

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. КОБРИНА)

П. В. Книга¹⁾, А. А. Карпиченко²⁾

¹⁾ Государственное научное учреждение «Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси», *knigarv@mail.ru*

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, *karpi@bsu.by*

Изложены результаты исследования почв г. Кобрин, а также их статистической обработки. Изучены и проанализированы корреляционные связи между тяжелыми металлами, проведен факторный анализ, выделены геохимические ассоциации в почвах города. Выявлены факторы, которые объясняют общую дисперсию, приведены выводы, трактующие природу ассоциаций элементов.

Ключевые слова: тяжелые металлы; геохимия ландшафта; факторный анализ; метод главных компонент; геохимическая ассоциация.

Введение. На территории городов формируются специфические городские ландшафты, сочетающие в себе природные и антропогенные компоненты, в которых выбросы, стоки и отходы промышленных предприятий, коммунально-бытовых объектов и транспорта создают искусственные геохимические потоки и обширные аномалии загрязняющих веществ [1, 2, 3]. В данной статье рассматриваются почвы г. Кобрин, как депонирующая среда, в которой обычно накапливаются и преобразуются продукты техногенеза, оказывающего заметное влияние на ландшафты Полесья [5]. Эффективное исследование трансформации почвенного покрова под воздействием природных и техногенных факторов не представляется возможным без использования методов математической статистики.

В соответствии с учением о биосфере В.И. Вернадского природные геохимические системы многокомпонентны, поэтому основной особенностью геохимического образа депонирующих сред, как объекта исследования является его многомерность. С другой стороны, природные и техногенные процессы многофакторны, и результат процессов (городские почвы) представляет собой результат наложения и сложения большого числа одновременно действующих сил и механизмов [3, 4], что обосновывает применение совокупности статистических методов, сформированных на основе реально существующих связей объектов (признаков) позволяют выявить латентные (неявные) обобщающие характеристики структуры изучаемых объектов (факторы).

Материалы и методы исследований. Пробоподготовка и химико-аналитические работы были выполнены в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов БГУ.

Изучение накопления тяжелых металлов в почвах г. Кобриня проводилось путем отбора смешанных проб из поверхностных горизонтов почв. Пробные площадки располагались в различных функциональных зонах города. Образцы почв высушивались в муфельной печи при 105 °С до абсолютно сухого состояния, просеивались через сито диаметром 1 мм, взвешивались, после чего проводилось сухое озоление пробы в муфельной печи при температуре 440–450 °С. После озоления проба охлаждалась в эксикаторе, взвешивалась для определения потерь при прокаливании, и растиралась до пудрообразного состояния. Потери от прокаливании (в основном за счет органического вещества) составили в среднем 2,9 % (варьирование в пределах от 0,1 до 6,8 %). Анализ валового содержания Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в почвах производился эмиссионно-спектральным методом на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока.

Результаты и их обсуждение. Многомерный статистический анализ выполнен методом главных компонент в программе Statistica. Как значимые рассматривались факторы с собственным значением выше 1 (критерий Кайзера), в итоге было выделено три фактора, которые объясняют около 82 % общей дисперсии (табл. 1).

Таблица 1

Собственные значения факторов

Значения факторов				
Фактор (F)	Собственные значения	% общей дисперсии	Суммарные собственные значения	Суммарный % общей дисперсии
1	2,78	39,75	2,78	39,75
2	1,80	25,73	4,58	65,49
3	1,12	16,59	5,71	81,51

Интерпретация результатов факторного анализа осуществлялась по значениям нагрузок, которые являются коэффициентами корреляции между выделенными компонентами и переменными. Переменные, более тесно коррелирующие с данным фактором, чем с другими, формируют его ядро. Сами компоненты и соответствующие им ассоциации ранжируются согласно степени влияния, оцениваемой по их вкладу в общую дисперсию. Значения факторных нагрузок по элементам показаны в табл. 2.

Стоит отметить, что подобное распределение элементов между факторами является не слишком удобным для содержательной интерпретации, элементы имеют существенные связи сразу с несколькими факторами, что затрудняет определение причинности подобного распределения. Чтобы преодолеть эту неоднозначность при факторном анализе допускается «вращение» матрицы факторных нагрузок, что способствует более отчетливому выявлению групп признаков, которые определяют тот или иной фактор. Наиболее часто употребляется ортогональное вращение по варимаксу (Varimax), при котором происходит минимизация количества переменных с высокой факторной нагрузкой.

