

**Г. В. Толкач<sup>2</sup>, С. С. Позняк<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»,  
г. Брест, Республика Беларусь

## НАКОПЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ФИТОЦЕНОЗОВ БРЕСТСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

*Представлены данные о содержании валовых форм тяжелых металлов в растительности садовых товариществ и прилегающих лесных массивов, а также автомагистралей и полигонов твердых коммунальных отходов Брестского района. Установлено, что содержание марганца и титана в растениях лесных угодий превышало верхние границы токсичных концентраций. Диапазон концентраций элементов в растительности садовых товариществ значительно превышал нормальные значения. Самые высокие количества элементов в растениях отмечались на территории, расположенной вдоль дорог и полигонов ТКО, причем содержание хрома, меди, марганца, титана и цинка в растениях было значительно выше верхних границ токсичных концентраций.*

➤ **Ключевые слова:** валовая форма, растительный покров, пробные площадки, тяжелые металлы, полуколичественный эмиссионный спектральный анализ, степень загрязнения.

### **Введение**

Сорная растительность типична практически для любых посевов культурных растений, поскольку она попадает в посевы из естественного фитоценоза. В почве может находиться высокий запас семян сорных растений, а сорные растения более конкурентоспособны, что делает их повсеместно распространенными и поэтому удобными в качестве объекта исследования. Химический состав растений отражает элементный состав почвенной среды. Однако на эту общую закономерность оказывают влияние многие факторы, поэтому содержание тяжелых металлов в растениях очень изменчиво и на не загрязненных почвах колеблется в широких интервалах [1]. В условиях химических стрессов, вызванных избытком элементов питания, растения в ходе эволюции выработали механизмы, приводящие к устойчивости к нарушениям химического баланса в окружающей среде [2].

Известно, что при аэротехногенном загрязнении природной среды тяжелыми металлами возможны два основных пути их поступления в растения: из атмосферы – через листовую поверхность и из почвы – через корневую систему. Главный путь поступления загрязнителей в растения – это абсорбция корнями. Поэтому почвенная среда – основной источник химических элементов для растений, корневая система которых может поглощать тяжелые металлы активно (метаболически) и пассивно (неметаболически). В большинстве случаев скорость поглощения элементов положительно коррелирует с содержанием их доступных форм. На эту главную закономерность оказывают влияние ряд факторов: реакция среды; концентрация кальция, магния и других ионов; температура, аэрация, окислительно-восстановительный потенциал; вид растений и стадии их развития [3]. Поэтому зависимость между степенью загрязнения почвы тяжелыми металлами и интенсивностью их поступления в растения является сложной и не носит функционального характера.

Несмотря на существенную изменчивость в способности различных растений к накоплению тяжелых металлов, биоаккумуляция элементов имеет определенную тенденцию. Так, например, по интенсивности накопления выделяется несколько групп элементов [4]:

Cd, Cs, Rb – поглощаются легко;

Zn, Mo, Cu, Pb, Ag, As, Co – имеют среднюю степень поглощения;

Mn, Ni, Li, Cr, Be, Sb – слабо поглощаются;

Se, Fe, Ba, Te – труднодоступны растениям.

**Цель работы** – выявить особенности аккумуляции некоторых химических элементов растительностью полевых, луговых и лесных фитоценозов Брестского района в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова.

### **Материалы и методы исследования**

Пробы растений отбирались в смежных границах садовых товариществ и прилегающих лесных массивов, а также крупных автомагистралей и полигонов твердых коммунальных отходов (рисунок 1).

