ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Накопичення важких металів у деревних породах промислової та транспортної зонах м. Миколаєва

А.М. Космачова, А.Л. Цикало

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна
E-mail: annkosmacheva@yandex.ru, tsykalf@ukr.net

Paper received 24.11.15; Accepted for publication 11.12.15.

Анотація. Визначено накопичення важких металів (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) у деревних насадженнях міської агломерації на прикладі *Robinia pseudo acacia* L. посезонно. Встановлено максимальні та мінімальні значення накопичення важких металів рослиною у санітарно-захисній зоні промислових підприємств та поблизу і вздовж найбільш навантажених автотранспортних магістралей. Також проведено порівняльний посезонний аналіз здатності даного виду деревних насаджень поглинати та накопичувати важкі метали. Основною досліджуваною частиною рослини були органи вегетаційного періоду – листки, що проявляють захисні та фітоіндикаційні властивості під час вегетаційного періоду: весна-літо-осінь. Проаналізовано динаміку вмісту кожного елементу у *Robinia pseudo acacia* L. Надані рекомендації щодо використання даного виду рослин при озелененні міста.

Ключові слова: *сезонна динаміка, вміст важких металів, деревні насадження, санітарно-захисна зона, промислова зона, транспортна зона*

Вступ. Середа промислового міста відрізняється від природного середовища своєрідністю основних екологічних факторів, а також специфічними техногенними впливами, що здійснюються на живі організми. Великого значення в даному середовищі надають деревно-чагарниковій рослинності, що здатна знижувати негативний вплив антропогенних чинників на навколишнє середовище та нівелювати несприятливі для людини фактори природного і техногенного походження. Однак висока ступінь впливу негативних антропогенних факторів, що притаманна урбанізованим територіям, закономірно призводить до ослаблення рослинності, передчасного старіння, зниження продуктивності, ураження хворобами, шкідниками і загибелі насаджень.

Серед великої кількості шкідливих речовин, що містяться у атмосферному повітрі міста, найбільший вплив на рослинність здійснюють важкі метали (ВМ), які одночасно можуть виступати як необхідні мікроелементи для неї. Їх вміст та динаміка накопичення має велике значення для росту і розвитку деревних рослин, оскільки, з одного боку, вони виступають основними елементами мінерального живлення, а з іншого – є токсичними компонентами, що у великій кількості спроможні призвести до загибелі рослини. Серед таких металів – цинк, залізо, марганець, мідь (основні мікроелементи для рослинного організму) та кадмій, свинець, нікель, хром, ртуть, миш'як (найбільш токсичні метали, що спроможні призвести до порушення життєздатності рослин).

Оскільки міська агломерація складається з чотирьох основних зон: промислової, транспортної, сельбищної та зеленої, актуальним є дослідження тих зон, в яких вміст ВМ у атмосферному повітрі може перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) і таким чином здійснювати негативний вплив на живі організми. Тому дослідження динаміки зміни вмісту та накопичення ВМ у деревних насадженнях є вкрай важливим і актуальним завданням.

Виходячи з вище сказаного, **мета даної роботи** полягала у дослідженні динаміки накопичення та вмісту важких металів в листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростає у промисловій та транспортній зонах м. Миколаєва.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили на листках псевдоакації *Robinia pseudo acacia* L., що найбільш широко представлена в міській флорі міста. Відбір зразків рослинного матеріалу проводився посезонно (весна-літо-осінь) протягом 2014 року. Місця відбору вибиралися при дотриманні наступних умов: територіальне зростання деревних порід поблизу автотранспортних розв'язок, автомагістралей і промислових підприємств, що характеризуються найбільш високим рівнем забруднення (рис.1).

