

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

УДК 504.5:631.4

**Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*,
Tilia Cordata L., *Populus Pyramidalis* в городских парках г. Ельца,
г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области**

Дубровина О.А.¹, Зубкова Т.В.¹, Масина Т.А.¹, Виноградов Д.В.^{2,3}, Гогмачадзе Г.Д.⁴

¹Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

*³Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева*

⁴АгроЭкоИнфо

Аннотация

*В статье рассматривается накопление градиента загрязнения ТМ (свинца и кадмия) в вегетативных органах березы повислой (*Betula pendula*), липы мелколистной (*Tilia cordata*) и тополя пирамидального (*Opulus pyramidalis*), произрастающих на территориях городских парков в малых городах Липецкой области (г. Елец, г. Задонск, г. Лебедянь). В результате проведенных исследований, присутствие Pb и Cd выявлено во всех изучаемых видах, на всех изучаемых площадках. Накопление металлов происходит в течение всего периода вегетации, наибольшее их количество у изучаемых видов отмечено в побегах. Накопление Cd в листьях липы и березы с июня по июль увеличивается незначительно, а с июля по август возрастает в 1,5–2 раза, в листьях тополя – равномерное, с максимумом в августе.*

Ключевые слова: ГОРОДСКОЙ ПАРК, СВИНЕЦ, КАДМИЙ, ЛИСТЬЯ, ПОБЕГИ, БЕРЕЗА ПОВИСЛАЯ (*BETULA PENDULA*), ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ (*TILIA CORDATA*), ТОПОЛЬ ПИРАМИДАЛЬНЫЙ (*OPULUS PYRAMIDALIS*)

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

Введение

Рекреационные зоны в городских районах положительно меняют качество жизни людей, поскольку способствуют улучшению благосостояния человека, как с физической, так и с психологической точки зрения [1]. Основной рекреационной территорией расположенной в черте города считается городской парк [2, 3]. Деревья, произрастающие в городских парках, выступают в роли природных фильтров, очищая воздух от вредных веществ, поступающих от транспортных средств и промышленности путем механического осаждения твердых частиц и частичного их поглощения [4-9].

Средоулучшающий потенциал в городах Липецкой области принадлежит наиболее распространенным для региона древесным насаждениям, среди них несомненный интерес представляет тополь пирамидальный, береза повислая, липа мелколистная. Так же хороший средоулучшающий потенциал в городской среде несут кустарники, виды газонных трав и даже некоторые сельскохозяйственные культуры [10-16].

Охрана земель и их рациональное использование осуществляются на основе комплексного подхода к угольям, как к сложным природным образованиям (экосистемам), с учетом их зональных и региональных особенностей [17-19].

Система рационального использования земель должна носить природоохранный, ресурсосберегающий характер и предусматривать сохранение почв, ограничение воздействий на растительный и животный мир, геологические породы и другие компоненты окружающей среды.

Большое значение для понимания процессов загрязнения почв, особенно в результате атмосферного переноса, имеет анализ поступления загрязняющих веществ на поверхность земли. Для этой цели ведется контроль загрязнения атмосферными осадками. В условиях нашей страны важно следить за загрязнением снежного покрова, так как с таянием снегов загрязняющие вещества поступают на поверхность ландшафта [20-22].

Одна из самых серьезных экологических проблем, с которыми сталкивается человечество в настоящее время - загрязнение тяжелыми металлами. Наибольший вред экологии приносят свинец и кадмий - металлы, не входящие в число физиологически необходимых элементов для растений.

Цель работы – выявление особенности аккумуляции ТМ (свинец, кадмий) в вегетативных органах березы повислой (*Betula pendula*), липы мелколистной (*Tilia*

cordata), тополя пирамидального (*Populus pyramidalis*) в городских парках малых городов Липецкой области.

Объект исследования

Береза повислая (*Betula pendula* Roth) – одна из основных древесных пород, формирующая лесные массивы средней полосы России. Благодаря своей декоративности дерево широко используется в озеленении городских пространств, при оформлении городских парков и скверов.

В условиях городского техногенного загрязнения *Betula pendula* является выносливым видом и является эффективным средством очистки атмосферы от вредных веществ [23].

Пирамидальный тополь (*Populus pyramidalis*) – относится к семейству ивовые (*Salicaceae*). Широко распространенный вид в средней полосе России. Растение высокодекоративное, представляет мощное листопадное дерево высотой до 30 м и диаметром колонновидной кроны 4-5 м. Применяется в ландшафтном дизайне для одиночных или групповых посадок в парках, скверах, садах. Для озеленения улиц рекомендуется высаживать мужские экземпляры, так как они не образуют тополиного пуха [24]. Пирамидальный тополь обладает высокой устойчивостью к NO₂, засолённости почвы и другим антропогенным факторам.

