

## Эколого-геохимическое изучение урболандшафтов г. Киев с учетом их типизации

Жук Е. А., Жук А. М.

Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев

В статье изложены результаты исследования урболандшафтов г. Киев с учетом их типизации.

**Введение.** Решение экологических проблем городов в рамках концепции устойчивого развития территорий невозможно без оценки эколого-геохимического состояния почвенного покрова. Одна из важнейших характеристик его состояния на урбанизированных территориях – уровень техногенного химического загрязнения.

В техногенном загрязнении г. Киева ведущее место принадлежит тяжелым металлам (ТМ), продуцентами которых выступают многочисленные предприятия и автотранспорт. В большинстве случаев один и тот же участок грунта подвергается воздействию нескольких источников загрязнения, что ведет к образованию гетерогенных ореолов загрязнения, обладающих сложной зональностью строения и высокой контрастностью концентрации ТМ. Предыдущими исследованиями [3, 4, 7, 10] были выделены приоритетные металлы загрязнители: Zn, Pb, Cu.

Для изучения эколого-геохимической обстановки в городе с учетом многообразия источников загрязнения нами изучен более широкий спектр химических элементов. Получение количественных результатов по возможности большего набора элементов позволяет установить аномалии малоизученных элементов.

**Цель исследований** – выделение приоритетных элементов-загрязнителей на территории г. Киева с различной степенью техногенной нагрузки, уточнение эколого-геохимической ситуации в городе для малоизученных элементов.

**Объекты и методы.** Почвенный покров территории города изначально был представлен преимущественно комплексом дерново-подзолистых почв с легким гранулометрическим составом. Наиболее распространены дерново-слабоподзолистые песчаные и глинисто-песчаные почвы на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях. В целом, почвенный покров города представляет собой заметно преобразованные механически и химически дерново-подзолистые грунты, а также искусственно созданные, не име-

ющие в большинстве случаев разделения на генетические горизонты, с высоким содержанием антропогенного материала. К приоритетным факторам трансформации почв города относятся: механическое нарушение при строительстве, подсыпка грунта (иногда с использованием промышленного мусора) и создание нового почвенного слоя, атмосферные выпадения.

Изучение образцов грунта проводилось по трем выборкам с учетом типизации урбанизированных ландшафтов.

К первой выборке отнесены пробы, отобранные на правом и левом берегу р. Днепр (г. Киев), на территориях, прилегающих к промышленной зоне с различной специализацией (выборка 1). Ко второй выборке принадлежат образцы грунта, отобранные на территориях, подверженных влиянию автодорог с асфальтовым покрытием (выборка 2). В третью выборку объединены пробы грунта из рекреационной зоны города – парки Партизанской Славы и Полосеевский (выборка 3). Всего отобрано 189 почвенных образцов. Отбор проб производили с глубины 0–5 см. Также на левом берегу в районе ТЭЦ–6 был заложен почвенный разрез, из которого послойно отбирали пробы для изучения вертикального распределения элементов-загрязнителей.

В образцах грунта общепринятыми методами [1] определяли физико-химические свойства. Определенные средние показатели физико-химических свойств грунтов разных выборок схожи, их параметры изменяются в незначительном интервале (рН – от 6,95 до 7,2, Eh – от 265 до 340 мВ). Валовое количество металлов определялось эмиссионным спектральным анализом. Количество подвижных (кислоторастворимых) форм приоритетных металлов загрязнителей определялось методом атомной абсорбции на спектрофотометре С–115 и "Сатурн".

Для учета суммарного влияния на почву ТМ был использован интегральный коэффициент накопления по тринадцати элементам (Zc) [9]. В качестве фона были использованы данные из работы [4].

