

СЕКЦІЯ: ЕКОЛОГІЯ

Наталья Дроздова, Татьяна Макаренко
(Беларусь, Гомель)

ИЗУЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЯ» В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

При оценке экологического состояния территории и разработке мероприятий по охране природной среды от загрязнения техногенными выбросами важное место занимает изучение поглощения тяжелых металлов растениями.

Известно, что при аэротехногенном загрязнении природной среды тяжелыми металлами возможны два основных пути их поступления в растения: из атмосферы – через листовую поверхность, из почвы – через корневую систему. При обычных концентрациях в почвенном растворе поглощение тяжелых металлов корнями растений является активным и контролируется метаболическими процессами внутри корней, при высоких концентрациях в их транспорте к корням растений преобладающую роль играет диффузия.

Поступление тяжелых металлов в растения через корневую систему зависит, прежде всего, от количества этих металлов в почве. Коэффициенты корреляции между содержанием металлов в растениях и средах при разных условиях (тип почвы, влажность, кислотность и др.) могут быть достаточно высоки – в некоторых случаях превышают величину 0,80. При этом отмечается как линейный, так и нелинейный характер возрастания содержания металлов в растениях при увеличении их концентрации в почве.

Учитывая неодинаковое физиологическое значение разных элементов, можно предположить, что интенсивность их вовлечения в этот процесс также неодинакова. Различные виды растений в значительной степени различаются по способности поглощать тяжелые металлы. Высшие растения меньше накапливают тяжелые металлы и менее устойчивы к повышенным концентрациям, чем низшие. Содержание избыточного количества тяжелых металлов в растительной массе может меняться в течение вегетационного периода. Одна из причин этого – неспособность потока, поступающего из почвы в растения, равномерно в течение всей вегетации насыщать тяжелыми металлами прирост биомассы, который в середине лета достигает максимума, и хотя темп их поступления более или менее равномерен, возникает так называемый «эффект разбавления».

Цель работы: изучить содержание и накопление тяжелых металлов в растениях в условиях промышленного загрязнения, определить коэффициенты перехода в системе «почва – растения» для прогнозирования изменений в состоянии почвенно-растительного покрова на городских промплощадках.

Объектом исследования являлись образцы почвы и растительного материала, отобранных с пробных площадок, заложенных в промышленных зонах г. Гомеля (в районе ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Ратон»).

Для закладки пробных площадок выделяли наиболее часто встречающиеся в напочвенном покрове растительные группировки. Отбор проб проводился в соответствии ГОСТ 28168-89 [1]. Отбор почвенных и растительных образцов на пробных площадях производился дважды: в июне (фаза активной вегетации) и в сентябре (период завершения активной вегетации).

Выделение подвижных форм проводили по методу Пейве и Ренькиса [2].

Навески проб растений вводили в тefлоновые емкости, заливали 7 мл концентрированной азотной кислоты и 1 мл 30% перекиси водорода. Разложение проб проводили по специальной программе в микроволновой системе разложения биологических проб MilestoneETHOSPLUS фирмы «Milestone» (Франция). Полученные кислотные вытяжки переносили в пластиковые виалы объемом 50 мл и доводили объем до метки дистиллированной водой.

Элементный анализ проводили на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Elan-9000 в лаборатории масс-спектрометрии ГГУ им. Ф. Скорины.

В качестве параметра миграции химических токсикантов, в том числе и тяжелых металлов, применяется *коэффициент перехода* (K_{Π}), представляющий собой отношение концентрации металла в растительном организме к концентрации подвижных форм металла в почвах) [3].

$$K_{\Pi} = \frac{\text{Концентрация элемента в организме (мг / кг)}}{\text{Концентрация элемента в субстрате (мг / кг)}}$$

В таблице 1 представлены результаты количественного определения содержания изучаемых металлов в растениях и соответствующие коэффициенты перехода элементов.

Как показывает анализ результатов, в целом, значения коэффициента перехода для элементов значительно варьируют, что отражает не только характер накопления элемента в растениях разных семейств, но и их неравномерное содержание в почвах внутри исследуемых площадок.

