Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 574.24*57.042

Аккумуляция тяжелых металлов листьями *Parthenocissus guinguefolia* L.

Марочкина Н.В.[1], Куринская Л.В., Иванисова Н.В.[2]

[1]Донской ГАУ

[2]РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация

Способность некоторых видов лиан быть биологически устойчивыми к ряду негативных факторов городских условий, таким как повышенная концентрация тяжелых металлов в почвах и окружающей среде, загазованность и недостаток площади питания и произрастания, делает их приоритетными в зеленом строительстве. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее распространённый вид для вертикального озеленения на востоке Ростовской области является Parthenocissus guinguefolia L. Характер аккумуляции тяжелых металлов листьями Parthenocissus guinguefolia L. зависит от концентрации ТМ в окружающей среде и степени антропогенной нагрузки. В городских условиях наибольшая концентрация свинца, цинка и меди в листьях зафиксирована в верхней части лиан. А кадмий аккумулируется в листьях нижней части при повышенных антропогенных нагрузках. На высоте от 60 см до 120 см на всех пробных площадях отмечается минимальная аккумуляция тяжелых металлов в листьях винограда девичьего пятилисточкового.

Ключевые слова: ВЕРТИКАЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ВИНОГРАД ДЕВИЧИЙ, ЛИАНЫ, СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ, ТОЛЕРАНТНОСТЬ

Введение

Урбанизированные территории представляют собой ландшафты, где интенсивно происходит замещение естественных биогеоценозов на урбоценозы, трансформируются энергетические и геохимические потоки, появляются новые техногенные элементы. Вследствие огромной концентрации техногенных нагрузок и увеличения скорости миграционных и сорбционных процессов в городских агломерациях и населенных пунктах отмечается превышение темпов адаптации к ним природной среды.

В.Н. Меженский [1] характеризует растения как организмы или их сообщества, способные ответить на биологическое действие комплекса патогенных факторов. Растения, считает он, можно использовать в биолого-технической системе контроля окружающей среды, где им отводится роль биоиндикаторов и биосорбентов.

Озеленение современных городов с учетом ухудшение экологической обстановки современного города привело к необходимости создания зеленых насаждений не произвольного видового состава, а обеспечивающих быстрый декоративный эффект в сочетании с высокой биологической устойчивостью растений к неблагоприятным условиям среды, долговечностью и толерантностью к изменениям [2].

Растения могут накапливать тяжелые металлы в тканях или на их поверхности. Растворимые соединения металлов в большей или меньшей степени проникают в лист, передвигаются в нем и могут транспортироваться в вышерасположенные органы и корни [3]. Часть тяжелых металлов, механически загрязняющих поверхность листа, может удаляться с осадками. Растения могут выступать не только пассивными рецепторами, поглощая корнями или захватывая пыль, они способны контролировать поступление и удаление некоторых элементов посредством физиологических реакций [4, 5].

Микроэлементы если концентрации их доступных форм превышают определенные пределы могут оказывать отрицательное влияние на растения. Токсическое воздействие тяжелых металлов на древесно-кустарниковые и травянистые растения рассмотрено в работах Ю.В Алексеева [6], В.Б Ильина [3], Н.В. Прохоровой и др. [7].

Механизмы сопротивляемости и толерантности растений действию тяжелых металлов исследовались многими учеными. Среди растений наблюдалась как высокоспецифичная, так и групповая пластичность к металлам [8-10].

Биогеохимическая роль древесных и кустарниковых растений исследуется на протяжении последних лет. В меньшей степени внимание уделялось средозащитной роли лиан в процессе поглощения и накопления тяжелых металлов.

Ранее уже было установлено, что применение вертикального озеленения в урболандшафтах оказывают положительное влияние на микроклиматические показатели прилегающих территорий. Наиболее эффективными видами, являются девичий виноград пятилисточковый, кампсис и хмель. Они приближают микроклиматические условия к зоне комфорта в среднем на 10–30 % [11].

Необходимо также отметить, что лианы не только поглощают металлы техногенного происхождения, но также способны депонировать значительные количества металлов в фитомассе и тем самым временно выводить металлы из круговорота веществ в окружающей среде.

