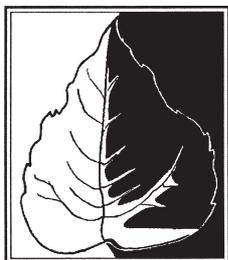


ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



# Проблемы Региональной Экологии

Журнал издается при поддержке  
Института географии Российской академии наук

№1  
2009 г.



# СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАКОВИНАХ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Э. А. Снегин

*Белгородский государственный университет,  
доцент кафедры зоологии и экологии БелГУ, [snegin@bsu.edu.ru](mailto:snegin@bsu.edu.ru)*

В зоне воздействия Лебединского и Стойленского горно-обогатительных комбинатов в раковинах наземных моллюсков оценивалась степень накопления восемнадцати химических элементов. Выявлена специфичность накопления некоторых элементов. Отмечено влияние структуры ландшафта на степень аккумуляции химических компонентов в раковинах.

In zone influences of Lebedinsky and Stoilensky mountain-concentrating combines in shells of terrestrial mollusks the degree of accumulation of eighteen chemical elements was estimated. Specificity of accumulation of some elements is revealed. Influence of frame of a landscape on a degree of accumulation of chemical components in shell is marked.

Ключевые слова: наземные моллюски, раковины, почва, химические элементы, горно-обогатительные комбинаты.

Предлагаемая работа является составной частью комплексной оценки состояния экосистем в условиях влияния Лебединского и Стойленского горно-обогатительных комбинатов (ГОК), расположенных на юге Среднерусской возвышенности (Белгородская область).

Моллюски были выбраны в качестве объекта изучения не случайно, т. к. эти животные используют минеральные и органические компоненты для построения своей раковины, которая растет у них в течение всей жизни (у исследуемых видов до 5-ти лет). Известно, что микроэлементы имеют определенные концентрации в организме животных и интенсивно выводятся из организма с экскрементами или накапливаются в органах, которые затем теряются, например, при линьке (волосы, покровы тела) [1]. Раковина, являясь производной мантии, также является контейнером для выведения из тела избытков элементов. Включенные в ее состав вещества в дальнейшем, как правило, не используются в процессе метаболизма животного. Поэтому раковины моллюсков являются хорошими накопителями различных элементов, некоторые из которых ( $Pb^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ) имея больший радиус, чем  $Ca^{2+}$ , могут частично замещать его в кристаллической решетке раковины, и тем самым усиливать аккумулярующий эффект [2, 3]. Мягкие ткани в этом отношении менее пригодны для анализа, т. к. концентрация различных элементов в них может меняться в зависимости от физиологического состояния животного в различные сезоны года и даже время суток [4].

**Методика.** Для проведения полевых исследований в зоне воздействия ГОК в Губкинском и Старооскольском районах были намечены трансекты по преобладающим направлениям ветра, включающие 14 пунктов, в которых проводился

сбор материала. Три из них находятся в пределах заповедного участка «Ямская степь», остальные расположены на территории промышленных зон Лебединского ГОК, Стойленского ГОК, и Оскольского электро-металлургического комбината (ОЭМК) и на некотором удалении от этих предприятий. В качестве контрольного варианта использовалась выборка из популяции, обитающей в относительно незагрязненных условиях (Ровеньской природный парк).

В качестве объектов исследования были взяты три вида наземных брюхоногих моллюсков: *Euomphalia strigella* Drap., *Bradybaena fruticum* Mull., и *Chondrula tridens* Mull.

Выбор указанных видов был обусловлен несколькими причинами. Во-первых, их размерами, т. к. *E. strigella* и *B. fruticum* это наиболее крупные в районе исследования, относительно долгоживущие и удобные для сбора наземные моллюски, имеющие раковину. Во-вторых, живые особи этих видов и особенно их пустые раковины чаще остальных видов встречались в исследуемых биотопах. В-третьих, весьма важным выглядит характер питания изучаемых видов моллюсков — *B. fruticum* **является** фитофагом, употребляющим преимущественно наземные зеленые части травянистых растений, а *Ch. tridens* и *E. strigella* питаются гниющими остатками растений и почвенными грибами. Таким образом, химические элементы, имеют различные пути поступления в тела и раковины изучаемых улиток.

Сбор моллюсков осуществлялся вручную на стеблях и листьях трав и кустарников, а также в подстилке. В дождливые дни для сбора использовался энтомологический сачок. В каждом пункте бралось несколько выборок. Координаты мест сбора фиксировались GPS — навигатором Garmin 76.