**Таблица 1.**  
**Распределение химических элементов по выборке 1**

Элемент	Содержание, мг/кг		Коэффициент концентрации	
	min-max	фон	средний	максимальный
Mn	80-10000	450	2,6	22,2
Ni	8-200	7	5,6	28,6
Ti	400-2000	3200	0,6	1,5
Cr	3-300	20	3,6	7,5
Nb	5-10	16	0,6	1,9
Cu	6-100	16	3,8	6,3
Pb	1-500	10	9,8	50
Bi	2-4	1,2	1,9	3,3
Zn	60-300	30	5,3	10
Sn	4-10	1,9	1,1	2,1
Be	0,5-1	1,5	0,8	1,3
Y	15-60	12	2,7	5

**Таблица 2.**  
**Распределение химических элементов по выборке 2**

Элемент	Содержание, мг/кг		Коэффициент концентрации	
	min-max	фон	средний	максимальный
Mn	100-350	450	0,4	2,2
Ni	4-20	7	1,2	2,9
Ti	1000-4000	3200	0,6	1,3
Cr	6-60	20	1,2	3,0
Nb	5-20	16	0,6	1,3
Cu	10-150	16	2,9	9,4
Pb	10-200	10	4,9	20,0
Bi	1-5	1,2	2,2	4,2
Zn	9-1000	30	5,4	33,3
Sn	1-5	1,9	0,7	2,6
Be	1-2	1,5	0,7	1,3
Y	20-50	12	3,2	4,2

**Таблица 3.**  
**Распределение химических элементов по выборке 3**

Элемент	Содержание, мг/кг		Коэффициент концентрации	
	min-max	фон	средний	максимальный
Mn	10-600	450	0,7	2,2
Ni	1-15	7	1,3	2,1
Ti	1000-6000	3200	0,9	1,9
Cr	10-100	20	1,9	5,0
Nb	5-10	16	0,6	0,6
Cu	10-40	16	1,4	2,5
Pb	1-60	10	2,8	6,0
Bi	2-6	1,2	3,4	5,0
Zn	35-100	30	2,6	3,3
Sn	0-10	1,9	1,1	5,3
Be	0,5-1	1,5	0,6	0,7
Y	15-60	12	3,6	5,0

Об избыточном накоплении химического элемента судили по величине коэффициента концентрации ( $K_c > 1$ ), рассчитанного относительно фона. Полученные данные представлены в табл. 1-3. Построены корреляционные матрицы по трем выборкам (табл. 4-6), коэффициент парной корреляции рассчитывался по формуле 3.19 из работы [5].

**Результаты и обсуждение.** Наши исследования позволили уточнить сложившиеся на основании результатов ранее проведенных работ представления об ассоциации химических элементов-загрязнителей. Для каждой выборки получен типоморфный ряд, пост-

роенный по значениям коэффициента концентрации в порядке убывания: выборка 1 - Pb - Ni - Zn - Cu - Cr - Y - Mn; выборка 2 - Zn - Pb - Y - Cu - Bi - Ni; выборка 3 - Bi - Pb - Zn - Cr - Ni.

Следует отметить, что для выборки 1 практически все элементы, наиболее сильно загрязняющие почву, содержатся в количестве, превышающем гигиенический норматив [6], а коэффициент концентрации всех изучаемых элементов за исключением Be, Nb, Ti, превышает единицу ( $K_c$  (средний) > 1).

Для выборки 2 превышение гигиенического норматива наблюдается для трех элементов (Zn, Pb, Cu),  $K_c$  (ср) > 1 характерен для никеля, хрома, меди, свинца, висмута, цинка, олова и иттрия.

Для выборки 3 значения концентрации химических элементов, превышающие ПДК, не зафиксированы,  $K_c$  (ср) > 1 наблюдается для цинка, никеля, хрома, меди, свинца, олова, иттрия, что может быть объяснено близостью мест пробоотбора к автодорогам.

Суммарный коэффициент накопления  $Z_c$  изменяется от 9 (выборка 3) до 12 (выборка 2) и 26 (выборка 1). Парный корреляционный анализ показал, что для выборки 3 характерно наличие сильной корреляционной связи между иттрием и титаном. В выборке 2 можно отметить появление сильной связи между хромом, медью, свинцом, бериллием и никелем, медью и свинцом, свинцом и оловом, а также очень сильной связи между оловом, бериллием, свинцом. Для выборки 1 отмечено возрастание количества сильных и очень сильных связей. Особо отметим наличие очень сильной корреляционной связи между свинцом и иттрием ( $r = 0,87$ ), в то время, как для выборок 2 и 1 коэффициент корреляции изменяется от < 0,1 до 0,21 соответственно.