Максимальное значение коэффициента перехода для цинка в системе «почва-растения» промышленных территорий достигало значений 15,50 (лето) и 17,61 (осень), что говорит о сильном биологическом захвате данного элемента, несмотря на аномально низкие концентрации его в почве. Это объясняется особо важной ролью цинка в функционировании многих ферментативных систем. Значение

Кп меди значительно варьировало в летний и осенний периоды, достигая для единичных проб величины 118,49 (лето) и 19,21 (осень). Значение коэффициентов перехода никеля изменялось в пределах 0,61 - 34,48, что превышало среднестатистические показатели для данных элементов ($K_p - 0, n$ по Перельману). Такие высокие значения Кп свидетельствуют о сильной корреляции с общим уровнем загрязнения почвы

Таблица 1 – Содержание и коэффициенты перехода тяжелых металлов в растения, отобранных на промплощадках

Агро- ботаническая группа	Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг, в абс.-сух. сост.					Коэффициент перехода (K_p)				
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
ОАО «Гомельский химический завод», фаза активной вегетации (июнь 2014 г)										
сем. Мятликовые	3,91-333,00	20,56-97,44	0,14-2,27	0,03- 22,46	1,24-27,55	0,67-118,49	2,78-17,31	0,03-1,06	0,96-143,81	1,46-34,48
	27,52	53,82	0,53	2,02	7,95	10,12	6,45	0,17	32,09	13,38
сем. Бобовые	4,51-6,87	31,42-56,42	0,22-0,31	0,07-0,40	6,47-8,31	1,33-2,89	4,58-7,03	0,06-0,12	4,93-11,11	6,99-13,03
	5,56	42,14	0,25	0,19	7,32	2,18	5,61	0,09	7,02	9,45
ОАО «Гомельский химический завод», фаза завершения вегетации (сентябрь 2014 г)										
сем. Мятликовые	9,48-40,38	47,22-120,39	0,56-2,02	0,07-0,42	3,93-16,32	1,34-11,61	3,67-17,61	0,09-0,33	1,64-11,88	5,53-25,30
	17,48	109,74	1,00	0,27	8,27	4,08	8,82	0,19	6,00	12,32
сем. Бобовые	7,70-24,90	18,67-97,40	0,19-1,28	0,01-0,78	4,18-19,29	1,38-10,01	1,36-7,18	0,06-0,54	0,22-20,08	5,15-26,81
	12,83	58,74	0,77	0,19	7,97	3,89	4,18	0,20	5,84	12,75
ОАО «Ратон», фаза активной вегетации (июнь 2014 г)										
сем. Мятликовые	3,15-31,96	17,88-47,47	0,09-1,84	0,02-0,22	0,86-47,49	0,99-14,00	1,28-5,34	0,02-0,43	0,63-7,62	0,61-34,39
	6,53	25,60	0,40	0,09	8,70	2,62	2,63	0,09	2,22	6,29
сем. Бобовые	6,21-9,37	23,12-37,09	0,12-0,40	0,03-0,36	1,90-4,39	2,33-3,01	2,24-4,29	0,02-0,08	0,89-7,74	1,36-2,69
	7,43	31,74	0,214667	0,14	2,97	2,71	2,99	0,04	3,31	1,91
ОАО «Ратон», фаза завершения вегетации (сентябрь 2014 г)										
сем. Бобовые	9,01-38,26	19,67-83,85	0,63-5,13	0,02-0,32	1,93-10,23	0,27-19,21	0,40-8,54	0,03-9,16	0,36-11,58	1,83-6,51
	17,25	39,89	1,61	0,13	5,46	3,28	2,42	0,92	3,04	4,36