Для анализа на содержание различных химических элементов использовались раковины либо взрослых живых моллюсков, либо недавно погибших (раковины, сохранившие прижизненную окраску; старые раковины становятся белыми, из-за потери пигментов). Содержание различных элементов определялось с помощью метода рентгенофлуоресценции на кристалл-дифракционном сканирующем спектрометре «Спектроскан».

Определялось только валовое содержание тяжелых металлов.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Всего анализу было подвергнуто более 500 раковин на содержание 18 элементов. Из них ни в одной пробе не были обнаружены ртуть (Hg) и таллий (Tl).

В таблицах 1 и 2 приведены данные по содержанию различных элементов в раковинах моллюсков изучаемых видов и в почве. Схема, отражающая концентрацию элементов в раковинах в порядке убывания выглядит следующим образом:

Fe > Zn > Al > Cu > Mn > Pb > Co > Ni > Cr > Se > Sb > Cd > V > Mo > As > Be

Сопоставление уровней содержания элементов в раковинах трех видов не выявило достоверных отличий по большинству элементов. Только по содержанию марганца *E. strigella* достоверно превзошел *Ch. tridens* ( $t=2,6$ ;  $t_{st}=2,1$ ; 3,0; 4,1), а раковинах *B. fruticum* по сравнению с *Ch. tridens* достоверно выше концентрация кадмия ( $t= 2,5$ ;  $t_{st} = 2,1$ ; 2,9; 4,0).

Часто, при оценке степени загрязнения территории исследуется только химический состав почвы. Но этот показатель не всегда отражает степень воздействия различных элементов на экосистемы, т. к. живая материя, накапливает элементы избирательно, при этом химизм живой материи может значительно отличаться от химизма окружающего пространства. Кроме того, известно, что животные, поглощая подвижные формы элементов, по уровню их накопления в своем теле отражают фактическую загрязненность экосистемы, а не потенциальную [4]. Эта аксиома подтверждается результатами сопоставления содержания элементов в почве и в раковинах моллюсков в пяти пунктах. По пятнадцати элементам почвенные образцы превзошли образцы раковин, из них по десяти — достоверно. Только по цинку был получен обратный результат. Повышенное содержание цинка в раковинах отражает общую тенденцию увеличения фактора обогащения этого элемента для животных, который уступает только факторам обогащения таких биогенных элементов как сера, фосфор

**Таблица 1**  
**Концентрация различных элементов в раковинах моллюсков Белгородской области (мг/кг, валовое содержание; серым цветом выделены максимальные показатели, жирным шрифтом – показатели, превышающие участок «Айдарский»)**