Выделение видов лиан, способных депонировать тяжелые металлы из окружающей среды в условиях интеграции урболандшафтов, является приоритетной задачей современного озеленения городов и научных исследований.

Объекты и методы исследования

В 2018-2022 году в восточной части Ростовской области в трех населенных пунктах на 50 пробных площадях (город Волгодонск ПП № 1 - 20, поселок городского типа Большая Мартыновка ПП № 21 - 35, поселок Южный ПП № 36 - 50) обследованы элементы вертикального озеленения, в результате проведённой работы был установлен наиболее распространённый вид - *Parthenocissus guinguefolia L.*, он отмечен на 28 объектах из 50 рассмотренных (12 раз отмечен на территории города Волгодонска, 9 раз в поселке городского типа Большая Мартыновка и 7 раз в поселке Южный).

Исследование по определению способностей листовых пластин лиан к осаждению тяжелых металлов в дальнейшем проводилось на объектах, где произрастал виноград девичий пятилисточковый. Отбор проб листвы проводился в сухую безветренную погоду, предварительно перед этим не было осадков минимум 10 дней. Листья отбирались на 12 пробных площадках в поселке Южном (ПП 1–4), поселке городского типа Большая Мартыновка (ПП 5–8) и в городе Волгодонске (ПП 9 - 12) (рис. 1). С учетом неравномерности осаждения тяжелых металлов листья отбиралась в верхней, средней и нижней частях лианы. Пробы листьев с каждой ПП весом не менее 500 гр. в дальнейшем была доставлены ФГБУ ГЦ Агрохимической службы «Ростовский» для определения массовой доли тяжелых металлов в соответствии с ГОСТом 30692–2000.