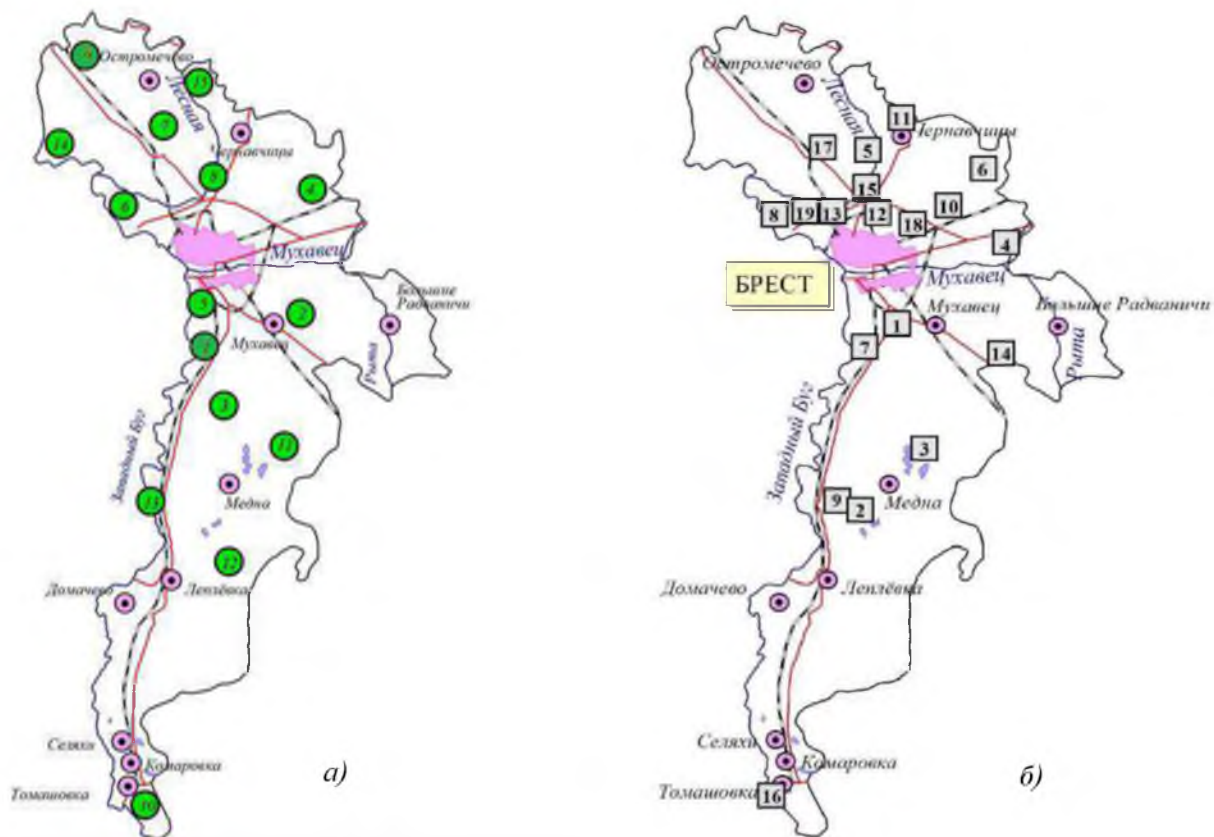


Рисунок 1 – Карта-схема размещения площадок отбора проб растительных образцов на территории лесных массивов (а) и крупных автомагистралей, полигонов ТКО (б)

Для формирования объединенной пробы растений массой 0,5–1 кг естественной влажности отбиралось не менее 8–10 точечных проб. Наземную часть травяного покрова срезали острым ножом или ножницами, не засоряя почвой, укладывали в полиэтиленовую пленку или крафт-бумагу, вкладывали этикетку. Пробы доставлялись в лабораторию, подвергались высушиванию в низкотемпературной электропечи СНОЛ до воздушно-сухого состояния с последующим измельчением шаровой мельницей-миксером EQM-400 до конечного размера зерен (10 мкм) в течение 1–4 минут. Подготовленные пробы исследовались на базе аккредитованной центральной лаборатории РУП «Белгеология» г. Минска полуколичественным эмиссионным спектральным анализом на спектрографе СТЭ-1.

### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведения исследований установлено, что биологическое разнообразие растений изучаемой территории представлено 32 видами аборигенных растений, относящихся к 17 семействам, причем на долю семейства злаковые приходится около 30 % видового разнообразия (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав травянистых растений экосистем Брестского района

| Вид растений   | Лесные угодья | Территории вдоль дорог, полигонов ТКО | Земли садовых товариществ |
|--|---------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <b>Семейство злаковые (Poaceae)</b>                      |               |                                       |                           |
| Пырей ползучий ( <i>Elytrigia repens</i> L.)             | •             | •                                     | •                         |
| Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)       |               | •                                     |                           |
| Райграс пастбищный ( <i>Lolium perenne</i> L.)           |               | •                                     | •                         |
| Ежовник обыкновенный ( <i>Echinochloa crus-galli</i> L.) | •             | •                                     | •                         |
| Костер мягкий ( <i>Bromus hordeaceus</i> L.)             |               |                                       | •                         |
| Овсяг обыкновенный ( <i>Avena fatua</i> L.)              |               |                                       | •                         |
| Мятлик луговой ( <i>Poa pratensis</i> L.)                | •             | •                                     |                           |
| Вейник наземный ( <i>Calamagrostis epigæjos</i> L.)      | •             |                                       |                           |
| Овсяница полесская ( <i>Festuca polesica</i> L.)         | •             |                                       |                           |

| Вид растений   | Лесные угодья | Территории вдоль дорог, полигонов ТКО | Земли садовых товариществ |
|--|---------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Бухарник мягкий ( <i>Hólcus móllis</i> L.)                   |               |                                       | •                         |
| <b>Семейство хвощевые (Equisetaceae)</b>                     |               |                                       |                           |
| Хвощ полевой ( <i>Equisetum arvense</i> L.)                  | •             |                                       | •                         |
| <b>Семейство астровые (Asteraceae)</b>                       |               |                                       |                           |
| Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacum officinale</i> Webb.) |               | •                                     | •                         |
| Черда трехраздельная ( <i>Bidens tripartita</i> L.)          |               | •                                     | •                         |
| Мелкопестник канадский ( <i>Erigéron canadénsis</i> L.)      | •             |                                       | •                         |
| Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achilléa millefólium</i> L.) |               | •                                     |                           |
| <b>Семейство амарантовые (Amaranthaceae)</b>                 |               |                                       |                           |
| Марь белая ( <i>Chenopodium album</i> L.)                    | •             | •                                     |                           |
| <b>Семейство подорожниковые (Plantaginaceae)</b>             |               |                                       |                           |
| Подорожник большой ( <i>Plantago major</i> L.)               | •             | •                                     | •                         |
| <b>Семейство осоковые (Cyperaceae)</b>                       |               |                                       |                           |
| Осока острая ( <i>Carex acuta</i> L.)                        |               | •                                     | •                         |
| Осока пузырьчатая ( <i>Carex vesicaria</i> L.)               |               |                                       | •                         |
| <b>Семейство бобовые (Fabaceae)</b>                          |               |                                       |                           |
| Клевер пашенный ( <i>Trifolium arvense</i> L.)               |               | •                                     | •                         |
| <b>Семейство норичниковые (Scrophulariaceae)</b>             |               |                                       |                           |
| Коровяк обыкновенный ( <i>Verbascum thapsus</i> L.)          |               |                                       | •                         |
| <b>Семейство крестоцветные (Brassicaceae)</b>                |               |                                       |                           |
| Сурепка обыкновенная ( <i>Barbarea vulgaris</i> W.T.Aiton)   |               |                                       | •                         |
| Пастушья сумка ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> Medik.)      |               |                                       | •                         |
| <b>Семейство розоцветные (Rosaceae)</b>                      |               |                                       |                           |
| Крапива двудомная ( <i>Urtica dioica</i> L.)                 | •             |                                       |                           |
| <b>Семейство колокольчиковые (Campanulaceae)</b>             |               |                                       |                           |
| Букашник горный ( <i>Jasione montana</i> L.)                 | •             |                                       |                           |
| <b>Семейство вьюнковые (Convolvulaceae)</b>                  |               |                                       |                           |
| Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)             | •             |                                       | •                         |
| <b>Семейство гвоздичные (Caryophyllaceae)</b>                |               |                                       |                           |
| Дрема белая ( <i>Melandrium album</i> L.)                    | •             |                                       |                           |
| <b>Семейство яснотковые (Lamiaceae)</b>                      |               |                                       |                           |
| Мята перечная ( <i>Méntha piperita</i> L.)                   | •             |                                       | •                         |
| <b>Семейство мареновые</b>                                   |               |                                       |                           |
| Подмаренник цепкий ( <i>Gálium aparine</i> L.)               |               | •                                     |                           |
| <b>Семейство зверобойные (Clusiaceae)</b>                    |               |                                       |                           |
| Зверобой продырявленный ( <i>Hypericum perforatum</i> L.).   |               | •                                     |                           |
| <b>Семейство маковые (Papaveraceae).</b>                     |               |                                       |                           |
| Чистотел большой ( <i>Chelidónium május</i> L.)              |               |                                       | •                         |