Липа мелколистная (*Tilia cordata*)

Липа мелколистная принадлежит к семейству липовых (*Tiliaceae*), широко распространенная древесная порода средней полосы России. К условиям произрастания не требовательна, теневынослива, является эффективным средством очистки атмосферы от газо-пылевого загрязнения.

Расположение и характеристика пробных площадей.

Закладка пробных площадей проводилась согласно стандартным и имеющим длительное практическое применение методикам [25].

На территории исследования были заложены пробные площади:

ПП № 1 - Городской парк город Елец;

ПП № 2 (контроль) - Городской парк город Задонск;

ПП 3 - №3 Городской парк город Лебедянь.

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

За контроль был принят городской парк г. Задонска, имеющий наименьший показатель атмосферного загрязнения.

Пробная площадка №1 - Городской парк города Ельца расположена в центре исторической части города Ельца, на равнинном рельефе, окружена в основном по периметру одноэтажной жилой застройкой. На улицах по периметру парка движение автотранспорта не интенсивное, имеется ряд ограничений для проезда транспорта. Территория парка имеет несимметричную прямоугольную форму. Загрязнение атмосферного воздуха в г. Елец определяется выбросами от 10 промышленных предприятий и автотранспорта. По сведениям Управления экологии и природных ресурсов Липецкой области на 01.01.2024 в атмосферу города выброшено около 6217 т загрязняющих веществ за 2023 год [26].

Пробная площадка №2 - Городской парк город Задонск является культурным центром города. Через город Задонск проходит крупнейшая автомагистраль «Дон» соединяющая центр страны с южными регионами. Трасса проходит вдоль городского парка, но имеет низкую загруженность транспортом в связи с постройкой нового объездного участка дороги. За 2023 и 2024 годы в атмосферу города выброшено около 957 т загрязняющих веществ [27]. Сам парк представляет собой зону отдыха с центральной аллеей, плиточными дорожками.

Пробная площадка №3 - Городской парк город Лебедянь. Парк основан в 1954 году. На данный момент реконструкция парка не проводилась. Основные источники выбросов в атмосферу - автотранспорт и 12 крупных промышленных предприятий. За 2023 год в атмосферу города выброшено около 3467 т загрязняющих веществ [28].

Методика исследования

Химический анализ на определение свинца и кадмия проводили в научно-исследовательской лаборатории Агропромышленного института ЕГУ им. Бунина (г.Елец), атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Спектр-5» (ОАО Союзцветметавтоматика»). Повторность опыта трехкратная.

Минерализацию растительных проб проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. Подвижные формы ТМ экстрагировали с помощью кислот (1М HNO₃). Определение ТМ в растительных образцах проводились методом атомно-абсорбционной

спектрометрии на спектрофотометре «Спектр-5», в пламени пропан – воздух [29]. Обработка полученных данных проводилась методами статистического анализа. Использовали программное обеспечение Statistika 7.0, Excel, Past 1.52.

Результаты исследования и их обсуждение

Pb – выявлен во всех изучаемых видах (*Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Populus pyramidalis*), на всех изучаемых площадках.

На ПП№1 с мая по август уровень концентрации содержания свинца в листьях березы варьировалась от 1,038 до 1,425 мг/кг. В побегах ТМ накапливались в более высокой степени и составили 1,047-1,325-1,66 мг/кг соответственно по месяцам исследования (рис. 1)

На ПП№2 в листьях березы выявлено в 2 раза меньше изучаемого элемента, чем на ПП№1. Концентрация изменялась от 0,638 до 0,788 мг/кг сухого вещества. Аккумуляция свинца в побегах была несколько ниже только в июне, далее он тоже увеличился и на конец августа составил 1,363 мг/кг сухого вещества.