Изучая почвенный разрез в районе ТЭЦ-6, отметим уменьшение значения концентрации изучаемых ТМ в первых пяти сантиметрах, что соответствует мощности почвенного покрова, лежащего на аллювиальных песках.

Вместе с изучением валового содержания проводилось изучение подвижных (экстрагируемых децинормальной соляной кислотой) форм для четырех элементов (никеля, меди, цинка, кобальта). Установлено, что их распределение, как латеральное, так и по разрезу, отличается от распределения валового содержания. Наибольшая глубина проникновения ПФ меди достигает 15 см, никеля и цинка - 10, кобальта - 5 см.

Для интерпретации результатов изучения распределения ПФ ТМ необходима наработка большего количества материала по вертикальному распределению.

Таблица 4.

Коэффициенты парной корреляции химических элементов для выборки 1

Mn	1												
N	<b>0,89</b>	1											
Ti	<b>0,92</b>	<0,1	1										
Cr	<b>0,89</b>	<b>0,81</b>	<b>0,94</b>	1									
Nb	<b>0,96</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>	<b>0,93</b>	1								
Cu	-0,27	-0,06	0,51	-0,15	-0,22	1							
Pb	<0,10	0,05	<b>0,91</b>	0,30	<0,10	0,54	1						
Bi	-0,35	-0,26	-0,10	-0,24	-0,33	-0,19	-0,18	1					
Zn	-0,21	0,15	0,53	-0,06	-0,21	<b>0,67</b>	<b>0,66</b>	0,07	1				
Sn	<0,10	0,09	<b>0,86</b>	0,32	0,18	0,46	<b>0,67</b>	-0,41	0,40	1			
Be	-0,23	-0,11	<b>0,91</b>	0,12	<0,10	0,72	<b>0,87</b>	-0,17	0,67	<b>0,80</b>	1		
Y	-0,27	-0,14	<b>0,89</b>	<0,10	-0,16	0,64	<b>0,81</b>	0,11	0,78	0,50	0,70	1	
Элемент	Mn	N	Ti	Cr	Nb	Cu	Pb	Bi	Zn	Sn	Be	Y	

Примечание. Здесь и в табл. 5, 6 курсивом выделена сильная корреляционная связь ( $r = 0,55-0,75$ ), жирным шрифтом – очень сильная ( $r = 0,76-1,0$ ).

Таблица 5.

Коэффициенты парной корреляции химических элементов для выборки 2

Mn	1												
N	0,32	1											
Ti	0,36	0,38	1										
Cr	<0,10	0,60	0,51	1									
Nb	0,23	0,49	0,69	0,40	1								
Cu	<0,10	0,69	<0,10	0,39	0,15	1							
Pb	0,10	0,65	0,12	0,33	0,51	0,61	1						
Bi	-0,41	-0,31	-0,38	-0,40	-0,47	-0,13	-0,21	1					
Zn	<0,10	-0,10	-0,21	-0,19	<0,10	<0,10	0,11	<0,1	1				
Sn	0,42	0,49	0,45	0,42	<b>0,80</b>	0,25	0,64	-0,41	0,32	1			
Be	0,18	0,63	0,47	0,53	<b>0,80</b>	0,39	<b>0,79</b>	-0,40	<0,10	<b>0,77</b>	1		
Y	0,11	0,21	0,65	0,31	0,56	-0,19	<0,10	<0,10	-0,28	0,21	0,31	1	
Элемент	Mn	N	Ti	Cr	Nb	Cu	Pb	Bi	Zn	Sn	Be	Y	

Таблица 6.

