

## ТЕХНОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УРБОСИСТЕМ И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ

Н. К. ЧЕРТКО, д-р географических наук, профессор,  
Д. О. ЛЕБЕДЕВ, студент,  
А. С. МАКСИМЧУК, студент,  
Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

Регулирование оптимального содержания техногенных элементов в почвах урбосистем необходимо для нормального развития древесной, кустарниковой и древесной растительности, которые способствуют очищению воздуха городской среды и улучшению условий жизни человека. При загрязнении воздуха, вод и почв городских систем растения стремятся адаптироваться к условиям жизни.

К настоящему времени получен обширный экспериментальный материал, подтверждающий влияние загрязняющих техногенных веществ на функционирование в растениях фотосинтеза, дыхания, транспирацию, окислительные процессы в мембранах клеток, водный обмен, поглощение и транспорт неорганических веществ растениями. Длительное развитие повреждений приводит к исчезновению чувствительности и видов, появлению более экологически пластичных видов, изменению продукционных процессов в растительности [1, 2, 3].

Исследование механизмов повреждения и адаптации растений на разных уровнях их организации – молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, фитоценоотическом в условиях техногенного воздействия важны для проведения комплексной диагностики состояния урбосистем и прогноза изменения их состояния.

Величина токсичной нагрузки на урбосистемы нами косвенно определялась по величине суммарного загрязнения почв (сумме определяемых химических элементов, выраженных коэффициентами). Для расчета коэффициента содержание элемента в почве в точках отбора делили на его фон. Для каждой точки суммировались полученные коэффициенты по исследуемым элементам, по которым составлялась карта суммы  $K_c$ . Состояние растительности определяли традиционными методами фитоиндикации. Содержание техногенных элементов в растениях приведено в табл. 1.

Распределение техногенных элементов в урбосистеме имеет нелинейный характер, так как на отложения элементов из атмосферы влияет орография, направление и скорость ветра, удаленность от источника загрязнения.

Распределение техногенных элементов в листьях растений превышает их содержание в почве, по данным [4], так как растения много элементов адсорбируют поверхностью листовой пластинки. Исследования показали, что чувствительность или устойчивость разных видов растений к техногенезу определяется степенью экологической пластичности фотосинтетического аппарата, его способностью к адаптациям.

Таблица 1. Содержание техногенных металлов в золе растений г. Молодечно [5]

	Зольность, %	Химические элементы, мг/кг золы						
		Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	5,2	6,6	н.о.	82	1,7	н.о.	63	4,7
Максимум	26,3	61,3	14,65	6197	20,8	1,76	1776	62,9
Среднее арифметическое	11,9	22,8	3,60	598	4,39	0,75	317	11,2
Среднее геометрическое	11,1	19,6	2,63	303	3,70	0,71	232	9,5
Медиана	11,6	17,9	2,45	267	3,28	0,66	203	8,7
Коэффициент вариации (V)	36,8	54,3	87,5	182,1	75,0	39,8	101,6	85,3

Из табл. 1 видно, что зольность растений колеблется в широком диапазоне, достигая максимума 26,3 % не характерного для растений произрастающих в естественном состоянии. Для таежной зоны, включая Беларусь, средняя зольность растительности составляет 2,5 % [6]. Коэффициент вариации по исследованным химическим элементам также высокий, достигая максимальной величины у Mn (182,1 %). Это подтверждает существенное влияние техногенных факторов в аккумуляции элементов. По этой причине зольность может использоваться как индикатор загрязнения почв техногенными элементами. Необходима разработка градации зольности по степени загрязнения почв.

Среди элементов нами предлагается свинец как индикатор загрязнения почв. Несмотря на снижение содержания свинца в бензине, загрязнение урбосистем этим элементов ежегодно возрастает, так

как ежедневно увеличивается число машин, которые выходят на автодороги с различным покрытием. Коэффициент вариации Pb в почвах также высокий (табл. 2), но ниже чем в растениях. Среднее содержание свинца в почвах г. Молодечно выше фона, но ниже ПДК. Самый высокий коэффициент вариации в почвах у никеля. Но это нетипичный случай для городских почв и зависит от промышленной специализации города, имеет точечную локализацию. В целом коэффициент вариации у всех элементов средний и близкий по величине.