Вид	Пункты	Be	V	Cd	Co	As	Ni	Pb	Se	Sb	Cr	Mn	Cu	Mo	Zn	Fe	Al	
Ch. tridens	1	0,3	0,4	0,3	1	0,2	0,7	1,5	0,5	0,3	0,3	3	4,1	0,3	25,4	30,5	11,2	
	4	0,2	0,4	0,3	0,6	0,2	0,7	0,9	0,5	0,5	0,3	3,2	3,5	0,2	20,8	37,8	12,3	
	5	0,2	0,5	0,2	1	0,3	0,5	1	0,3	0,2	0,3	2,8	3	0,2	19,3	32,2	21,2	
	7	0,3	0,5	0,3	1,1	0,2	0,8	1,6	0,6	0,3	0,3	3,3	4	0,3	22,5	27,5	12,5	
	8	0,3	0,5	0,3	1,1	0,2	0,7	1,5	0,6	0,4	0,3	3,1	4	0,3	22,6	30,1	12,2	
	9	0,3	0,4	0,3	1,8	0,3	1,5	1,5	0,9	0,5	0,2	2,5	3,1	0,2	22,5	41,5	19,8	
	11	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	1,2	1,6	0,6	0,7	0,3	2,2	3	0,5	24,4	38,8	21,5	
	12	0,3	0,4	0,3	1,1	0,3	1	1,6	0,5	0,3	0,3	3,1	4	0,3	24,2	28,7	13,3	
	3	0,4	0,5	0,6	1,9	0,4	0,9	1,5	1	0,8	0,3	4,2	4,5	0,4	31,2	46,3	10,4	
	5	0,2	0,5	0,1	1,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	4	3,5	0,2	22,5	36,8	8,6	
	6	0,3	0,5	0,3	1,5	0,2	0,3	1,6	0,5	0,1	0,2	4	4	0,2	26,3	28,3	28,9	
	7	0,3	0,4	0,3	1	0,3	0,8	1,6	0,5	0,3	0,4	3,5	4,5	0,3	24,5	28,2	12,4	
	10	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	1,6	0,6	0,5	2,5	2,2	4,2	0,5	23,8	26,7	28,5	
	11	0,4	0,4	0,5	2,2	0,5	1,1	2,2	0,5	0,8	0,3	3,6	3,1	0,2	19,5	48,3	18,5	
12	0,3	0,4	0,5	1,4	0,3	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	3,3	3,5	0,5	21,2	38,5	13,8		
13	0,3	0,4	0,6	1,8	0,3	1	1,5	1,1	1,1	0,7	2,2	4	0,5	28,5	44,1	12,2		
E. strigella	2	0,3	0,4	0,5	1,5	0,2	0,6	1,2	0,6	0,4	0,5	3,5	3,8	0,5	20,4	42,2	13,2	
	4	0,2	0,4	0,3	0,7	0,2	0,5	0,9	0,5	0,4	0,3	3,3	2,6	0,2	21,3	36,2	12,5	
	5	0,3	0,5	0,2	1,1	0,2	0,4	1	0,5	0,2	0,2	3,2	2,3	0,2	16,3	22,4	11,5	
	6	0,2	0,3	0,2	1	0,2	0,8	1,2	0,5	0,5	0,2	3,2	2,5	0,1	22,5	32,4	14,5	
	7	0,3	0,4	0,6	1,6	0,2	0,7	1,2	0,7	0,5	0,6	3,5	3,8	0,4	20,5	39,3	14,1	
	8	0,3	0,4	0,4	1,8	0,5	1,2	1,5	0,5	0,8	0,1	2,2	3,1	0,2	24,5	42,2	18,6	
	9	0,3	0,5	0,5	1,2	0,2	0,5	1,1	0,5	0,4	0,4	2,9	3,5	0,5	17,3	31,3	18,8	
	10	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	1,2	0,5	0,5	2,5	2,1	4,2	0,5	24,2	27,8	23,4	
	13	0,3	0,4	0,5	1,9	0,4	1,1	1,6	1	0,8	0,3	4,1	4,4	0,5	29,2	45,4	11,5	
	14	0,3	0,4	0,6	1,4	0,2	0,6	1,3	0,7	0,5	0,5	3,5	3,7	0,5	20,2	37,4	14,1	
	«Ровеньской природ. парк»	0,3	0,4	0,5	1,6	0,4	1,3	1,6	0,4	0,7	0,3	2,5	3	0,2	23,8	46,2	20,1	
	Процент превышений по элементам (%)	5,2	20,5	10,2	15,4	5,2	2,5	2,5	2,5	97,4	12,8	18,0	84,6	82,0	41,0	25,6	5,2	12,8
