

Корнелюк Н.Н.

**Черкасский государственный технологический
университет, г. Черкассы**

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ УРБОСИСТЕМ

В статье проведен анализ особенностей накопления тяжелых металлов: Zn, Pb, Cu, Cd в древесной коре и эпифитный лишайниках на пяти исследуемых участках Восточного индустриального района г. Черкассы.

Промышленные агломерации при нынешнем уровне производства и состоянии энергетической базы являются основной причиной ухудшения почвенно-растительного комплекса городских экосистем.

Сформировавшиеся за последние 30 – 40 лет урбоэкосистемы характеризуются разнообразием загрязняющих веществ и сложным биогенным циклом их миграции.

Среди загрязнителей техногенного происхождения тяжёлые металлы рассматриваются как элементы, имеющие особое биологическое и экологическое значение.

Научными исследованиями доказано, что результатом интенсивного загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий и автотранспорта является формирование тяжёлыми металлами техногенных геохимических полей, что оказывает негативное влияние на грунты, биоту городских экосистем.

Для комплексной оценки состояния городских экосистем актуальными являются мониторинговые исследования процессов поступления, механизмов накопления и миграции тяжёлых металлов, которые до последнего времени не являлись объектом системных экологических исследований.

В последние десятилетия в целях определения степени загрязнения тяжёлыми металлами антропогенно

трансформированной среды стало общепринятым использование эпифитных мхов и лишайников, которые способны накапливать металлы в значительных концентрациях. В отличие от высших растений мхи и лишайники не имеют организованной корневой и сосудистой систем, все элементы питания, воду они поглощают из воздуха и атмосферных осадков.

По мнению исследователей [1-3] мхи и лишайники являются наилучшими биоиндикаторами, поскольку способны накапливать тяжёлые металлы в значительных количествах без видимого вреда для себя. Однако если мхи и лишайники уже отсутствуют или представлены в очень плохом состоянии (незначительными сланями) их использовании в качестве биоиндикаторов крайне затруднительно. В противовес последним кора деревьев представлена в достаточных количествах и на значительных территориях. Анализ коры деревьев, которая способна аккумулировать выбросы промпредприятий и автотранспорта даёт возможность оценить уровень загрязнения за определённый период времени, тогда как концентрации вредных веществ в воздухе и растениях отражают состояние атмосферы в данный период времени. Использование данного субстрата как биоиндикатора загрязнения антропогенных ландшафтов тяжёлыми металлами имеет большие перспективы.

В целом, среди значительного количества работ, в которых приводятся сведения о содержании тяжёлых металлов в коре и вегетативных органах разных сельскохозяйственных, лесохозяйственных растений, данные про использование коры форофитов как индикатора состояния загрязнения среды в целом – единичны [4,5].

По нашему мнению, в условиях возрастающего загрязнения городской среды, большой интерес представляет сравнительный анализ особенностей накопления корой форофита (субстрат) и лишайником – эпифитом, тяжёлых металлов.

Город Черкассы расположен в лесостепной зоне Днепровской террасовой равнины, на относительно высоком плато правого берега р. Днепр. Рельеф – равнинный. Вокруг

города расположены: земли сельскохозяйственного назначения, лесополосы, фруктовые сады, лесной массив.

Основу экономики г. Черкассы составляют 4 отрасли промышленности: химическая, машиностроительная, пищевая, лёгкая. Энергетическая отрасль представлена мощной ТЭС. Основными источниками загрязнения атмосферы являются предприятия химической (22 %), энергетической (20 %), пищевой (15 %) промышленности их суммарный вклад составляет 57 % загрязняющих веществ, в том числе и тяжёлых металлов [6]. Значительная техногенная нагрузка способствует разрушению экосистемы города, угнетению роста и развития растений, росту заболеваемости и смертности населения.

На протяжении 2013 – 2014 года были отобраны пробы коры вида эдификатора тополя пирамидального и токсикотолерантного вида лишайника (*Xanthoria parietina*) на разных по степени антропогенной нагрузки территориях Восточного промышленного узла г. Черкассы (табл. 1).

При анализе растительного материала использовали метод сухого озоления. Содержание подвижных форм соединений тяжёлых металлов в почвах изучали с помощью вытяжек ацетатно-аммонийного буферного раствора pH 4,8. Конечное определение ТМ проведено методом атомной абсорбции.

Таблица 1
Характеристика среднего модельного дерева тополя пирамидального территории исследования

Вид	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Ветви 1,2,3 порядка, шт.	Деревье в, шт./га
Тополь пирамидальный	38	46	17	149	740

Культурфитоценоз Восточного промышленного узла. Территория находится в наиболее освоенном районе города, где сконцентрированы предприятия машиностроения, химической, пищевой промышленности, грузовой порт.

В разных по степени антропогенной нагрузки зонах (санитарно-защитных, жилой, рекреационной, интенсивного движения автотранспорта) были заложены модельные участки.