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок

Элемент	F1	F2	F3
Cu	-0,85	0,40	-0,11
Pb	-0,84	0,35	0,05
Mn	-0,48	0,05	-0,34
Ni	-0,68	0,36	0,52
Sn	-0,55	-0,70	-0,34
Ti	-0,11	0,80	0,77
Cr	-0,58	0,26	-0,06

В результате применения этого метода в Statistica получили результаты более однородные собственные значения факторов, что в табл. 3.

Таблица 3

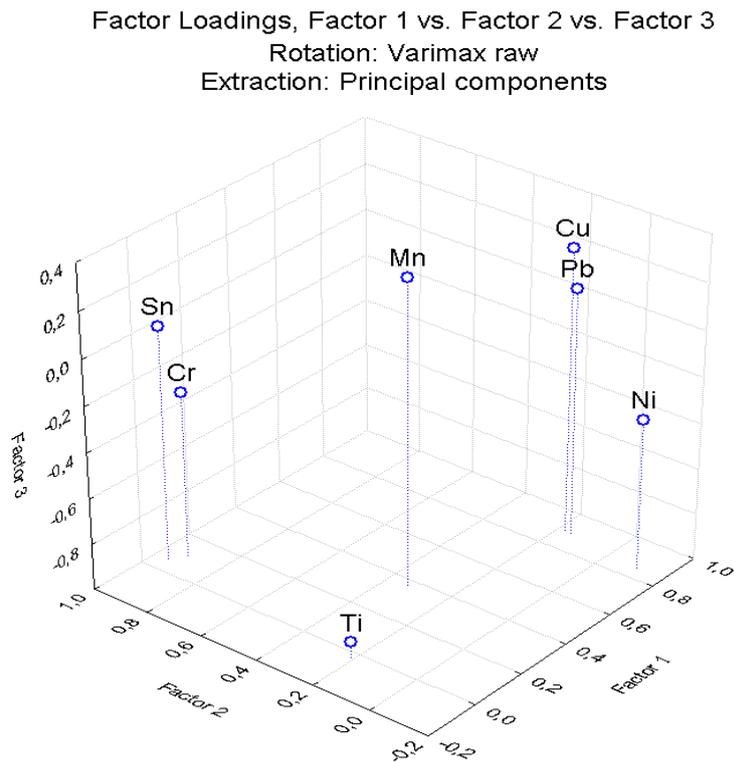
Матрица факторных нагрузок (Варимакс)

Элементы	F1	F2	F3
Cu	0,90	0,19	0,24
Pb	0,89	0,16	0,08
Mn	0,37	0,33	0,32
Ni	0,86	-0,11	-0,35
Sn	0,06	0,95	0,02
Ti	-0,02	0,21	-0,93
Cr	0,11	0,92	-0,28

Многомерный статистический анализ выполнен на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением корреляционной матрицы с целью упрощения содержательной интерпретации результатов анализа (рисунок).

В результате первый фактор в заметной мере объясняет характер накопления никеля, меди и свинца, второй – олова и хрома, третий – титана. Марганец не входит ни в одну ассоциацию и имеет близкую к слабой связь со всеми факторами, что указывает на возможную полигенетичность характера его накопления, при котором оно определяется целой совокупностью причин, при которой сложно выделить ведущий фактор.

Исходя из характера распределения можно предположить, что распределение титана в большей мере связано с естественными факторами, в первую очередь – неоднородность почвенного покрова, связанная с различиями в гранулометрическом составе и генезисе почвообразующих пород, в то время как в накоплении остальных элементов есть ряд признаков техногенного накопления, что проявилось в точечном характере максимальных значений факторных координат. При этом факторы техногенеза различаются для ассоциаций элементов Cu–Pb–Ni и Sn–Cr.



Факторный анализ ассоциаций элементов почв г. Кобрина

Заключение. Факторный анализ выполнен на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением. Первый фактор определяет характер накопления в верхнем горизонте почв г. Кобрин Cu–Pb–Ni, второй – Sn–Cr, третий – Ti. Накопление марганца носит явный многофакторный характер без ярко выраженной доминанты.

Таким образом, в данной статье изложены результаты исследования городских почв, а также их статистической обработки. Установлено три фактора с собственным значением выше 1, объясняющие около 82 % общей дисперсии, выделены геохимические ассоциации. Приведены выводы, трактующие возможную природу ассоциаций элементов.

Библиографические ссылки

1. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. М. : Недра, 1990. 335 с.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. : Высшая школа, 1988. 328 с.
3. Городская среда: геоэкологические аспекты / В. С. Хомич [и др.]. Минск : Беларуская навука, 2013. 281 с.
4. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск : Минсктиппроект, 2004. 260 с.
5. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. Техногенные нагрузки на ландшафты Белорусского Полесья // Вестн. Белорус. ун-та. 2013. Сер. 2. № 2. С. 62–65.