Коэффициенты парной корреляции химических элементов для выборки 3

Mn	1												
N	0,66	1											
Ti	0,47	0,40	1										
Cr	0,58	0,57	0,64	1									
Nb	0,49	0,46	0,59	0,45	1								
Cu	-0,10	0,37	-0,15	<0,10	-0,10	1							
Pb	-0,09	0,21	<0,10	<0,10	<0,10	0,25	1						
Bi	0,09	0,13	<0,10	0,23	-0,18	<0,10	0,19	1					
Zn	-0,15	0,31	-0,24	<0,10	-0,15	0,39	0,50	-0,22	1				
Sn	<0,10	0,20	0,15	<0,10	<0,10	0,22	0,23	0,40	<0,10	1			
Be	0,25	0,58	0,33	0,32	<0,10	0,23	0,50	0,50	0,32	0,24	1		
Y	0,48	0,65	<b>0,76</b>	0,69	0,49	<0,10	0,21	0,31	0,05	0,09	0,68	1	
Элемент	Mn	N	Ti	Cr	Nb	Cu	Pb	Bi	Zn	Sn	Be	Y	

При изучении литогеохимических аномалий Кива обращает на себя внимание наличие иттрия (третий класс опасности, экологически и биологически малоизучен, на производстве токсичен, некоторые изотопы обладают выраженным канцерогенным действием [2]), возможно, как следствие эмиссий с ТЭЦ. Его коэффициент накопления повсеместно превышает единицу, что может быть связано с неточностью при выборе фо-

новых значений. Коэффициент корреляции иттрия с приоритетными металлами-поллютантами – свинцом, цинком, медью, достаточно высокий. Этот факт, на наш взгляд, требует дополнительного изучения.

**Выводы.** По значению валового содержания химических элементов возможно разграничение геохимических полей влияния различных источников загрязнения. Набор химических элементов в почвах

геохимических аномалий разных техногенных источников в большинстве случаев идентичен. Однако, разделение полей их влияния возможно на основании типоморфных рядов с учетом коэффициентов концентрации и корреляционных связей между элементами.

Наиболее плотные корреляционные связи свойственны элементам аномальных полей более интенсивных и мощных источников загрязнения. Эти ре-

зультаты подтверждают правильность выбранного подхода к изучению урболандшафтов с учетом их типизации.

Наличие среди основных поллютантов слабоизученного иттрия не позволяет полностью оценить эколого-геохимическую обстановку в городе. Поэтому изучение источников поступления иттрия в элементы экосистемы может стать одной из актуальных задач экологии урболандшафтов.

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. – 487 с.
2. Вредные химические вещества: Неорганические соединения / А.Л. Бандман, Б.А. Ивин и др. – Л.: Химия, 1988–1989.
3. Экологічний атлас Києва. – К.: ТОВ "Агентство інтермедія", 2003. – 60 с.
4. Жовинский Э. Я., Маничев В. Й., Кураева И. В. и др. Эколого-геохимическое исследование природных сред в условиях городской агломерации: Препр., Киев, 1991. – 57 с.
5. Жуков М. Н. Статистический анализ геологических данных. – К., 1995. – С. 145
6. Ильин В. Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами // *Агрехимия*. – 1995. – № 1. – С. 94–99.
7. Котвицкая И. М. Тяжелые металлы в почвах Киевского мегаполиса // *Поисковая и экологическая геохимия*. – 2003. – № 2/3. – С. 79–81.
8. Летников Ф. А. Флюидный режим литосферы и проблема рудоносности магматических пород. // *Проблема рудоносности магматических пород*. — Иркутск: Изд-во СО АН СССР, 1987. – С. 15–19.
9. Сагт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. Т. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 126 с.
10. Самчук А. И., Егоров О. С., Стадник В. А. и др. Оценка экологического состояния урболандшафтов на примере парковой зоны Киева // *Минерал. журн.* – 2002. – 24, № 1. – С. 34–42.

**Викладені результати дослідження урболандшафтів м. Київ із врахуванням їхньої типізації.**

**The results of research of different types of city's soils are presented in this article.**