Разница между минимальным и максимальным содержанием элементов в почвах существенная, что характерно для почв урбосистем, которые местами созданы искусственно при внесении гумусированных грунтов для цветников и газонов.

Таблица 2. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах г. Молодечно [5]

	Химические элементы, мг/кг воздушно-сухой почвы						
	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	6,6	3,1	149	2,3	0,6	479	9,9
Максимум	46,4	72,9	843	63,3	11,1	3580	108,2
Среднее	17,5	18,7	460	11,0	3,6	1986	36,5
Медиана	14,3	15,6	445	8,4	3,2	2028	33,9
Коэффициент вариации (V)	51,3	59,7	36,4	87,6	51,3	41,4	43,0
Фон	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК	33	32	1000	20	–	–	100

Оптимизацию урбосистем геохимическим способом можно проводить внесением в почву химических мелиорантов, которые способны действовать по одному из направлений: переводить соединения техногенных элементов в нерастворимую форму и недоступную растениям, или переводить их в растворимую форму с последующей промывкой почв, что менее эффективно.

Для геохимической оптимизации содержания техногенных элементов подходят известные в сельском хозяйстве экономически эффективные мелиоранты: известняк, доломитовая мука, органические и минеральные удобрения, глауконит, глина, искусственные сорбенты.

Рассмотрим возможные варианты оптимизации почв по исследованным химическим элементам [7].

При избытке в почве исследуемых химических элементов ниже приводим рекомендации способов их перевода в неподвижную форму путем осаждения доступными и эффективными химическими мелиорантами.

Нейтрализация меди проводится путем внесения извести или доломита в дозе 2-5 т/га, так как медь осаждается на щелочном барьере. Хром частично мигрирует в сильноокислой среде, поэтому перевод его в труднодоступную для растений форму осуществляется нейтрализацией среды путем внесения тех же известковых материалов. Свинец хорошо осаждает щелочной барьер, поэтому известковые материалы также могут выполнять функцию осадительного барьера. Марганец активно осаждается на кислородном барьере, который создается путем снижения увлажнения почвы и насыщением кислородом. Замедляется поступление марганца в растения при избытке кальция и фосфора в почве. Никель осаждается на щелочном барьере, что реализуется внесением известняковых материалов, при необходимости провести глинование почвы с внесением органических удобрений. Олово хорошо окисляется при избытке кислорода и переходит в недоступную для растений форму. Хорошим сорбентом для него является также глина. Титан относится к слабо подвижным элементам и его избыток проблем не вызывает, так как при различных условиях он поступает в микроколичествах в растения. Таким образом, для большинства химических элементов эффективным оптимизатором почв и нейтрализатором среды является известь и доломит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева, Е. И. Методы диагностики состояния антропогенно трансформированных систем / Е. И. Голубева. – М.: МГУ. – 1999. – 66 с.
2. Черненко, Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т. В. Черненко. – М.: Наука. – 2002. – 190 с.
3. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – М.: Изд-во МГУЛ. – 1998. – 192 с.
4. Голубева, Е. И. Механизмы повреждения и адаптации растений при техногенном загрязнении / Е. И. Голубева, А. Ф. Говорова // Известия РАН. Серия географическая. – 2006. – № 1. – С. 95–100.
5. Карпиченко, А. А. Геохимическая оценка почв и растительности города Молодечно / А. А. Карпиченко, Н. К. Чертко, А. С. Семенюк // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2018. № 1. С. 21–29.
6. Чертко, Н. К. Геохимия: пособие / Н. К. Чертко. – Минск: БГУ. – 2016. – С. 279.
7. Чертко, Н. К. Геохимическая оптимизация ландшафтов: монография / Н. К. Чертко. – Минск: Четыре четверти, 2018. – 168 с.