	B. fruticum	1	0,3	0,4	0,3	1	0,2	0,7	1,5	0,5	0,3	0,3	3	4,1	0,3	25,4	30,5	11,2
		4	0,2	0,4	0,3	0,6	0,2	0,7	0,9	0,5	0,5	0,3	3,2	3,5	0,2	20,8	37,8	12,3
5		0,2	0,5	0,2	1	0,3	0,5	1	0,3	0,2	0,3	2,8	3	0,2	19,3	32,2	21,2	
7		0,3	0,5	0,3	1,1	0,2	0,8	1,6	0,6	0,3	0,3	3,3	4	0,3	22,5	27,5	12,5	
8		0,3	0,5	0,3	1,1	0,2	0,7	1,5	0,6	0,4	0,3	3,1	4	0,3	22,6	30,1	12,2	
9		0,3	0,4	0,3	1,8	0,3	1,5	1,5	0,9	0,5	0,2	2,5	3,1	0,2	22,5	41,5	19,8	
11		0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	1,2	1,6	0,6	0,7	0,3	2,2	3	0,5	24,4	38,8	21,5	
12		0,3	0,4	0,3	1,1	0,3	1	1,6	0,5	0,3	0,3	3,1	4	0,3	24,2	28,7	13,3	
3		0,4	0,5	0,6	1,9	0,4	0,9	1,5	1	0,8	0,3	4,2	4,5	0,4	31,2	46,3	10,4	
5		0,2	0,5	0,1	1,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	4	3,5	0,2	22,5	36,8	8,6	
6		0,3	0,5	0,3	1,5	0,2	0,3	1,6	0,5	0,1	0,2	4	4	0,2	26,3	28,3	28,9	
7		0,3	0,4	0,3	1	0,3	0,8	1,6	0,5	0,3	0,4	3,5	4,5	0,3	24,5	28,2	12,4	
10		0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	1,6	0,6	0,5	2,5	2,2	4,2	0,5	23,8	26,7	28,5	
11		0,4	0,4	0,5	2,2	0,5	1,1	2,2	0,5	0,8	0,3	3,6	3,1	0,2	19,5	48,3	18,5	
12	0,3	0,4	0,5	1,4	0,3	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	3,3	3,5	0,5	21,2	38,5	13,8		
13	0,3	0,4	0,6	1,8	0,3	1	1,5	1,1	1,1	0,7	2,2	4	0,5	28,5	44,1	12,2		
2	0,3	0,4	0,5	1,5	0,2	0,6	1,2	0,6	0,6	0,4	0,5	3,5	3,8	0,5	20,4	42,2	13,2	
4	0,2	0,4	0,3	0,7	0,2	0,5	0,9	0,5	0,5	0,4	0,3	3,3	2,6	0,2	21,3	36,2	12,5	
5	0,3	0,5	0,2	1,1	0,2	0,4	1	0,5	0,5	0,2	0,2	3,2	2,3	0,2	16,3	22,4	11,5	
6	0,2	0,3	0,2	1	0,2	0,8	1,2	0,5	0,5	0,5	0,2	3,2	2,5	0,1	22,5	32,4	14,5	
7	0,3	0,4	0,6	1,6	0,2	0,7	1,2	0,7	0,7	0,5	0,6	3,5	3,8	0,4	20,5	39,3	14,1	
8	0,3	0,4	0,4	1,8	0,5	1,2	1,5	0,5	0,5	0,8	0,1	2,2	3,1	0,2	24,5	42,2	18,6	
9	0,3	0,5	0,5	1,2	0,2	0,5	1,1	0,5	0,5	0,4	0,4	2,9	3,5	0,5	17,3	31,3	18,8	
10	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	1,2	0,5	0,5	2,5	2,1	4,2	0,5	24,2	27,8	23,4		
13	0,3	0,4	0,5	1,9	0,4	1,1	1,6	1	0,8	0,3	4,1	4,4	0,5	29,2	45,4	11,5		
14	0,3	0,4	0,6	1,4	0,2	0,6	1,3	0,7	0,5	0,5	3,5	3,7	0,5	20,2	37,4	14,1		
«Ровеньской природ. парк»	0,3	0,4	0,5	1,6	0,4	1,3	1,6	0,4	0,7	0,3	2,5	3	0,2	23,8	46,2	20,1		
Процент превышений по элементам (%)	5,2	20,5	10,2	15,4	5,2	2,5	2,5	2,5	97,4	12,8	18,0	84,6	82,0	41,0	25,6	5,2	12,8	