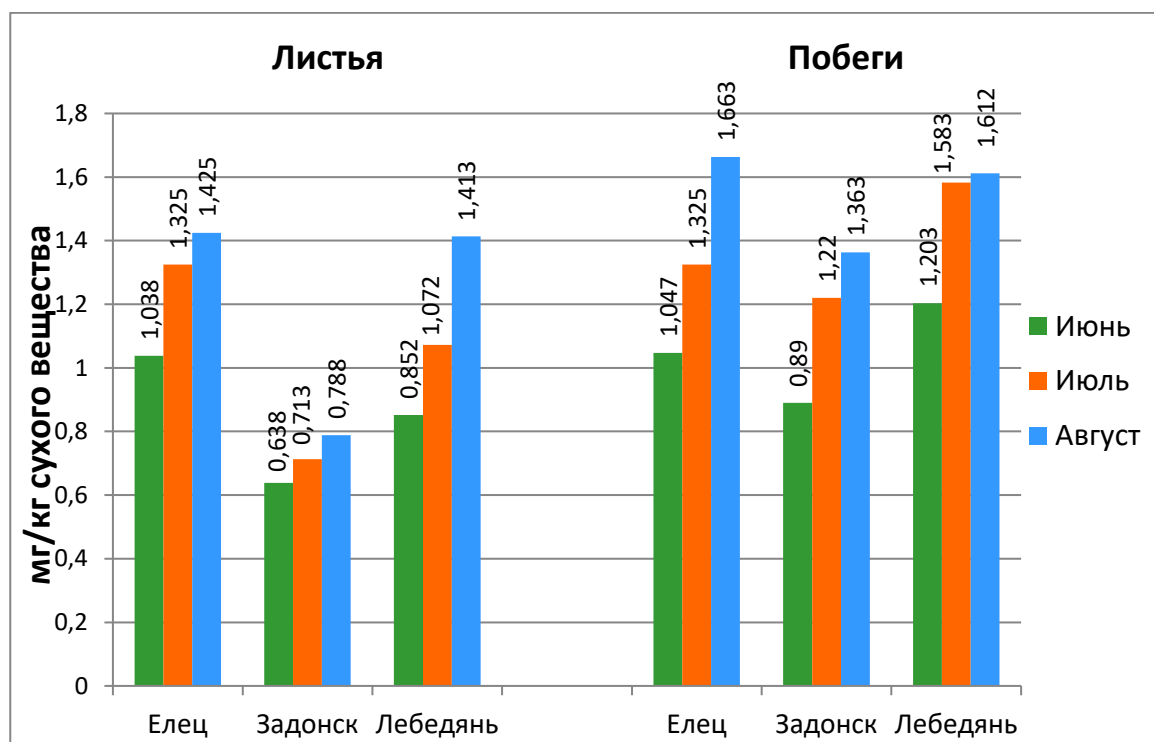


Рис. 1. Аккумуляция свинца в вегетативных органах *Betula pendula*

В зоне ПП№3 накопление свинца в листьях березы имеет следующие цифровые значения: 0,852 мкг/кг – в июне; 1,072 – в июле и 1,413 мг/кг – в августе. В побегах ежемесячно зафиксировано - 1,203; 1,583; 1,612 мг/кг, что указывает на более высокий уровень свинца в середине периода относительно ПП№1 и ПП№2.

На площадке №1 в листьях и побегах липы мелколистной наблюдалось присутствие минимального значения в июне 0,975мг/кг – 1,044 мг/кг соответственно. В течение вегетации шло постепенное накопление элемента, которое к концу июля увеличилось до 1,078 мг/кг в листьях и 1,158 мг/кг в побегах, на конец августа значения достигли 1,166 и 1,662 мг/кг соответственно.

Липа мелколистная на площадке №2 располагалась в глубине парка, что позволило ей минимально концентрировать металл в своих вегетативных органах, его концентрация в листьях в течение сезона изменялась от 0,487-0,713 мг/кг сухого вещества, в побегах 0,638-0,777 мг/кг сухого вещества.

На площадке №3 в июне концентрация достигала 1,088 мг/кг, к концу июля показания увеличились до 1,280 мг/кг и к концу августа достигли 1,312 мг/кг сухого вещества. В побегах зафиксированы значения несколько выше, чем на ПП№1 и ПП№2: от 1,650 мг/кг в июне до 1,710 мг/кг в августе, при этом значения мало изменялись в течение вегетации.