Визначено 9 місць відбору зразків рослинного матеріалу. Серед них: 3 місця збору – санітарно-захисна зона промислових підприємств, на яких виробляють багатопрофільні газотурбінні двигуни й установки, займаються металургією та металообробкою, суднобудуванням та судноремонтом; та 6 пунктів поблизу та вздовж автомобільних магістралей, транспортних розв'язок міста**,** які є основними місцями транспортного руху. Фоновою точкою для аналізу вмісту ВМ у *Robinia pseudo acacia* L. було прийнято місце, що знаходиться у південно-східному напрямку від міста на відстані 26 км.

Листя *Robinia pseudo acacia* L. збирались з 5 окремо стоячих дерев у кожній точці, що зростали поруч один з одним, орієнтовано одного віку, по периметру крони з висоти 1,5-2 метри від землі.

За досліджуваний період загальна кількість зразків рослинного матеріалу склала 150. Валовий вміст ВМ у пробах рослинного матеріалу визначали атомно-абсорбційним методом на спектрометрі «С-115-М1». Пробопідготовку рослинного матеріалу для фізико-хімічного аналізу проводили відповідно ГОСТ 26929-94. Статистична обробка експериментальних даних здійснена за допомогою програм Excel, STATISTIKA 6.1.

©A. M. Kosmacheva, A. L. Tsykalo 2015

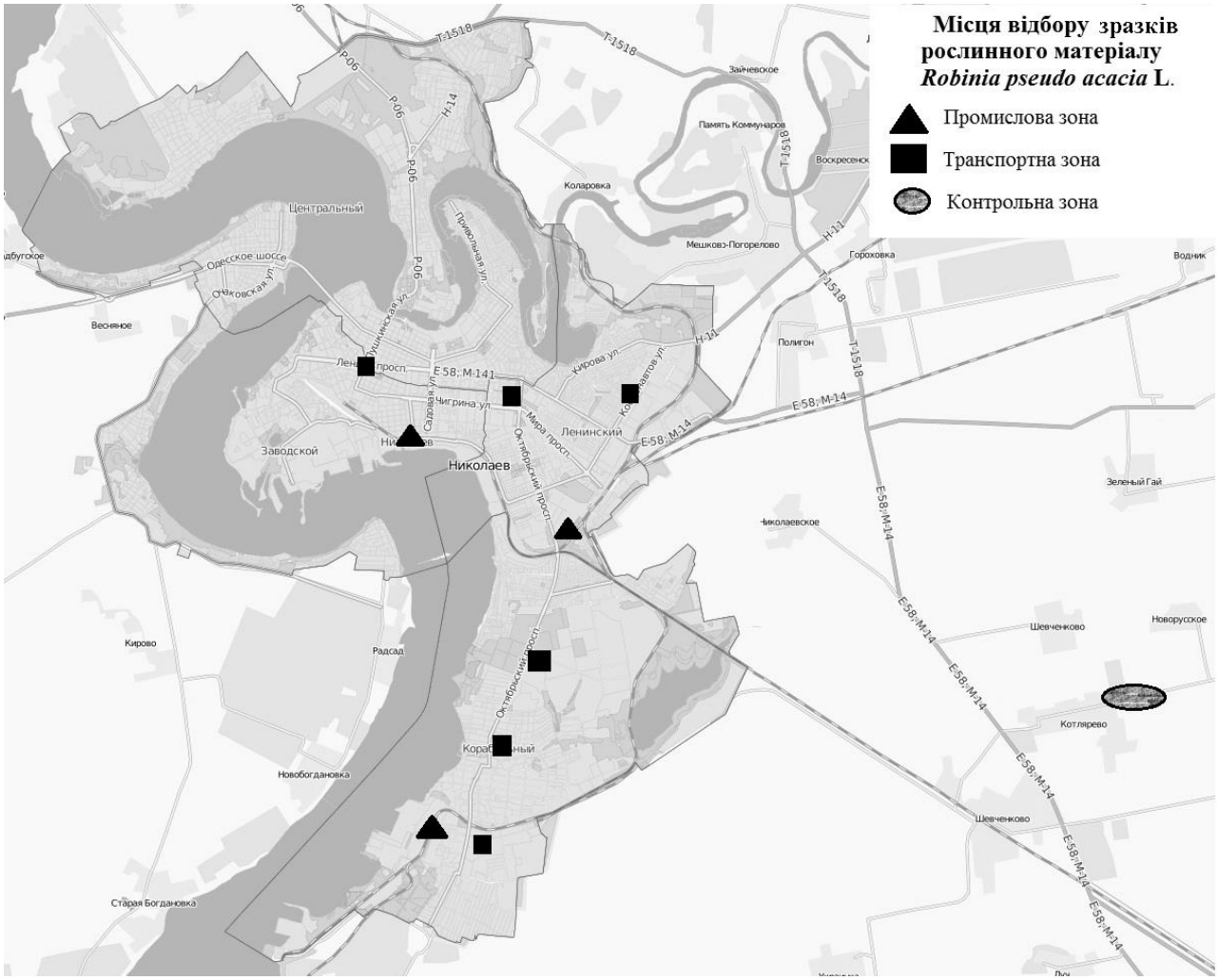

Рис 1. Точки збору зразків рослинного матеріалу в м. Миколаєві

Результати та їх обговорення. Проведенні дослідження сезонної динаміки вмісту ВМ (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) у листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростає на території, прийнятій нами за контроль, коливається від 0 до 36,320 мг/кг сухої маси речовини. Найбільший вміст спостерігається марганцю, цинку та заліза (36,320 мг/кг, 19,94 мг/кг та 18,640мг/кг відповідно) у весняний період. Найменший вміст нікелю – 0,02 мг/кг в літку та свинцю – 0 мг/кг на весні і восени, лише в літній період встановлено його вміст у досліджуваних органах рослини – 0,798 мг/кг (рис. 2. I.). Наявність Mn, Zn та Fe безпосередньо пояснюється їх значною роллю у метаболічних процесах, що