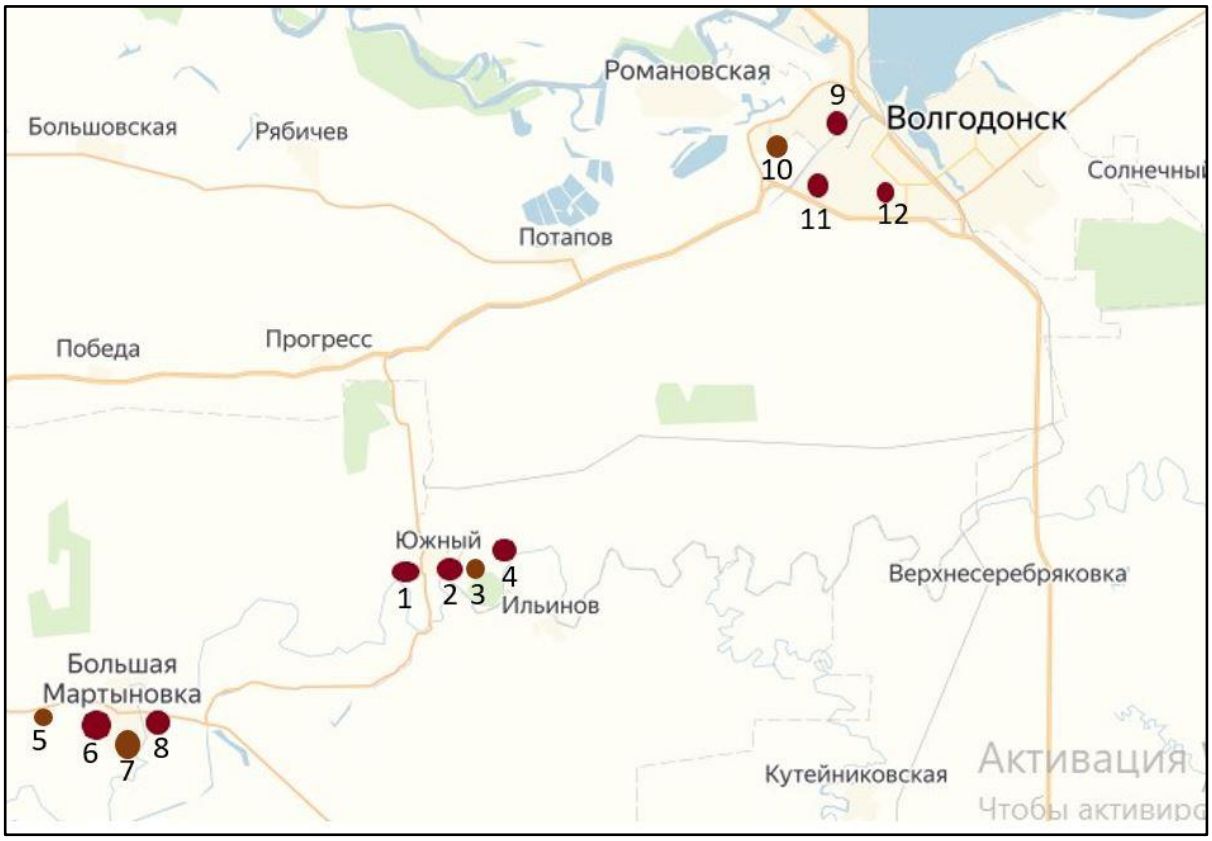

Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадей

Результаты и их обсуждение

Наиболее приоритетными загрязнителями урболандшафтов Ростовской области является свинец, медь, цинк и кадмий [12].

Избыток свинца в растениях, связанный с высокой его концентрацией в почве и окружающей среде, ингибирует дыхание и подавляет процесс фотосинтеза, иногда приводит к увеличению содержания кадмия и снижению поступления цинка, кальция, фосфора, серы. Вследствие этого проявляются внешние симптомы негативного действия свинца – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва [13]. Среднее содержание свинца в растениях варьируется от 0,5 до 3 мг/кг, однако в растениях, растущих на почвах, загрязненных большими количествами свинца, происходит его накопление. Концентрация свинца выше 10 мг/кг сухого вещества является токсичной для большинства культурных растений [10].

По результатам проведенных исследований, наибольшая концентрация Pb отмечается на пробных площадях в поселке городского типа Большая Мартыновка в

верхней части лианы (1,87 мг/кг), наименьшая (0,41 мг/кг) в средней части лиан на расстоянии от 60 до 120 см от поверхности почвы (рис. 2).