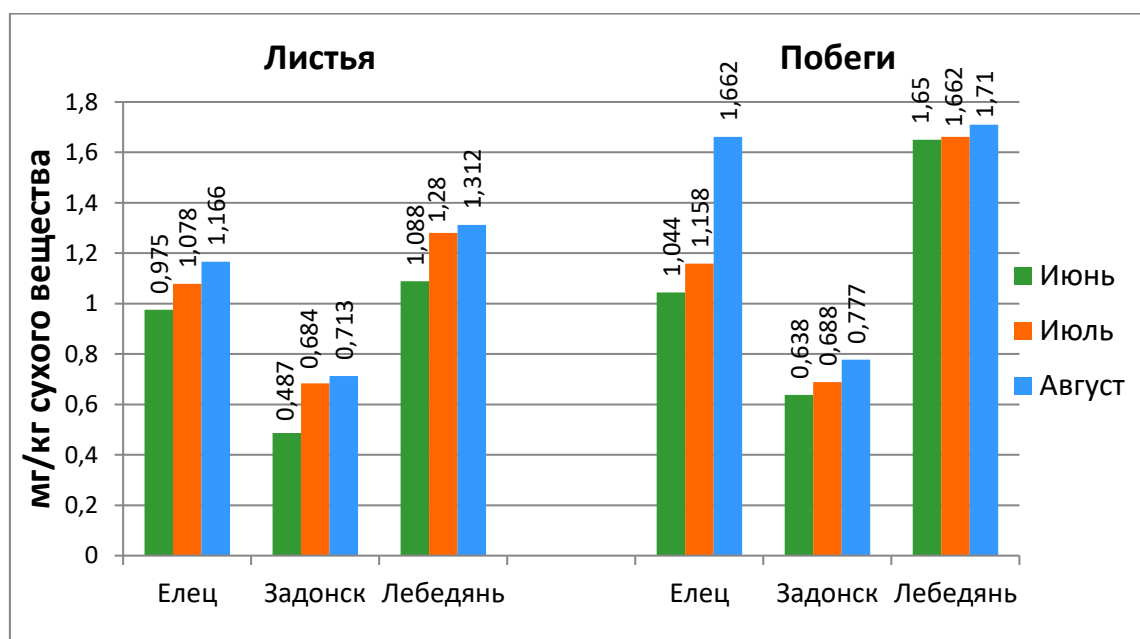


Рис. 2. Аккумуляция свинца в вегетативных органах *Tilia cordata*

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus*
Pyramidalis в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»

В листьях тополя содержание свинца городском парке г. Ельца, было несколько ниже, чем у березы и липы и составило от 0,838–0,888 мг/кг. При этом в побегах Рb накапливался в таких же пределах, что и у изучаемых древесных пород, в частности в июне - 1,058 мг/кг, в июле - 1,510 мг/кг, августе - 1,694 мг/кг сухого вещества.

Минимальный показатель содержания свинца у тополя пирамидального на ПП№2 пришелся на июнь – 0,739 мкг/кг в листьях и 0,856 мг/кг в побегах, максимальный - на август – 0,975 мкг/кг и 1,556 мг/кг сухого вещества в побегах.

Аналитические исследования позволили выявить, что свинец в тополе пирамидальном на ПП№3 аккумулируется в пределах 0,806-0,865-0,975 мг/кг сухого вещества в листьях соответственно по месяцам вегетации и 1,053-1,450-1,613 мг/кг в побегах.

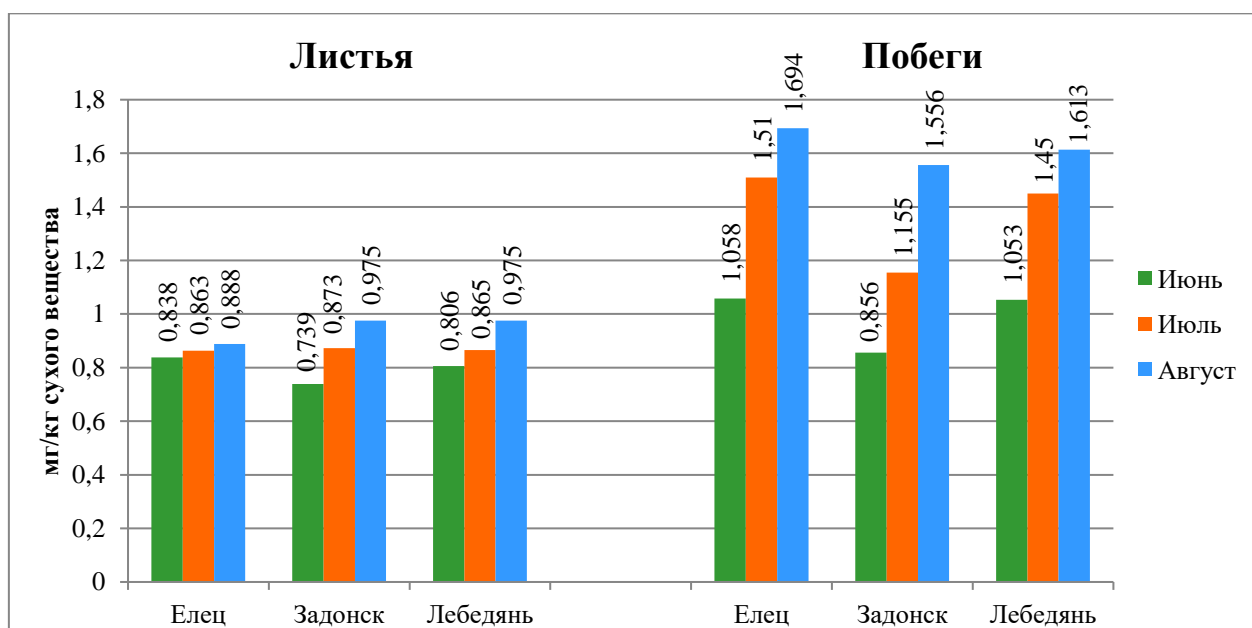


Рис. 3 Аккумуляция свинца в вегетативных органах *Populus pyramidalis*

Исследования показали, что в городском парке г. Ельца (ПП№1г.) кадмий аккумулируется в побегах березы и достигает к концу августа 0,233 мг/кг. Среднее значение в листьях за месяцы июнь и июль было одинаковым и составило 0,075 мг/кг сухого вещества, но к концу вегетации эти значения удвоились и составили 0,137 мг/кг (рис. 4).

