разнообразие проявляется через особенности традиций, образа жизни и др.

С геохимической точки зрения ландшафтное разнообразие рассматривается нами как организующая структурирующая система для реализации биологического разнообразия, связь между элементами которой поддерживается за счет потоков вещественно-энергетического и информационного обмена.

© 2006 Чертко Н. К., Карпиченко А. А., Жумарь П. В., Сергиеня Т. А.

Таблица 1

Виды латеральных геохимических структур

Структурный индекс	Вид структуры	Особенности распределения элементов (содержание)
1	Асцендиальная (восходящая)	Увеличение от элювиального ландшафта к супераквальному
2	Дисцендиальная (нисходящая)	Уменьшение от элювиального ландшафта к супераквальному
3	Депрессионная	Уменьшение от элювиального ландшафта к трансэлювиальному и вновь увеличение к супераквальному
4	Пикообразная	Повышение от элювиального ландшафта к трансэлювиальному, далее — уменьшение к супераквальному
5	Равномерная	Практически одинаковое в пределах катены

элементов в пространственно-временном разрезе, функциональное включает экологически значимые процессы миграции, аккумуляции и переотложения химических элементов (эрозия, дефляция, сорбция, биологическое поглощение и др.). Их пространственно-временная вариабельность определяет равновесие геохимических структур и геохимическое равновесие ландшафта в целом.

При анализе геохимии ландшафта важное место отводится изучению геохимических сопряжений или почвенно-геохимических катен, представляющих собой сочетания сопряженных элементарных ландшафтов. В большинстве случаев в их пределах осуществляются однонаправленные потоки вещества из автономных ландшафтов местных водораздельных пространств к подчиненным ландшафтам местных депрессий. Одним из ключевых понятий при изучении сопряженных элементарных геохимических систем является геохимическая структура, состоящая, соответственно, из радиальной (вертикальной) и латеральной (горизонтальной). В зависимости от множества факторов геохимические структуры ряда элементов могут различаться.

Ввиду отсутствия общепринятой классификации геохимической структуры из-за структурной сложности самих ландшафтов [4, 5] нами осуществлена ее разработка, основанная на закономерностях вариации содержания химических элементов в пределах геохимической катены для латеральной структуры и их накопления в различных горизонтах почвенного профиля (табл. 1).

Выделенным видам радиальных геохимических структур (табл. 2) дается название по почвенным генетическим горизонтам, их сочетанию, для которых характерно повышенное содержание химических элементов (гумусовая, иллювиальная и т. д.). Если элементы распределяются равномерно по профилю почв, то такой вид радиальной структуры определяется как невыраженный (равномерный). На уровне элементарной ландшафтной единицы рассмотрение геохимической структуры может быть двояким. С одной стороны, это выявление характера геохимической структуры по отдельным химическим элементам (элементарных), с другой — их определение по доминирующей структуре, свойственной в целом ландшафту, а также по совокупности индивидуальных структур. Иными словами, разнообразие на уровне элементарных ландшафтных единиц есть функция числа различающихся между собой геохимических структур или их сочетаний.

Баланс химических элементов в ландшафте — один из самых важных факторов обеспечения безопасности существования обитающих в нем организмов, популяций и сообществ, поскольку содержание этих элементов в оптимальном, избыточном или недостаточном количестве может влиять на физиологию организмов. Поэтому знание геохимической структуры ландшафта и ее роли в природном разнообразии может выступать в качестве основы для анализа средоформирующей функции ландшафта, различного рода экологических оценок и решения ряда прикладных задач природопользования.

В этой связи рассматриваются следующие элементы разнообразия — структурный и функциональный. Структурное разнообразие характеризует соотношение химических

Таблица 2

Виды радиальных геохимических структур

Структурный индекс	Вид структуры	Особенности распределения элементов — содержание
1	Невыраженная (равномерная)	Сходное во всех почвенных горизонтах
2	Гумусовая (гумусово-аккумулятивная); для торфяных почв — органогенная	Повышенное в горизонте $A_1(T_1)$
3	Элювиальная	» A_2
4	Иллювиальная	» В
5	Гумусово-иллювиальная	» A_1, B
6	Гумусово-элювиальная	» A_1, A_2
7	Элювиально-иллювиальная	» A_2, B_1
8	Лессивированная; для торфяных почв — псевдолессивированная	Повышенное в нижних почвенных горизонтах

Их разнообразие достигает максимума, если выделяется большое количество индивидуальных геохимических структур (рис. 1, вариант 1). Если среди всех возможных геохимических структур одна стремится доминировать при незначительном количестве прочих, такое разнообразие следует считать низким (вариант 2). Разнообразие типично, если доминируют одна или несколько структур при большом количестве прочих (вариант 3).