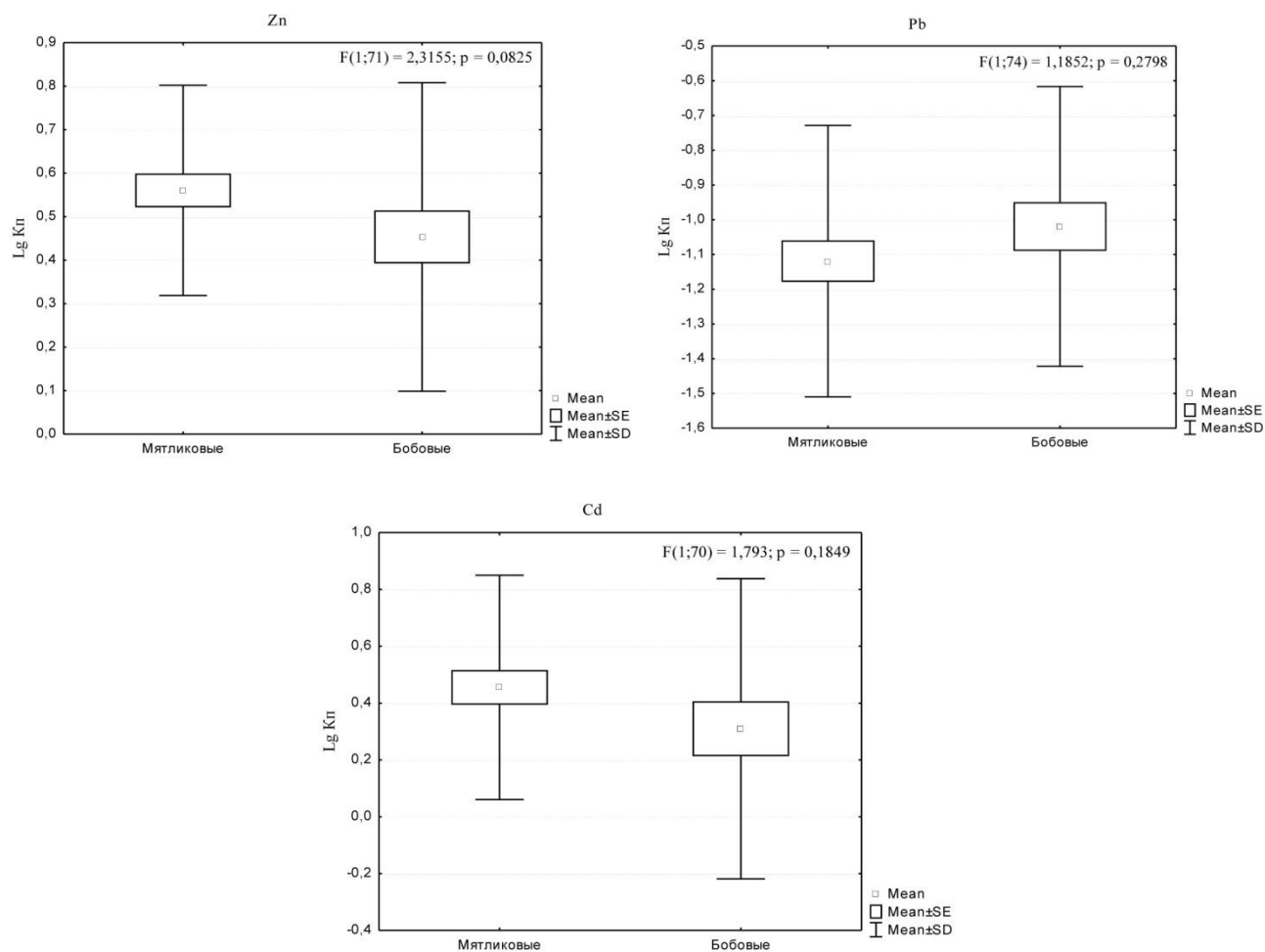


Рисунок 1– Графическая интерпретация однофакторного дисперсионного анализа для Кп цинка, свинца и кадмия в растениях сем. Бобовых и Мятликовых

данном элементом и, вероятно, слабыми механизмами защиты растений. Коэффициенты поглощения кадмия находились в пределах 0,19–20,08, достигая в единичной пробе значения 1403,8.

Свинец относится к элементам относительно слабого захвата на территориях без усиленного техногенного воздействия. Но для промышленных территорий K_p свинца составляли 0,02–9,16, что превышает среднестатистические показатели в десятки и сотни раз (по Перельману K_p – 0,00п) и коррелирует с уровнем загрязненности почв.

Таким образом, в целом для дикорастущих растений, произрастающих в промышленных зонах, ряд поглощения элементов имеет вид: для площадки ОАО «Гомельский химзавод» $Ni > Zn > Cu > Cd > Pb$; для площадки ОАО «Ратон» $Ni > Cu > Zn > Cd > Pb$.