відбуваються у клітинах та обміні речовин між тканинами. Рух даних металів та участь у окисно-відновних процесах давно доведена у багатьох роботах вітчизняними та зарубіжними вченими. Відсутність або незначна кількість Ni, Pl, що встановлена у листках рослини є нормою, оскільки дані метали є токсичними для рослин, і великий їх вміст може призвести до захворювань. Також доведено, що Ni, Pl поглинаються більшою мірою надземною частиною рослин, особливо листками, накопичуючись не на поверхні листкової пластини, а проникаючи у клітини. Тому дослідження вмісту ВМ, особливо токсичних, у навколишньому середовищі з використанням фітоіндикаторів доцільно проводити на асиміляційних органах рослини.

При дослідженні вмісту марганцю у листках псевдоакації, що зростає у СЗЗ промислових підприємств та поблизу основних автомагістралей міста, було встановлено, що найбільше даного металу накопичено восени (41,7 мг/кг), а найменше влітку (15,4 мг/кг) у транспортній зоні. Як помітно на рис. 2: II В, вміст марганцю у псевдоакації, що зростає в умовах міста, прямо пропорційний вмісту марганцю у псевдоакації, що зростає в умовно чистому середовищі. Таким чином, можемо стверджувати, що *Robinia pseudo acacia* L. є ефективним природним фільтром у міському середовищі щодо поглинання та накопичення марганцю, особливо поблизу автодоріг (де викиди даного металу здійснюються пересувними джерелами забруднення і контроль за якими важко відстежувати).

Подібна картина спостерігається і стосовно накопичення заліза та цинку. Слід відзначити активність накопичення даних металів в літній сезон поблизу промислових підприємств. В 10 разів більше поглинається Fe (20 мг/кг), та в 35 разів більше Zn (15,5 мг/кг) (рис. 2: II А, II Б). В усіх сезонах року спостерігається висока здатність до накопичення Fe та Zn листям *Robinia pseudo acacia* L., що зростає у СЗЗ промислових підприємств, і тим самим доводиться їх захисна функція в утриманні забруднюючих речовин та очищенні атмосферного повітря для сельбищних зон міста.