На более высоком таксономическом уровне ландшафта или ландшафтной провинции разнообразия может и не быть, если сравниваются два элементарных ландшафта с одинаковым разнообразием. В целом же разнообразие оцениваемого ландшафта не может быть выше, чем в упомянутых единицах. Даже если разнообразие ландшафта складывается из нескольких единиц с низким разнообразием геохимических структур, то ландшафтное разнообразие будет высоким (рис. 2).

Основной источник информации для анализа ландшафтно-геохимического разнообразия — паспорта геохимической структуры ландшафтов, получаемые в результате обработки полевых и лабораторных данных. Обязательны также ландшафтно-геохимический профиль с точками почвенных разрезов, таблицы радиального и латерально-го распределения химических элементов в почвенном покрове внутри рассматриваемой катены.

На основе аналитических данных устанавливаются виды латеральной и радиальной геохимической структуры, по которым строятся матрицы, включающие исследуемые химические элементы (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo).

При изучении разнообразия латеральных структур важно помнить, что одному химическому элементу в пределах катены соответствует одна геохимическая структура. После создания такой матрицы (см. рис. 3, А) определяется частота встречаемости того или иного вида геохимической структуры в целом для элементарного ландшафта. Уровень разнообразия определяется в соответствии с приведенной схемой (см. рис. 1).

Процесс оценки разнообразия радиальной структуры сложнее, поскольку для этого следует знать содержание каждого из определяемых элементов в почвенных профилях, заложенных в пределах катены. Оценочная матрица представляет следующий вид: в столбцах располагаются химические элементы, а в строках почвенные разрезы. В ячейки заносятся структурные индексы встречающихся радиальных структур (см. табл. 2) для каждого i -го элемента в j -м разрезе. Частота встречаемости индивидуальных геохимических структур определяется как для катены (столбцы), так и для каждого разреза (строки). На основании этого можно оценить разнообразие структур в обоих случаях (см. рис. 3, Б).

Разнообразие геохимических структур радиального типа по отдельным химическим элементам оценивается для всей катены по частоте встречаемости того или иного вида индивидуальных геохимических структур и их количеству в почвенных разрезах. Принцип оценки тот же, что и в предыдущем случае. В ячейках матрицы указаны структурные индексы геохимических структур (см. табл. 2). Таким образом отражается индивидуальная геохимическая структура каждого химического элемента во всех разрезах.

Под итоговой чертой для каждого элемента указывается количество структур в катене (см. рис. 3, вариант а). От этого зависит и степень разнообразия: Н — низкое, Т — типичное, В — высокое. Во втором случае (б) учитывается частота встречаемости разных видов геохимических структур в каждом разрезе. Для этого строится матрица частоты геохимических структур (см. рис. 3, вариант б). В ее строках помещены разрезы, а в столбцах — выделенные нами геохимические структуры. Для каждого разреза указана частота встречаемости того или иного вида структуры. Оценка разнообразия проводится по строкам матрицы по приведенному принципу. Степень разнообразия указана справа от каждой строки матрицы.

Степень разнообразия радиальных структур для элементарного ландшафта в целом дается по преобладающей среди химических элементов почвенного разреза. В дальнейшем по столбцам (видам структур) указываются частоты, суммы которых приводятся под итоговой чертой. В итоговой строке выбирается преобладающая геохимическая структура.

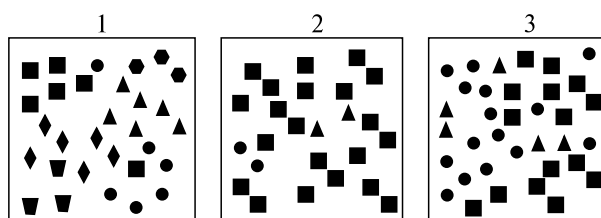


Рис. 1. Примеры разнообразия геохимических структур.

1 — высокое, 2 — низкое, 3 — типичное. Здесь и на рис. 2 значками показаны различные виды абстрактных геохимических структур.

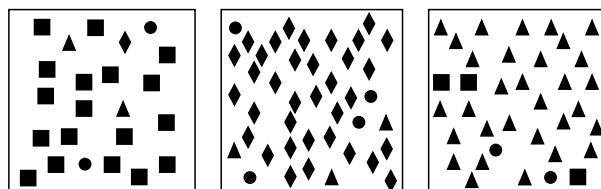


Рис. 2. Модель высокого ландшафтного разнообразия при низком разнообразии геохимических структур в пределах элементарных ландшафтов.