## Содержание различных элементов в пробах почвы (мкг/кг).

Пункты	Be	V	Cd	Co	As	Ni	Pb	Se	Sb	Cr	Mn	Cu	Mo	Zn	Fe	Al
1	2	1,5	1,5	2	0,5	6,4	11,2	1,5	6,1	2,2	39	6,5	0,5	3,5	36,4	77,4
2	2	2	1,5	2,1	0,5	7,4	6	1,5	7	2,5	33,8	5,5	0,6	4	40,6	36
3	2	2	2,5	6,8	0	4,5	14,1	1,5	2,7	4,4	41,4	2,5	0,5	16,6	61,4	36,4
9	2,5	1	1	1,5	0,5	2	6,8	0,5	6,5	2	36,4	5	0,5	8,6	21,4	32,1
10	1,5	3,5	1,3	7,2	0	4,1	12	2	4	2,5	63,2	10,1	2	15,1	52,3	45,7

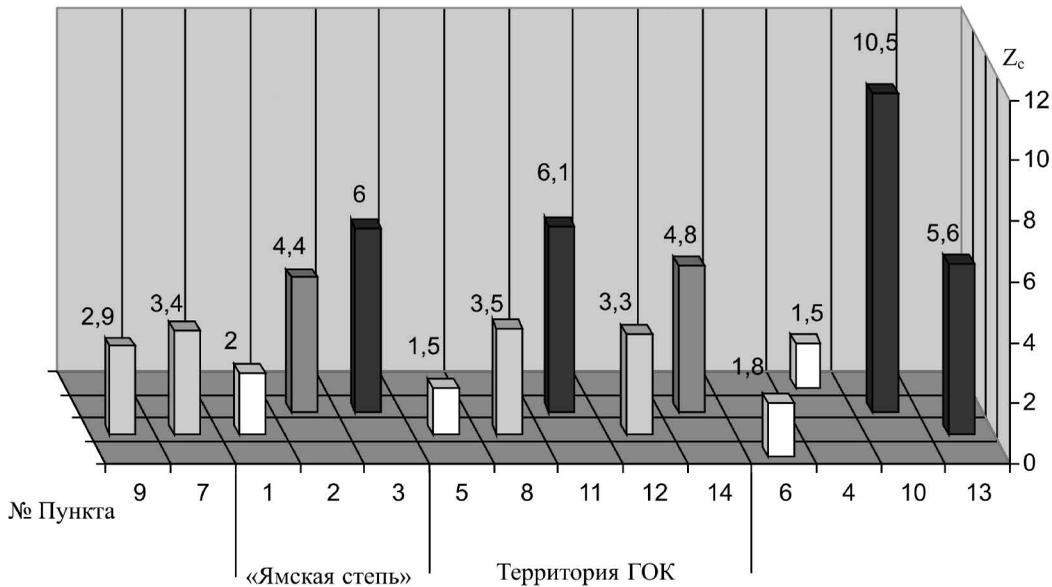


Рис. 1. Значения суммарного химического показателя загрязнения для различных пунктов

и углерод [5]. Кроме того, вероятно, нужно обратить внимание на взаимоотношения цинка и кальция в структуре раковины.

Дальнейшая процедура обработки данных сводилась к сопоставлению содержания элементов в различных пунктах с условно незагрязненным районом. Это Ровеньской природный парк (рис. 1, таблица 1). Здесь отсутствуют промышленные предприятия, поэтому концентрация элементов в этом пункте была принята нами как фоновая. Для сравнения в каждом пункте в районе ГОК были вычислены средние значения содержания элементов в раковинах изучаемых видов. Сопоставление велось с помощью суммарного химического показателя.

$$Z_c = \sum K_i - (n - 1), K_i = \frac{Y_1}{Y_2}, Y_1 > Y_2,$$

где  $Z_c$  – суммарный химический показатель загрязнения;

$Y_1$  – концентрация химического элемента в загрязненном районе;

$Y_2$  – фоновая концентрация элемента;

$n$  – количество элементов

В формулу вносились данные только по тем элементам, содержание которых в загрязненном районе превосходит фоновую концентрацию.

Полученные значения суммарного химического показателя для различных пунктов представлены на рисунке 1.

В районе исследования выделяются четыре точки наиболее высокого содержания элементов.

Во-первых, это остаток естественной балки вблизи карьера Лебединского ГОК (пункт 11) Здесь в раковинах отмечены максимальные для района исследования концентрации бериллия, кобальта, мышьяка, свинца и железа, а также повышенное содержание никеля, сурьмы и алюминия.

Во-вторых, в число наиболее загрязненных пунктов попал участок заповедника «Ямская степь». Это балка «Сура» (пункт 3), которая находится в непосредственной зоне пыления хвостохранилищ Лебединского ГОК. Здесь отмечено максимальное для района исследования накопление таких элементов, как бериллий, кадмий, марганец, медь и цинк, и повышенное содержание селена, кобальта, сурьмы, мышьяка и железа.

В-третьих, самое высокое значение суммарного химического показателя отмечено в овраге, который находится в дубраве возле села Липяги (пункт 10). В этом биотопе по сравнению с контрольным районом в раковинах *V. fruticosum* и *E. strigella* зафиксировано почти восьмикратное превышение содержания хрома (2,5 мкг/кг против 0,3 мкг/кг). Кроме того, здесь отмечены повышенные показатели по меди, алюминию и свинцу.