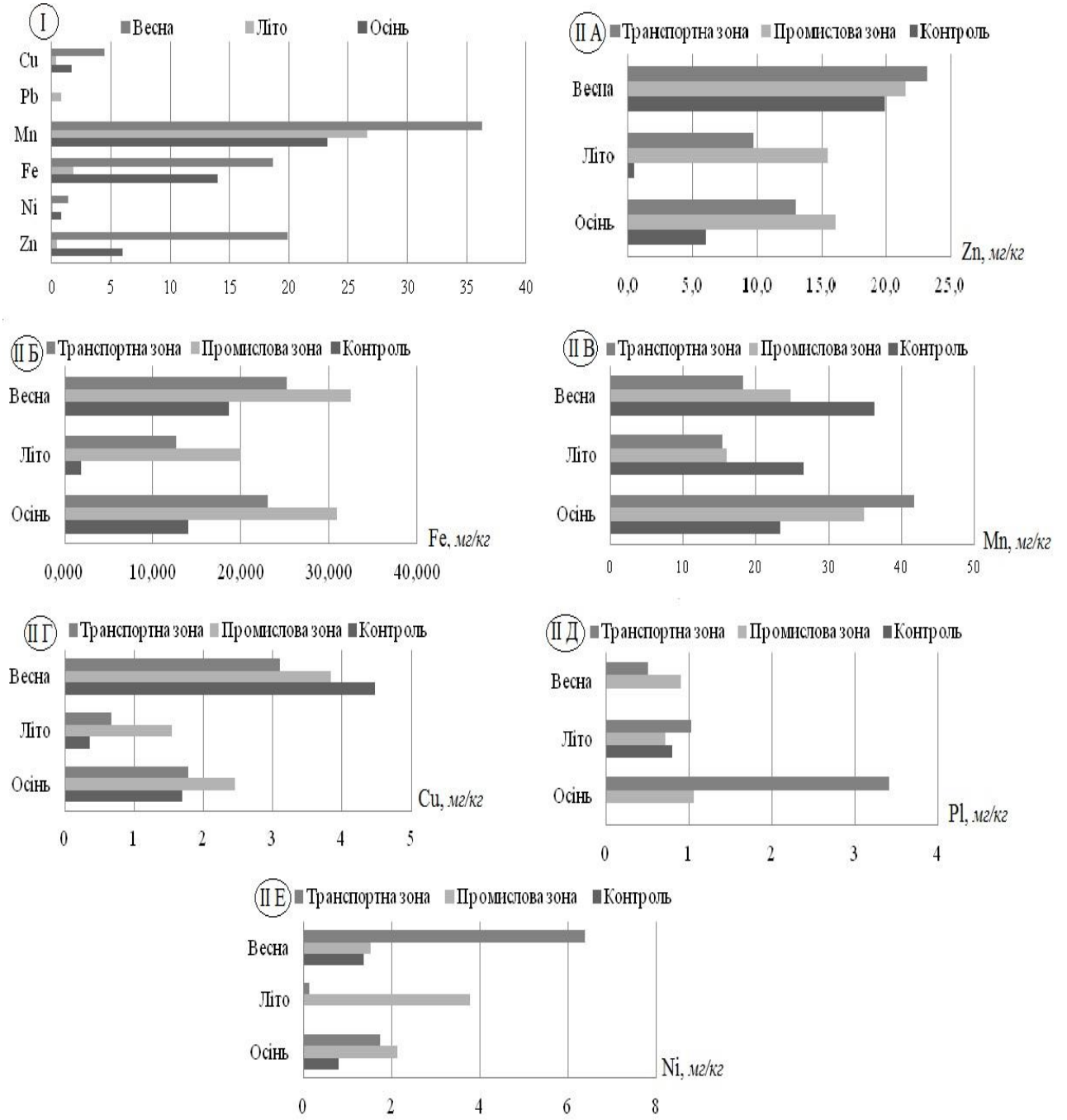

Рис. 2. I – Фонова динаміка вмісту важких металів у листках *Robinia pseudo acacia* L.; **II** – Вміст цинку (А), заліза (Б), марганцю (В), міді (Г), свинцю (Д) та нікелю (Е) (в мг/кг сухої речовини) в листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростають в природніх (контроль), промисловій та транспортній зонах м. Миколаєва, у весняний, літній та осінній періоди.

Що стосується вмісту міді у листках псевдоакації, значних змін не виявлено. Є певна динаміка у поглинанні металу поблизу підприємств в літній та осінній періоди року (рис.2: II Г). Хоча тенденція до накопичення цього металу у листях рослини прослідковується у літній та осінній періоди, все ж надмірна кількість його зафіксована навесні, що майже вдоє разів більше за попередні показники, особливо у контрольній зоні (весна – 4,5 мг/кг; літо – 0,4 мг/кг; осінь – 1,7 мг/кг); у транспортній та промисловій зонах ці показники навіть менші за фонові – на 1,4 та 0,7 мг/кг відповідно.

Особливу увагу викликають дані, що були отримані при аналізі вмісту токсичних металів (Pl, Ni) у листках *Robinia pseudo acacia* L. Виявилося, що за нормальних екологічних умов свинець присутній лише в літній період в дуже незначній кількості (0,8 мг/кг), а нікель на весні та восени (1,4 мг/кг та 0,8 мг/кг), що безпосередньо пояснюється фізіологічними процесами у рослинах. В цих процесах дані метали не приймають участі та вони не є необхідними як мікроелементи (рис. 2: I). Але якщо порівняти показники щодо вмісту Ni і Pb у листках того ж виду рослин, які зростають у міській агломерації, спостерігається значна динаміка їх накопичення (рис. 2: II Е). Листя псевдоакації здатне накопичити Pb у 3,5 рази більше, а Ni – у 6 разів більше за норму. Таким чином, можемо стверджувати, що *Robinia pseudo acacia* L. виступає дуже ефективним фітоіндикатором щодо накопичення токсичних речовин та ефективним фільтром при очищенні атмосферного повітря від забруднюючих речовин.