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
 Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»

На ПП№2 отмечены более низкие значения накопления поллютанта, чем на ПП№1, в частности, в листьях элемент увеличивался на $0,10 \pm 0,01$ мг/кг и составил 0,063 мг/кг - 0,073 мг/кг - 0,08 мг/кг за июнь, июль и август. В побегах на конец вегетации Cd выявлено $0,121 \pm 0,01$ мг/кг. Достоверной разницы накопления Cd в побегах березы и липы не выявлено.

На площадке №3 в листьях *Betula pendula* в июне аккумуляция металла была идентична с ПП№1 0,075 мг/кг Cd, к концу июля показания увеличились до 0,081 мг/кг и к концу августа увеличились до 0,119 мг/кг сухого вещества. В побегах зафиксированы значения идентичные с ПП№1 от 0,210 мг/кг в июне до 0,219 в августе, при этом значения мало изменялись в течение вегетации.

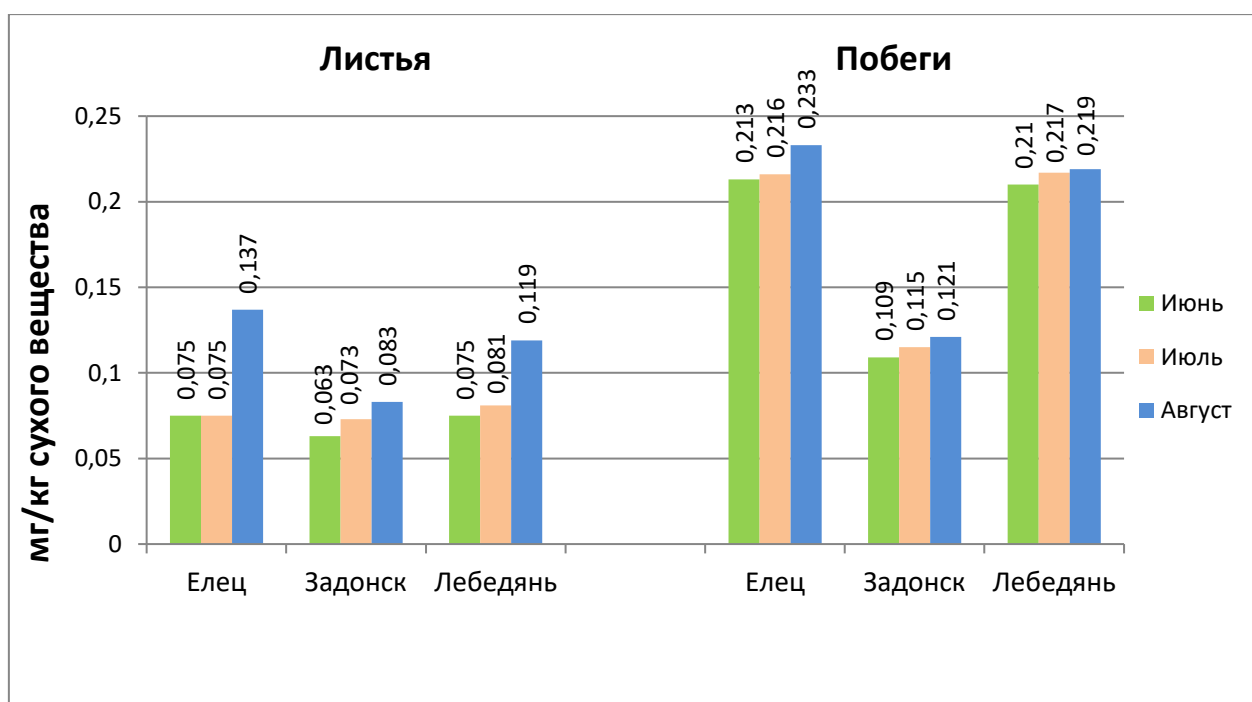


Рис. 4. Аккумуляция кадмия в вегетативных органах *Betula pendula*

У липы мелколистной на ПП№1 содержание кадмия в побегах в среднем за три месяца исследования составила 0,224 мг/кг. В листьях наблюдались незначительные изменения накопления металла в июне - 0,100 мг/кг и июле - 0,108 мг/кг и резкое увеличение до 175 мг/кг в августе (рис. 5).

На ПП№2 отмечены более низкие значения накопления поллютанта, чем на ПП№1, как в листьях исследуемых пород деревьев, так и в побегах. В частности, в листьях липы среднее содержание за исследуемый период составило - 0,09 мг/кг, - 0,103 мг/кг - 0,111 мг/кг, в побегах на конец вегетации Cd выявлено $0,119 \pm 0,01$ мг/кг. Достоверной разницы накопления Cd в побегах березы и липы не выявлено.