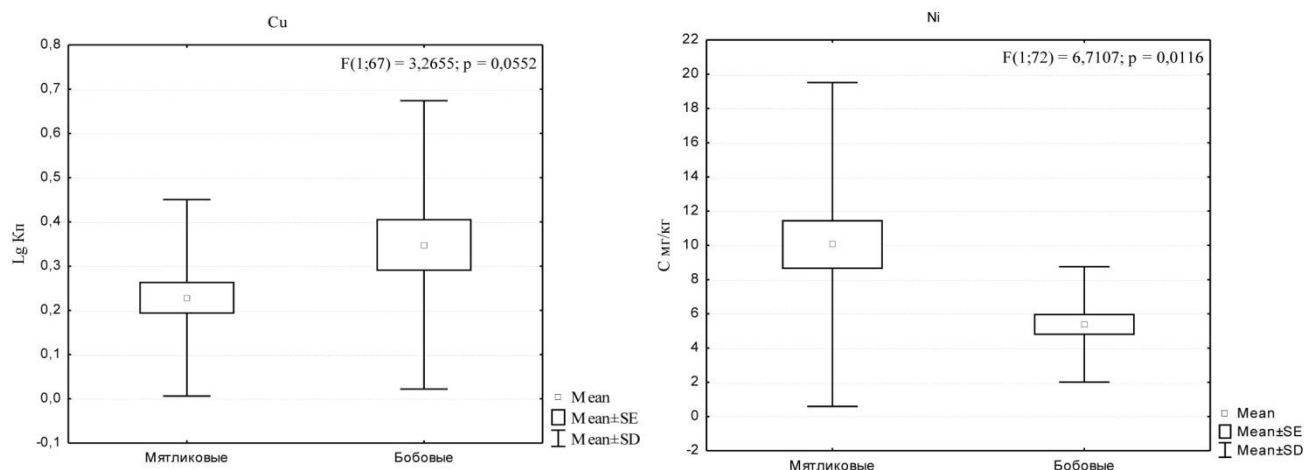


Рисунок 2– Графическая интерпретация однофакторного дисперсионного анализа для K_p меди и никеля в растениях сем. Бобовых и Мятликовых

Для проверки гипотезы о влиянии типа растительной группировки на различия в коэффициентах перехода элементов после процедуры первичного анализа в последующую статистическую обработку были включены парные измерения в количестве 82 проб. Из представленных результатов обработки (рисунки 1, 2) следует, что для значений K_p цинка, свинца, кадмия для участков с группировками растений сем. Бобовые и сем. Мятликовых нулевая гипотеза о равенстве средних подтверждается и различия носят случайный характер ($F_{\text{эмп.}} < F_{\text{крит.}}$ при уровне значимости $p > 0,05$). Для K_p меди и никеля указанная нулевая гипотеза о равенстве средних отвергается и принимается альтернативная гипотеза, которая свидетельствует о достоверном различии средних ($F_{\text{эмп.}} \geq F_{\text{крит.}}$ при уровне значимости $p < 0,05$).

Заключение

Для дикорастущих растений промышленных зон ряд поглощения элементов имеет вид: для площадки ОАО «Гомельский химзавод» $Ni > Zn > Cu > Cd > Pb$; для площадки ОАО «Ратон» $Ni > Cu > Zn > Cd > Pb$.

Значения коэффициентов перехода (K_p) в системе «почва-растения» для элементов значительно варьируют, что отражает не только специфический характер накопления элементов растениями разных агроботанических групп, но и их неравномерное содержание в почвах изучаемой территории. Для растений, произрастающих в различных промышленных зонах, ряд поглощения элементов различается только по положению цинка и меди. Установлено, что в условиях техногенного влияния коэффициенты перехода элементов характеризуются более высокими значениями, чем для нетрансформированных территорий.

Выявлено достоверное различие значений K_p меди и никеля для участков с различным типом растительных группировок (сем. Бобовые и сем. Мятликовых), в то же время, различия значений K_p цинка, свинца и кадмия носят случайный характер.

Литература:

- ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введен 01.04.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 7 с.
- Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для ун-тов по спец. «Агрохимия и почвоведение» / В. Г. Минеев. – Москва: МГУ, 1989. – 303 с.
- Никаноров, А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 311с.