Висновки. Враховуючи, що джерелом викиду ВМ у атмосферне повітря є стаціонарні та пересувні джерела забруднення, їх накопичення та розсіювання у міській агломерації характеризується змінною динамікою, і не є сталим показником. Зі зміною рози вітрів та інших супутніх екологічних факторів важкі метали можуть переміщуватися із локальних зон забруднення (промислової та транспортної) до сельбищної та зеленої зон міста. Тому здатність та інтенсивність поглинання металів асиміляційними органами деревних рослин із повітря відіграють важливу роль у збереженні чистоти атмосферного повітря навколишнього середовища міста.

Отримані нами результати дозволили визначити особливості *Robinia pseudo acacia* L. у накопиченні важких металів у листках даного виду протягом вегетаційного періоду (весна-літо-осінь). Так, найбільша акумуляційна здатність до накопичення ВМ у промисловій зоні зафіксована наступним чином: Fe – протягом всього вегетаційного періоду, Cu, Ni та Zn – влітку та восени, Pb – навесні. У транспортній зоні: на весні – Zn, Ni; влітку – Pb; восени – Mn, Pb.

На основі проведених досліджень можна також розташувати в ряд за сезонами вміст ВМ у листках рослини (мг/кг сухої речовини): на весні Fe (32,5) > Zn (23,2) > Ni (6,4) > Pb (0,9); влітку Fe (20) > Zn (15,5) > Ni (3,8) > Cu (1,5) > Pb (1); восени Mn (41,7) > Fe (31) > Zn (16,1) > Pb (3,4) > Cu (2,5) > Ni (2,1). Отримані дані можуть бути використані при підборі рослин для санітарно-захисної зони та в ландшафтному озелененні промислових міст, оскільки доведена захисна здатність деревних насаджень на прикладі виду *Robinia pseudo acacia* L.