Следует отметить, что биологическое разнообразие растительного мира более обширно на территории садовых товариществ, что, вероятно, связано с периодическим занесением семян сорных растений с применяемыми органическими удобрениями и использованием самостоятельно приготовленного компоста.

Из литературных источников известно, что коэффициенты накопления химических элементов, рассчитанные на их валовое содержание в почве, не всегда отражают доступность для поглощения растениями. Концентрация металлов в растениях существенно зависит от их миграционной подвижности в звене «почва – растение». Поскольку в почве одновременно присутствуют различные формы элементов, отличающиеся прочностью связей, миграционная способность может сильно меняться в зависимости от многих условий [5]. В отдельных исследованиях зарубежных авторов установлены примерные концентрации химических элементов в зрелых тканях листьев растений, за исключением очень чувствительных и сильно устойчивых видов, являющиеся дефицитными, нормальными и токсичными (таблица 2).

В наших исследованиях содержание химических элементов в растительности варьировало в широкой степени, причем на территории лесных ландшафтов количество элементов было минимальным и находилось в пределах нормальных концентраций (таблица 3), что свидетельствует об объективности отнесения данных территорий к фоновым.

Таблица 2 – Примерная концентрация элементов в зрелых тканях листьев растений (мг/кг сухой массы) [6]

| Химический элемент | Дефицит | Нормальная | Токсичная |
|--------------------|---------|------------|-----------|
| Ag                 | –       | 0,5        | 5–10      |
| As                 | –       | 1–1,7      | 5–20      |
| Ba                 | –       | –          | 500       |
| Be                 | –       | 1–7        | 10–50     |
| Cd                 | –       | 0,05–0,2   | 5–30      |
| Co                 | –       | 0,02–1     | 15–50     |
| Cr                 | –       | 0,1–0,5    | 5–30      |
| Cu                 | 2–5     | 5–30       | 30–100    |
| Hg                 | –       | –          | 1–3       |
| Li                 | –       | 3          | 5–50      |
| Mn                 | 15–25   | 20–300     | 300–500   |
| Mo                 | 0,1–0,3 | 0,2–1      | 10–50     |
| Ni                 | –       | 0,1–5      | 10–100    |
| Pb                 | –       | 5–10       | 30–300    |
| Se                 | –       | 0,01–2     | 5–30      |
| Sn                 | –       | –          | 60        |
| Sb                 | –       | 7–50       | 150       |
| Ti                 | –       | –          | 50–200    |
| Te                 | –       | –          | 20        |
| V                  | –       | 0,2–1,5    | 5–10      |
| Zn                 | 10–20   | 27–150     | 150–400   |
| Zr                 | –       | –          | 15        |