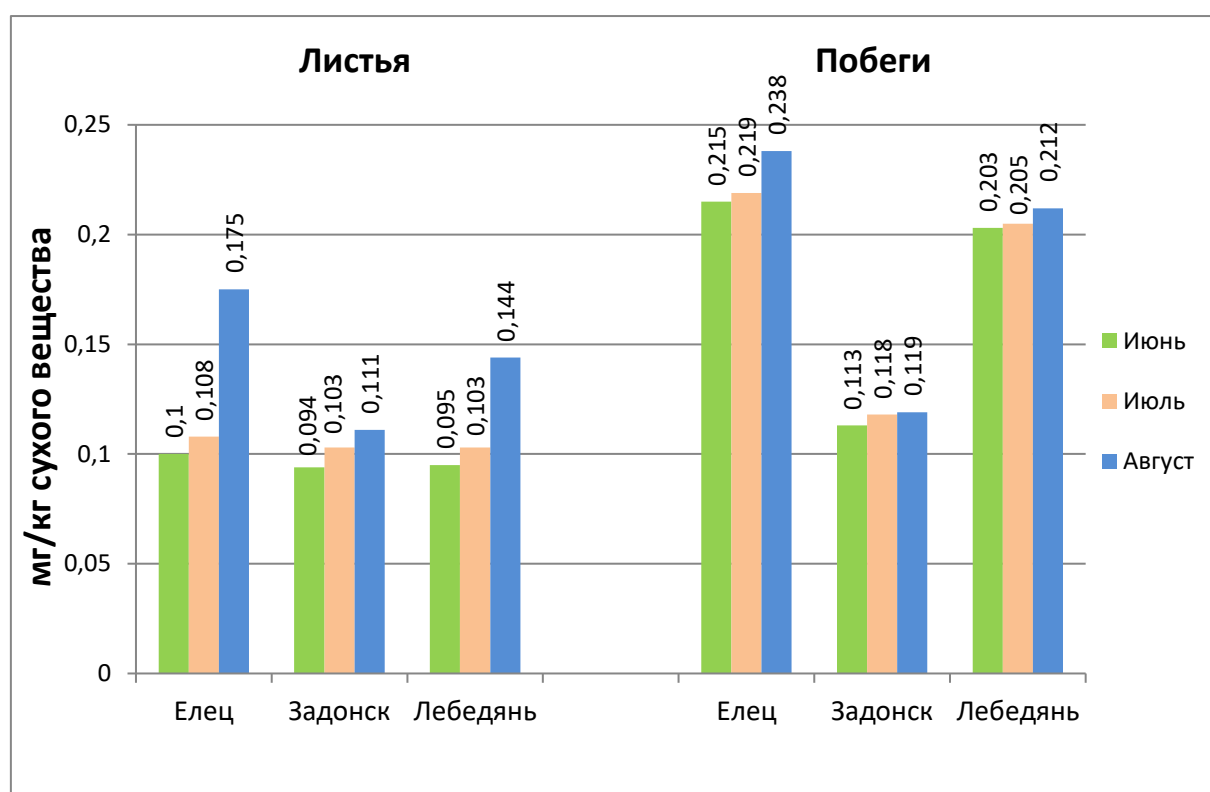


Рис. 5. Аккумуляция кадмия в вегетативных органах *Tilia cordata*

В ходе исследования ПП№3 (парк г. Лебедяни) содержание кадмия в листьях липы соответствовало значениям: 0,095 мг/кг в июне, 0,103 мг/кг в июле и в августе 0,144 мг/кг сухого вещества. В побегах депонировалось вдвое большее количество металла, чем в листьях *Tilia cordata*: 0,203; 0,205; 0,212 мг/кг сухого вещества, соответственно.

В листьях тополя пирамидального, концентрация Cd на ПП №3 увеличивалась с каждым месяцем от 0,069 мг/кг - 0,087 мг/кг в июне и июле (рис. 6) с максимумом в августе - 0,169 мг/кг. Наибольшее количество кадмия отмечено в побегах *Populus pyramidalis* - 0,219-0,228 мг/кг сухого вещества.