ЛІТЕРАТУРА

1. Давыдова О.А., Шарифзянов Р.Б., Климов Е.С. Содержание тяжелых металлов в древесных насаждениях в условиях промышленного города (на примере г. Ульяновска) // Современные наукоемкие технологии: Матер. научной междунар. конф. «Окружающая среда и развитие человека», Иркутск, 2010. № 7. С. 215–216.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989 г., 439 с.
3. Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В. и др. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука, 2000. 286 с.
4. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
5. Шарифзянов Р.Б. Факториальная зависимость содержания тяжелых металлов в древесных насаждениях на урбанизованной территории // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского «Общая биология», 2011, № 2(2), С. 161-164.
6. Шарифзянов Р.Б., Давыдова О.А., Климов Е.С. Влияние промышленных предприятий на накопление тяжелых металлов в древесных насаждениях // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. технические науки. 2009. № 3. С. 35–37.
7. Шарифзянов Р.Б., Давыдова О.А., Климов Е.С. Озеленение урбанизированных территорий в условиях загрязнения ионами тяжелых металлов // Матер. междун. научной конф. «Чтения памяти Э.Л. Вольфа», СПб., 2010. С. 233-234.

REFERENCES

1. Davydova, O.A., Sharifzyanov, R.B., Klimov, E.S. The content of heavy metals in wood plantations in industrial city (on an example 2. of Ulyanovsk) // Modern high technologies: Mater. Science Intern. Conf. "Environment and Human Development", Irkutsk, 2010. № 7. P. 215-216.
3. Kabat-Pendias, A., Pendias, H. Trace elements in soils and plants: Trans. from English. M .: Mir, 1989, 439 p.
4. Kolomyts, E.G., Rosenberg, G.S., Glebova, O. et al. The natural complex of the big city: Landscape and environmental analysis. M .: Nauka, 2000. 286 p.
5. Perelman, A.I. Geochemistry of natural waters. M .: Nauka, 1982. 154 p.
6. Sharifzyanov, R.B. Factorial dependence of heavy metals in wood plantations in the urbanized area // Bulletin of the Nizhny Novgorod University. Lobachevskii "General Biology", 2011, № 2 (2), pp 161-164.
7. Sharifzyanov, R.B., Davydova, O.A., Klimov, E.S. The impact of industrial enterprises on the accumulation of heavy metals in wood plantations // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Ser. Technical science. 2009. № 3. P. 35-37

Sharifzyanov, R.B., Davydova, O.A., Klimov, E.S. Greening of urban areas in terms of contamination with heavy metal ions // Mater. Internat. Conf. "Readings in memory of EL Wolf ", St. Petersburg., 2010, pp 233-234.

Dynamics of accumulation of heavy metals in wood species, industrial and transport areas of Mykolayiv

A.M. Kosmacheva, A.L. Tsykalo

Abstract. Is defined the seasonal dynamics of heavy metals (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) in the urban agglomeration of tree plantations on the example of Robinia pseudoacacia L. It was found maximum and minimum values of heavy metal accumulation in plants sanitary protection zone of industrial enterprises, as well as most congested road thoroughfares of the city. Also, carried out a comparative analysis of seasonally of the ability of this type of tree plantations to absorb and accumulate heavy metals. The main bodies of the study of plants had leaves that perform protective functions and are indicators of the environment. Investigations were carried out during the spring-summer and autumn 2014. Analyzed the dynamics of the content of each element in the Robinia pseudoacacia L. Are given recommendations on the use of this type of plants in the landscaping of the city.

Keywords: *seasonal dynamics, content of heavy metals, wood plantations, sanitary protection zone, industrial zone, transport zone*