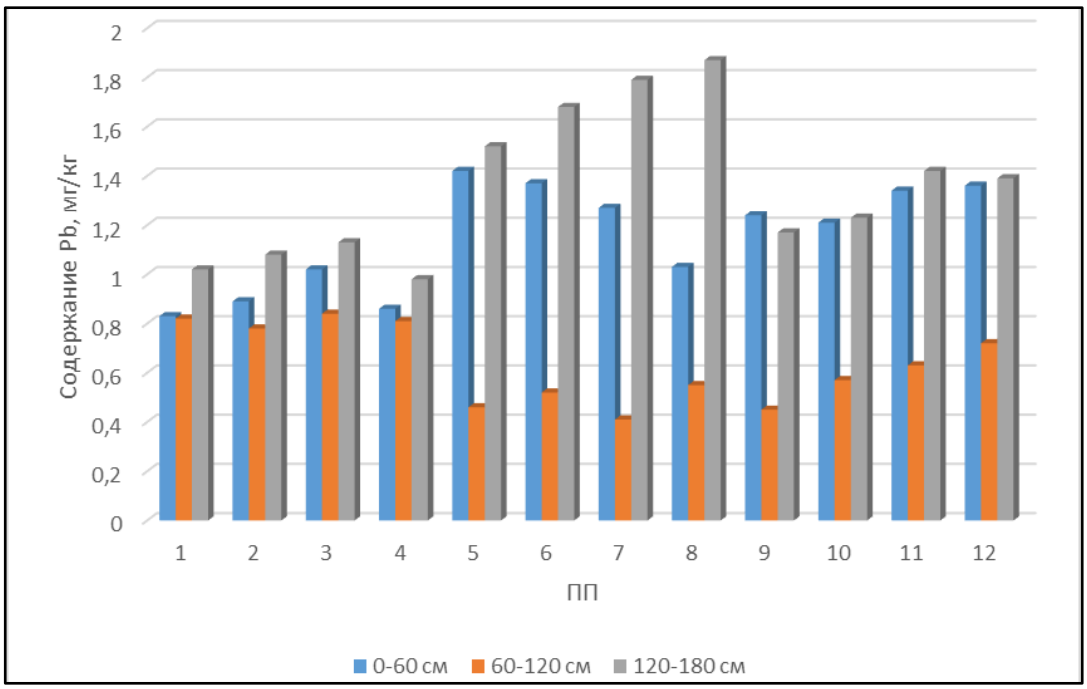

Рис. 2. Содержание свинца, удержанного листовыми пластинами *Parthenocissus guinguefolia L.*

Примечание: ПП №1–4 - п. Южный, ПП №5–8 - поселок городского типа Большая Мартыновка, ПП 9–12 город Волгодонск.

В условиях города Волгодонска наибольший депонирующий эффект листьев *Parthenocissus guinguefolia L.* по свинцу отмечается в нижних и верхних частях лианы. Здесь отмечается два пути поступления Pb из почвы и атмосферы. Городские условия, с преобладающей площадью асфальтового покрытия и возрастающим числом автотранспорта, способствуют накоплению свинца в верхних слоях почв и наземной фитомассе. Максимальное содержание свинца, зафиксированное листьями винограда девичьего, составило 1,42 мг/кг, а минимальное 0,45 мг/кг.

Лианы, произрастающие в поселке Южном наибольшую часть свинца, аккумулируют в верхней части (1,13 мг/кг), наименьшую в средней части (0,78 мг/кг).

Превышения условно принятых токсичных для растений концентраций Pb (более 10 мг/кг) на пробных площадях не установлено. Наибольшая аккумуляционной способность по свинцу отмечается листовыми пластинами в верхней части лиан.

Токсическое действие меди на растение в значительной степени зависит от адсорбционной способности и реакции почв. Обычное содержание меди в почве 1–20 мг/кг.

Содержание меди в растении зависит от ее концентрации в почве, фазы вегетации и вида растений. При концентрации в почвенном растворе более 0,1 мг/кг Cu она становится токсичной для большинства растений. Содержание 20 мг/кг Cu в растении является вредным для него. При повышенной концентрации меди в растениях (20 мг/кг) снижается интенсивность дыхания, образования хлорофилла и активность некоторых ферментов.

Максимальная концентрация меди (7,9 мг/кг) зафиксирована в листьях верхней части лиан на пробных площадях, расположенных в поселке городского типа Большая Мартыновка.

На пробных площадях в городе Волгодонске отмечается аккумуляция меди листовыми пластинами, расположенными в нижней части лиан. Здесь можно говорить, что медь или же поступает из почвы, или же осаждается и перемещается в приземном слое вместе с пылевыми частицами.

На территории с наименьшей антропогенной нагрузкой п. Южный сорбционная способность листьев *Parthenocissus guinguefolia L.* практически равномерно распределяется по всей высоте лиан.

Содержание меди (20 мг/кг), которое могло бы привести к угнетению растений на пробных площадях не установлено.