В соответствии с расположением источников загрязнения (объектов промышленного комплекса, транспортных магистралей с интенсивным движением автотранспорта) проанализировано полиэлементарное загрязнение коры тополя пирамидального и токсикотолерантного вида лишайника (*Xanthoria parietina*) свинцом, цинком, медью, кадмием.

Выявлены биогеохимических аномалии содержания тяжёлых металлов, изучена информативность использования в качестве биоиндикатора коры тополя и лишайника (*Xanthoria parietina*)

Полученные данные соотнесены с показателями содержания микроэлементов в объектах фонового участка лесного массива «Сосновка» (табл. 2).

На основе расчётных величин K_{C1} тяжёлых металлов в коре и талломе лишайника территории, Восточного промышленного узла, выделено группу микроэлементов по их биоиндикационной информативности к техногенному загрязнению (табл. 3).

Биогеохимический ряд аккумуляции тяжёлых металлов корой и талломом лишайника Восточного промышленного узла г. Черкассы имеет вид:

$$\begin{array}{l}
 \text{кора} \quad \frac{Zn}{n \cdot 10^2} \rightarrow \frac{Cu}{n \cdot 10^1} \rightarrow \frac{Pb}{n \cdot 10^0} \rightarrow \frac{Cd}{n \cdot 10^{-1}} \\
 \text{лишайник} \quad \frac{Zn}{n \cdot 10^1} \rightarrow \frac{CuPb}{n \cdot 10^0} \rightarrow \frac{Cd}{n \cdot 10^{-1}}
 \end{array}$$

Можно допустить, что высокое содержание тяжёлых металлов в коре деревьев обусловлено значительной сорбционной способностью коры и продолжительным (хроническим) отравлением дендрофлоры города.

Таблица 2

Средние показатели содержания тяжёлых металлов
в коре тополя пирамидального, лишайнике *Xanthoria parietina*
Восточного промышленного узла г. Черкассы

Объект	Содержание микроэлементов мг/кг, сухого вещества							
	Cu		Zn		Pb		Cd	
	С	КС	С	КС	С	КС	С	КС
Санитарно-защитная зона предприятия машиностроения								
кора	11,4	3,0	165,0	3,5	7,2	2,0	0,29	1,45
лишайник	7,6	3,7	18,03	1,5	15,7	3,4	0,9	2,1
Санитарно-защитная зона предприятия химической отрасли								
кора	14,8	3,9	136,0	2,9	7,8	2,2	0,25	1,25
лишайник	8,3	4,1	17,9	1,5	15,5	3,4	0,94	2,2
Район жилой застройки								
кора	8,5	2,2	134,2	2,8	6,0	1,7	0,2	1,0
лишайник	7,1	3,5	17,01	1,4	10,0	2,2	0,7	1,6
Рекреационная зона набережная								
кора	8,0	2,1	121,8	2,6	5,2	1,5	0,2	1,0
лишайник	6,7	3,3	15,8	1,3	9,5	2,1	0,7	1,6
Зона интенсивного движения автотранспорта (региональная автомагистраль)								
кора	14,6	3,8	171,2	3,6	7,9	2,2	0,27	1,35
лишайник	8,5	4,2	26,6	2,2	16,4	3,5	1,2	2,8
Фоновый участок район «Сосновка»								
кора	3,8	1,0	47,5	1,0	3,5	1,0	0,2	1,0
лишайник	2,03	1,0	12,2	1,0	4,6	1,0	0,43	1,0

Классификация биоиндикаторов техногенного влияния на городские экосистемы (по коре тополя пирамидального, таллома лишайника (*Xanthoria parietina*))

Информативность к биоиндикации	Химические элементы	Kсi
Индикаторы	-	Более 9
Умеренные индикаторы	Cu, Zn, Pb	От 3 до 8
Слабо информативные индикаторы	Cd	Менее 2

Общим выводом следует считать то, что при отсутствии в достаточном количестве представителей лишенофлоры кора форофитов выполняющая фильтрующую, пылеулавливающую, газопоглощающую функцию может быть использована как элемент дендроиндикации загрязнения городских экосистем тяжёлыми металлами.

Библиографический список

1. Kabata-Pendias A.; Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3rd edition. ISBN 0849315751. CRC Press. 413p.
2. Мартин Ю.Л. Споровые растения как биогеохимические индикаторы / Ю.Л. Мартин // В.И. Вернадский и современность. – М., 1986. – С.154-169.
3. Инсарова Д.И. Влияние тяжёлых металлов на лишайники /Д.И Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1983. – Т. 6.- С. 101- 113.
4. Poikolainen J. Sulphur and heavy metal concentrations in Scots pine bark in northern Finland and the Kola Peninsula /J Poikolainen//Water, Air and Soil Pollution. – 1997. – 93. – p. 395 - 408.
5. Kuik P., Wolterbeek H.T.H. 1994: Factor-analysis of trace-element data from tree-bark samples in the Netherlands //Environmental Monitoring and Assessment. – 1994. – 32, №3. – p. 207-226.
6. Черкаське обласне управління статистики // Охорона атмосферного повітря в Черкаській області, Черкаси 2014 р.