Химический элемент	А		Геохимическая структура
i_1			①
i_2			②
i_3			①
...			...
i_{n-1}			⑤
i_n			②
Встречаемость:	① = 3	② = 1	⑤ = 1
Разнообразие:	НИЗКОЕ		

Разрез	Химический элемент					
	i_1	i_2	i_3	...	i_{n-1}	i_n
j_1	②	③	⑥	...	②	②
j_2	②	②	②	...	⑤	②
.....
j_{n-1}	③	②	③	...	②	②
j_n	②	⑥	⑥	...	②	②
Количество геохимических структур	2	3	3	...	2	1
Элементное разнообразие	Н	Т	Т		Н	Н
Итоговое элементное разнообразие	НИЗКОЕ (НЗТ2)					

Разрез	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	Разнообразие индивидуальных структур разрезов
j_1		3	1			1		→	НИЗКОЕ
j_2		4			1			→	НИЗКОЕ
.....
j_{n-1}		3	2					→	ТИПИЧНОЕ
j_n		3				2		→	НИЗКОЕ
Итоговое разнообразие для разрезов								→	НИЗКОЕ
Сумма частот и их разнообразие		13	3		1	3		→	НИЗКОЕ

Рис. 3. Пример оценочной матрицы разнообразия геохимических структур.

А — латеральных; Б — радиальных; а — разнообразие радиальных структур в катене, б — частота встречаемости геохимических структур в катене и их разнообразие. i_n — химический элемент; j_n — номер почвенного разреза в катене; цифра в кружке — индекс вида геохимической структуры (см. табл. 2).

Таким образом, получены три индекса разнообразия радиальной геохимической структуры: 1) элементных структур для отдельных химических элементов; 2) индивидуальных структур почвенных разрезов; 3) итоговый индекс разнообразия частот геохимических структур для всей катены (урочища). Записывать их в таблицах и легендах карт следует в таком же порядке, как и в табл. 3, где приведены результаты оценки разнообразия всех геохимических структур во всех типах ландшафтов Белоруссии. На основании приведенных индексов дается интегральный показатель оценки разнообразия радиальных геохимических структур — ННТ, НТТ или ВТТ.

Ландшафтное разнообразие Белоруссии на основе геохимических структур

Ландшафт	Разнообразии латеральных структур	Разнообразие радиальных структур				Итоговый индекс ландшафтного разнообразия (см. текст)
		элементных структур, или структур химических элементов	индивидуальных структур почвенных разрезов	частот геохимических структур	интегральный показатель разнообразия геохимических структур	
Лёссовый	Н	Т	Т	Т	ТТТ	$\frac{Н}{ТТТ}$
Аллювиально-террасированный	В	Н	Т	Т	НТТ	$\frac{В}{НТТ}$
Нерасчлененный с преобладанием болот	Н	Т	Т	В	ТТВ	$\frac{Н}{ТТВ}$
Холмисто-моренно-эрозионный	Н	Н	Н	Н	ННН	$\frac{Н}{ННН}$
Моренно-озерный	Н	В	Н	Н	ВНН	$\frac{Н}{ВНН}$
Озерно-ледниковый	Т	Н	Н	Н	ННН	$\frac{Т}{ННН}$
Вторично-моренный	Т	Т	Т	Т	Т	$\frac{Т}{ТТТ}$
Вторично-водно-ледниковый	Н	Т	Н	Н	ТНН	$\frac{Н}{ТНН}$

Примечание. Разнообразие: Н — низкое, В — высокое, Т — типичное.

При совместной оценке ландшафтного разнообразия по радиальным и латеральным геохимическим структурам производится запись в виде дроби: в числителе указана степень разнообразия латеральной геохимической структуры, а в знаменателе — интегральный показатель разнообразия радиальных структур (см. табл. 3).

Нарушение природной информационной основы почв сказывается на продуктивности и разнообразии растительности, микроорганизмов и почвенной фауны. По их состоянию обычно косвенно судят о степени загрязнения почвы. Однако при прочих равных условиях изменение геохимической структуры, как правило, отражается на изменении разнообразия растительного покрова и почвенной фауны. Сама же геохимическая структура в свою очередь зависит от локальных условий миграции, накопления и перераспределения соответствующего элемента. Их формирование связано с особенностями литолого-минералогического состава почв и подстилающих пород, их коллоидных свойств, кислотно-щелочных условий, содержания органического вещества и др. В той или иной структуре отражены вся совокупность названных факторов в пределах ландшафта и их изменение.

Геохимическая структура отражает ландшафтные условия, поэтому она является реальной информационной основой ландшафтного разнообразия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о биологическом разнообразии. Текст и приложения. — <http://www.biodiv.org/doc/legal/cbd-ru.pdf>
2. The Australian Natural Heritage Charter. — 2002. — <http://www.ahs.gov.au/infores/publicatiobns/anhe/index.html/>
3. Гродзинский М. Д. Типы ландшафтных різноманіть // Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя. — Київ: Либідь, 1999.
4. Гаврилова И. П., Касимов Н. С. Практикум по геохимии ландшафтов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989.
5. Глазовская М. А., Касимов Н. С. Почвенно-геохимические сопряжения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. — 1987. — № 1.

Белорусский государственный университет,
Минск

Поступила в редакцию
17 октября 2005 г.