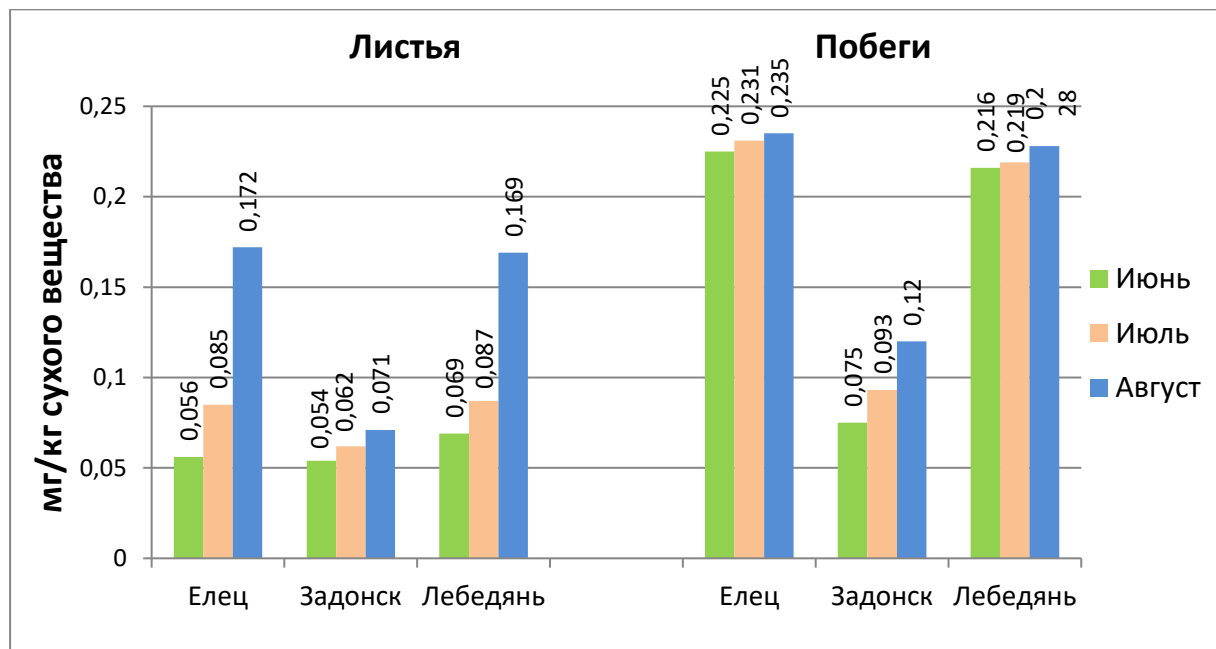


Рис. 6. Аккумуляция кадмия в вегетативных органах *Populus pyramidalis*

Заключение

В результате проведенного исследования выявлено:

Pb – выявлен во всех изучаемых видах (*Betula pendula*, *Tilia cordata* l, *Populus pyramidalis*), на всех изучаемых площадках. Накопление элемента происходит в течение всего периода вегетации, наибольшее количество свинца у изучаемых видов отмечено в побегах [11-14] на ПП№1, наименьшее - на ПП№2.

Cd – выявлен во всех изучаемых видах (*Betula pendula*, *Tilia cordata* l, *Populus pyramidalis*), на всех изучаемых площадках. Наибольшее количество кадмия у изучаемых видов отмечено в побегах [30-35]. Накопление элемента в листьях липы и березы с июня по июль увеличивается незначительно, а с июля по август возрастает в 1,5–2 раза, в листьях тополя - равномерное, с максимумом в августе.

Список использованных источников:

1. Дубровина О.А., Зубкова Т.В. Содержание свинца и кадмия в почве и органах растений сосны обыкновенной в лесопарковых зонах г. Ельца // Плодоводство и ягодоводство России, 2019. – Т. 57. – С. 56-60.
2. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения:

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
 Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

экологический аспект: монография, ФГБОУ ВПО "Удмуртский гос. ун-т". Ижевск: Удмуртский гос. ун-т, 2012. – 204 с.

3. Hänsch R., Mendel R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) // *Current opinion in plant biology*, 2009. – Т. 12. – №. 3. – С. 259-266.

4. Бельчинская Л.И. Биоиндикация промышленных токсикантов древесными растениями. Воронеж: Воронежская гос. Лесотехн. Академия. – 2009, 93 с.

5. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Улучшение малопродуктивных супесчаных дерново-подзолистых почв при внесении органо-минеральных удобрений и микробиологической добавки // *Вестник РГАТУ*. – 2014. – № 1(21). – С. 47-51.

6. Крючков М.М., Мастеров А.С., Виноградов Д.В. [и др.] Системы обработки почв. – Горки-Рязань: ИП Коняхин А.В., 2021. – 268 с.

7. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние различных уровней минерального питания на фотосинтетические показатели и продуктивность гибридов подсолнечника в условиях Рязанской области // *Вестник РГАТУ*. – 2014. – № 4(24). – С. 36-40.

8. Vinogradov D.V., Vysotskaya E.A., Naumtseva K.V., Lupova E.I. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012014.*

9. Лупова Е.И., Виноградов Д.В., Мастеров А.С. Совершенствование технологии возделывания сурепицы. – Рязань - Горки: ИП Жуков В.Ю., 2020. – 176 с.

10. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Lupova E.I., Evsenina M.V. Using the biologization elements in potato cultivation technology // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. – Smolensk: IOP, 2021. – P. 032047.*

11. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2021. – № 1. – С. 46-54.

12. Курчевский С.М., Виноградов Д.В., Щур А.В. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв // *Вестник РГАТУ*. – 2015. – № 1(25). – С. 27-31.

13. Lupova E.I. Sazonkin K.D., Vinogradov D.V. Yield of winter rape in Ryazan region // *IOP conference series: earth and environmental science : Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022031.*

14. Сазонкин К.Д., Соколов А.А., Лупова Е.И. [и др.] Отношение сельскохозяйственных культур к известкованию почв // *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: VI Межд.*

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
 Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

науч.-практич. конф. – Рязань: ИП Колупаева, 2022. – С. 176-181.

15. Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Экологическое обоснование способа агрохимической мелиорации почв в условиях техногенеза // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 1(31). – С. 18.

16. Габитов М.А., Троц Н.М., Виноградов Д.В. Практикум по агрохимии. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 222 с.

17. Евсенина М.В., Сазонкин К.Д., Соколов А.А., Лупова Е.И., Виноградов Д.В., Влияние извести на плодородие почвы и повышение урожая сельскохозяйственных культур // Вавиловские чтения - 2022: Межд. науч.-практич. конф. – Саратов: ООО «Амирит», 2022. – С. 588-592.

18. Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Накопление микроэлементов растениями ярового рапса при использовании куриного помета и цеолита // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 4(48). – С. 17-23.

19. Виноградов Д.В. Приемы повышения урожайности яровой сурепицы в условиях южной части Нечерноземной зоны. – Рязань : РГАТУ, 2008. – 112 с.

20. Бышов Н.В., Виноградов Д.В., Стародубцев В.В., Вертелецкий И.А. Агроэкологическая оценка возделывания масличных культур в зоне техногенного загрязнения агроландшафта // Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование и экология: Межд. науч. конф. Том 2. – Баку-Габала, 2012. – С. 855-859.

21. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 5. – С. 6.

22. Vinogradov D.V., Naumtseva K.V., Lupova E. I. Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012204.

23. Kosiorek M., Modrzewska B., Wyszowski M. Levels of selected trace elements in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), silver birch (*Betula pendula* L.), and Norway maple (*Acer platanoides* L.) in an urbanized environment // Environmental Monitoring and Assessment. – 2016. – Т. 188. – С. 1-13.

24. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 107 с.

25. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды» Липецкой области 2023 год» – Издательство Веда социум, 2022.- 234с.

26. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. -М.: Техносфера, 2010. - 784 с

27. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus
 Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области

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

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2018.- 164 с.

28. Nagajyoti C., Lee K., D., Thupakula, Venkata, Madhukar, Sreekanth. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(3):199-216

29. Sebo A, Popek R., Navro B. , Hanslin H.M., Gavronska H., Gavronsky S.V. Differences between plant species in the accumulation of solid particles on the surface of leaves *Science. Total. Environment.*, 427-428 (2012)

30. Zaitsev G.A., Dubrovina O.A., Kulagin A.Y., Shainurov R.I. Cadmium and zinc migration in Scots pine stands growing in contaminated areas from metallurgical plant emissions // *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021.

31. Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact // *Indian Journal of Agricultural Research*. – 2022. – Vol. 56, No. 2. – P. 201-207.

32. Zubkova T.V., Dubrovina O.A., Vinogradov D.V. Effect of zeolite on the micromorphological and biochemical features of the spring rapeseed (*Brassica napus L.*) // *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. – 2022. – Vol. 54, No. 1. – P. 153-164.

33. Vinogradov D.V., Zubkova T. V. Ways to increase the productivity of crop rotation in the forest-steppe conditions of the European part of Russia // *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference, Saratov*. – London: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012060.

34. Гулидова В.А., Зубкова Т.В. Технохимический контроль растениеводческой продукции: учебно-методическое пособие. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2020. – 74 с.

35. Зубкова Т.В., Дубровина О.А., Анализ содержания тяжелых металлов в однолетней хвое ели колючей (*Picea pungens*) и туи западной (*Thuja occidentalis*), произрастающих в разных функциональных зонах г. Ельца // *АгроЭкоИнфо*. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_316.pdf

=====

Цитирование:

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Масина Т.А., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Аккумуляция свинца и кадмия в вегетативных органах *Betula Pendula*, *Tilia Cordata L.*, *Populus Pyramidalis* в городских парках г. Ельца, г. Задонска, г. Лебедяни Липецкой области [Электрон. ресурс] // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. – 2024. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/4/st_416.pdf
 DOI: <https://doi.org/10.51419/202144416>.