Таблица 3 – Содержание химических элементов в растительности ландшафтов Брестского района (мг/кг сухой массы)

| Элемент | Лесные угодья |      | Территории вдоль дорог полигонов ТКО |       | Земли садовых товариществ |      | Нормальная | Токсичная |
|---------|---------------|------|--------------------------------------|-------|---------------------------|------|------------|-----------|
|         | Интервал      | Ср.  | Интервал                             | Ср.   | Интервал                  | Ср.  |            |           |
| Co      | –             | –    | 2–200                                | 42,5  | 0–10                      | 0,7  | 0,02–1     | 15–50     |
| Cr      | 0–100         | 17,4 | 10–1000                              | 176,6 | 0–200                     | 42,1 | 0,1–0,5    | 5–30      |
| Cu      | 30–200        | 72,3 | 70–5000                              | 539   | 20–300                    | 99   | 5–30       | 30–100    |
| Mn      | 10–10000      | 1145 | 1000–10000                           | 6809  | 30–700                    | 2159 | 20–300     | 300–500   |
| Mo      | 5–50          | 20,8 | 5–200                                | 49,3  | 7–300                     | 48,1 | 0,2–1      | 10–50     |
| Ni      | 0–20          | 3,0  | 2–200                                | 42,5  | 0–100                     | 12,4 | 0,1–5      | 10–100    |
| Pb      | 5–30          | 14,7 | 15–1500                              | 218,3 | 10–70                     | 33,6 | 5–10       | 30–300    |
| Sn      | 0–10          | 0,7  | 0–100                                | 15,2  | 0–15                      | 2,0  | –          | 60        |
| Ti      | 10–5000       | 692  | 700–10000                            | 3652  | 7–5000                    | 1306 | –          | 50–200    |
| Zn      | 100–700       | 223  | 200–5000                             | 1042  | 100–1500                  | 324  | 27–150     | 150–400   |

### Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что среднее содержание марганца и титана в растениях лесных угодий превышало верхние границы токсичных концентраций. Диапазон содержания изучаемых химических элементов в растительности садовых товариществ значительно превышал нормальные значения и был выше их количества в растениях лесных ландшафтов, а по хрому, марганцу и титану – выше верхних границ токсичных концентраций. Самые высокие количества всех без исключения химических элементов в растениях отмечалось на территории, расположенной вдоль дорог и полигонов ТКО, причем содержание хрома, меди, марганца, титана и цинка в растениях было значительно выше верхних границ токсичных концентраций, установленных в исследованиях некоторых авторов.

### Список литературы

1. Байсеитова, Н. М. Накопление тяжелых металлов в растениях в зависимости от уровня загрязнения почв / Н. М. Байсеитова, Х. М. Сартаева // Молодой ученый. – 2014. – № 2. – С. 379–382.
2. Воскресенская, О. Л. Накопление тяжелых металлов почвой и растениями в местах сбора и временного хранения твердых бытовых отходов / О. Л. Воскресенская, В. С. Воскресенский, В. С. Алябышева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 49–56.
3. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
4. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.

5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 440 с.

6. Ильин, В. Б. О фоновом содержании тяжелых металлов в растениях / В. Б. Ильин, М. Д. Степанов // Изв. Сиб. отд-ния АН УССР. Сер. биол. наук. – 1981. – Вып. 1, № 5. – С. 26–31.

**G. V. Taukach, S. S. Pazniak**

**SOME CHEMICAL ELEMENTS ACCUMULATION BY VEGETATION OF BREST REGION PHYTOCENOSISES UNDER CONDITIONS OF SOIL TECHNOGENIC POLLUTION**

*This article represents data on content of heavy metals gross forms in plants of garden associations and adjoining forests, as well highways and landfills in Brest region. It was found that manganese and titanium content in forest plants exceeded upper limits of toxic concentrations. Range of elements concentrations in plants of garden associations was significantly higher than normal values. The highest concentrations in plants were observed on the territories along roads and landfills with content of chromium, copper, manganese, titanium and zinc in plants was significantly higher than upper limits of toxic concentrations.*