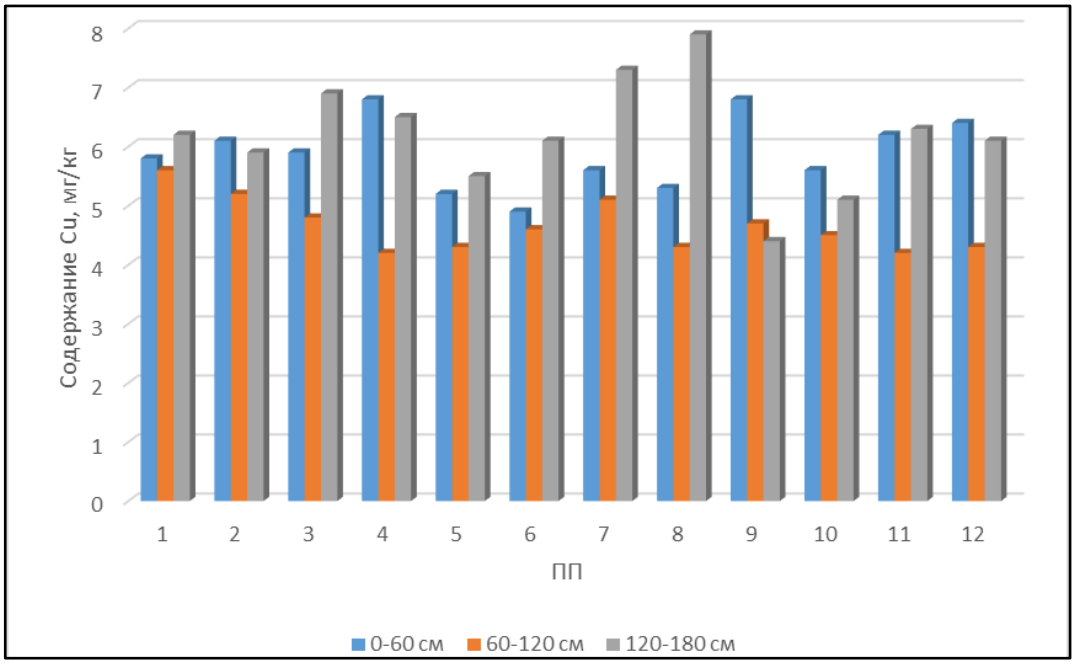

Рис. 3. Содержание Cu, удержанной листовыми пластинами *Parthenocissus guinguefolia L.*
Примечание: ПП №1–4 - п. Южный, ПП №5–8 - поселок городского типа Большая Мартыновка, ПП 9–12 город Волгодонск.

Предельно допустимые концентрации Zn рекомендованы в пределах от 15,0 до 300,0 мг/кг сухого вещества [3, 7]. Фитотоксичной считают концентрацию Zn более 400,0 мг/кг. Цинк из почвы легко поглощается растениями, накапливается в основном в зеленых частях. Визуально токсичное действие цинка на растениях не проявляется, наблюдается лишь уменьшение скорости физиологических процессов.

Наибольшая концентрация цинка отмечается в листьях в верхней части лиан (41,3 мг/кг – «Большая Мартыновка», 28,4 мг/кг – п. Южный, 25,1 мг/кг - Волгодонск).