Следует отметить что, указанные выше три пункта (3, 10, 11) представляют собой понижения рельефа (балки и овраги). Вероятно в этих биотопах как естественных собирателях стока происходит накопление элементов. На возвышениях рельефа наблюдается обратная картина. Весьма показательным, в этой связи является пункт 5, представляющий собой относительно покатую поверхность, отделенную от хвостохранилища Стойленского ГОК остатком пойменного леса. Несмотря на близкое присутствие источника загрязнения, здесь зафиксировано только небольшое превышение по марганцу у *V. fruticosum*, и по алюминию

у *Ch. tridens*. В пункте 1, который представляет собой крутой меловой склон в охранной зоне заповедника «Ямская степь» испытывающей непосредственно воздействие ГОК, в раковинах *Ch. tridens* зафиксировано только повышенное содержание меди. В последнем случае препятствием для аккумуляции элементов служит провидимому также юго-восточная экспозиция этого склона, т. е. он как бы «отвернут» от территории ГОК.

Четвертым, наиболее загрязненным пунктом является фруктовый сад возле села Набокино (пункт 13). В этой точке получены максимальные значения по кадмию и селену. А также отмечены высокие показатели по восьми элементам (Mn, Co, Ni, Sb, Cu, Zn, Fe, Pb). Но в данном случае, повышенное содержание здесь некоторых элементов, помимо влияния ГОК, вероятно, связано с применением неочищенных пестицидов и минеральных удобрений в этих сельхозгодиях.

На вторых позициях по значениям суммарного химического показателя располагаются пункты 2 и 14. Здесь отмечено повышенное содержание в раковинах марганца, свинца и железа.

Пункты 7,8, 9 и 12 занимают третью позицию. Но если восьмой и двенадцатый пункт располагаются в зоне ГОК, то седьмой и девятый пункты находятся на значительном удалении от загрязненного района. Однако в пункте 9 зафиксированы максимальные показатели по никелю и сурьме и повышенное содержание кобальта и железа. А в пункте 7 получены наиболее высокие значения по кадмию и меди. Вероятно, здесь располагается зона оседания выбросов из труб цехов горячего брикетирования железа, располагающихся в промышленной зоне ГОК.

В целом в исследуемом промышленном районе по сравнению с Ровеньским природным парком более, чем в восьми-десяти процентах проб отмечено превышение по селену марганцу и меди.

## Библиографический список

1. Емец В. М., Жулидов А. В. Содержание микроэлементов у колорадского жука на разных стадиях онтогенеза при различном содержании металлов в кормовом растении. — Докл. АН СССР, 1982. Т. 262, № 3. — С. 743–745.
2. Vander Putten E., Deharis F., Keppens E., Baeyens W. High resolution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus adulus*: Environmental and biological control // *Geochimica et cosmochimica acta*. — 2000. Vol. 64, № 6. — P. 997–1011.
3. Ковальский В. В. Геохимическая экология. — М: Наука, 1974, 299 с.
4. Покаржевский А. Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985 — 300 с.
5. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / под ред. Х. Зигель, А. Зигель. — М.: Мир, 1993, 368 с.

УДК 502.7:632.51

# СРАВНЕНИЕ УРБАНОФЛОР РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН МЕТОДОМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

**В. К. Тохтарь**

*Tokhtar@bsu.edu.ru*

**О. В. Фомина, А. Н. Петин,**

*декан геолого-географического факультета БелГУ, Petin@bsu.edu.ru*

**М. В. Шевера,**

*shevera@mail.ru*

**Л. М. Губарь**

*Белгородский государственный университет,  
Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины*

Статья посвящена изучению сходства и различия между флорами, формирующимися в различных природно-климатических условиях, методом факторного анализа. Приводится краткий анализ и история изучения флор городов, отмечаются особенности структуры флоры в условиях городской среды.

The article is dedicated to study of similarity and differences among floras forming under the different natural-climatic conditions by method of the factor analysis. The short analysis and history of the flora city study are given, particularities of the urbanoflora structure are noted.

Ключевые слова: урбанофлора, природные зоны, факторный анализ

**Введение.** В мире сейчас практически не осталось природных флор, не подвергшихся в той или иной мере антропогенному воздействию. Антропогенная трансформация растительного покрова затрагивает все территории, где в той или иной мере проявляется деятельность человека. В результате глобального антропогенного воздействия формируется сеть техногенных экотопов, не имеющих природных аналогов, что приводит к формированию нового типа антропогенной трансформации флоры — урбанофлоры. По мнению Р. И. Бурды [1] он имеет общие черты даже в случае их сложения в совершенно разных природно-климатических зонах. Масштабы, интенсивность и многоплановость воздействия человеческого фактора на окружающую среду урбанизированных территорий столь велики,