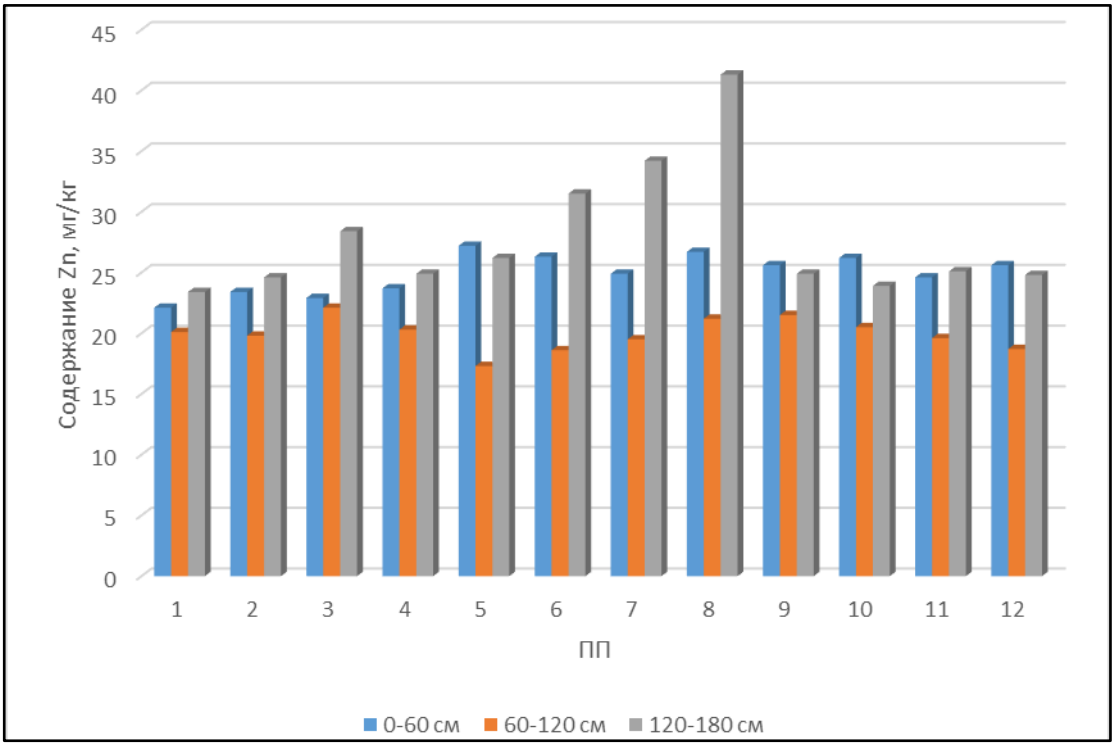

Рис. 4. Содержание цинка, удержанного листовыми пластинами *Parthenocissus guinguefolia L.*

Примечание: ПП №1–4 - п. Южный, ПП №5–8 - поселок городского типа Большая Мартыновка, ПП 9–12 город Волгодонск.

На высоте до 60 см от поверхности земли у лиан винограда девичьего пятилисточкового концентрация цинка листовыми пластинами зафиксирована в пределах от 22,1 мг/кг до 27,2 мг/кг.

Наименьшая концентрация цинка зафиксирована в средней части лиан. Листья на высоте от 60 см до 120 см аккумулируют наименьшие количество цинка на всех пробных площадях. Концентраций Zn которые могли бы привести к угнетению растений не установлено.

В природных условиях в почве содержание кадмия менее 1 мг/кг. Кадмий более токсичен для растений, чем цинк [3]. Избыток кадмия в почве ингибирует микробиологические процессы. Ионы кадмия в концентрации 12 мг/кг нарушают фиксацию атмосферного азота, а также процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации [3, 7].

Токсичных концентраций кадмия в растительных образцах на пробных площадях в восточной части Ростовской области не зафиксировано.

Максимальная концентрация кадмия составила 0,041 мг/кг. Преимущественно кадмий аккумулировался нижними частями лианы винограда девичьего пятилисточкового в Волгодонске и Большой Мартыновке.

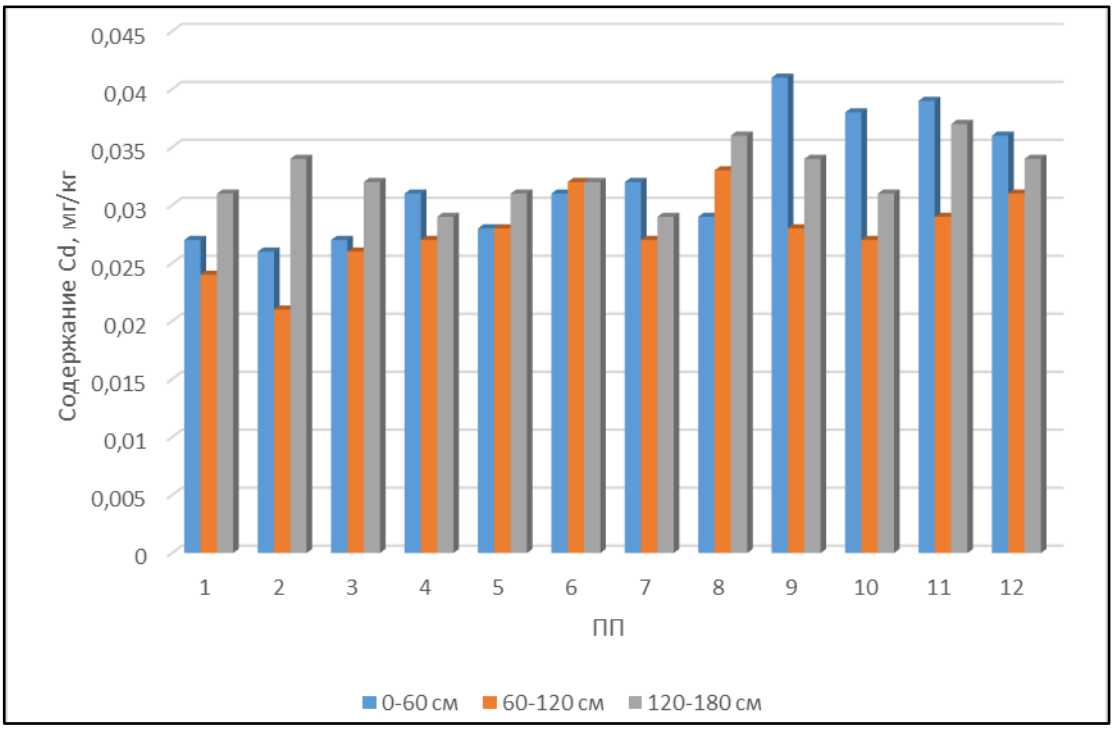

Рис.5. Содержание кадмия, удержанного листовыми пластинами *Parthenocissus guinguefolia L.*

Примечание: ПП №1–4 - п. Южный, ПП №5–8 - поселок городского типа Большая Мартыновка, ПП 9–12 город Волгодонск.

В условиях небольшой антропогенной нагрузки (ПП № 1–4 п. Южный) кадмий распределяется от верхних листьев лиан к нижним равномерно.

Выводы:

1. Характер аккумуляции тяжелых металлов листьями *Parthenocissus guinguefolia L.* зависит от химических особенностей ТМ и степени антропогенной нагрузки. В городских условиях наибольшая концентрация свинца, цинка и меди приходится на верхние части лиан. Кадмий аккумулируется нижними частями лиан.

2. Листья винограда девичьего пятилисточкового на высоте от 60 см до 120 см в наименьшей степени аккумулируют тяжелые металлы. Следовательно, можно рекомендовать проводить обрезку верхних частей лиан, для удаления фитомассы содержащей повышенные концентрации свинца, меди и цинка.

3.Токсичных концентраций свинца, меди, цинка и кадмия в растительных образцах на пробных площадях в восточной части Ростовской области не зафиксировано.

Список использованных источников:

1. Меженский В.Н. Растения-индикаторы. – М.: ООО «Издательство АСТ», Донецк: «Сталкер», 2004 – 76 с.

2. Бельчинская Д.И. Биоиндикация промышленных токсикантов древесными растениями. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2000. – 93с.

3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.

4. Тойкка М.А., Петахина Л.Н. Содержание металлов в почвах и растительном покрове г. Петрозаводска // Тяжелые металлы в окружающей среде. - М.: МГУ, 1980. – С. 51-54.

5. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1984. – 172 с.

6. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях - Л.: Агро-промиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 142 с.

7. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1998. – 131 с.

8. Kopinga J. Research on street tree landing practices in the Netherlands // METRIA: 5, Proc. 5 th Conf. Metro. Tree Improve. Alliance Pennsylvania State Univ. Park PA. 1985, pp. 72-85.

9. Cox R.M., Hutchison T.C., Multiple metal tolerance in the grass Deschapsia cespitora L. Beauv. Form the Sudbury Smelting area, New Phytol., 1980, P. 84.

10. Peterson P.J. Unusual accumulations of elements by plants and animals, Sci. Prog., 1971. P. 59.

11. Калмыкова А.Л. Средозащитные качества лиан в условиях селитебной застройки Среднего и Нижнего Поволжья / Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской и учебно-методической работы за 2007 год. — Саратов: СГАУ, 2008. — С. 134–135.

12. Ivanisova N.V., Davydenko N.M., Kurinskaya L.V., Kolesnikov S.I. The protective effect of plantations on soil of roadsive landscapes / в сборнике: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018 CONFERENCE PROCEEDINGS. 2018. P. 635-642.

13. Куринская Л.В. Оценка устойчивости газонных трав к загрязнению свинцом почв придорожных полос (на примере г. Новочеркасска): диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону, 2011.

==========

Цитирование:

Марочкина Н.В, Куринская Л.В., Иванисова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов листьями *Parthenocissus guinguefolia* L. [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_303.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202133303.