

УДК 581.192.1 : 635.92

## СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ, ТАНИНОВ И ОБЩЕЙ ЗОЛЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕКОРАТИВНЫХ МНОГОЛЕТНИКОВ РОДА *HOSTA* TRATT. В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

О. Л. Цандекова<sup>1\*</sup>, Л. Л. Седельникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН (пр. Ленинградский, 10, Кемерово, Россия, 650065), \*zandekova@bk.ru

<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН (ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, Россия, 630090)

В работе впервые представлены сравнительные результаты по содержанию аскорбиновой кислоты, водорастворимых фенольных соединений (танинов) и общей золы в листьях декоративных многолетников рода *Hosta* Tratt., культивируемых в условиях Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС, Академгородок) и озеленения городской среды Бердска и Кольцово (Новосибирская область) в течение сезонного развития 2020 года. Определено содержание представленных групп веществ в листьях *Hosta decorata*, *H. albomarginata*, *H. lancifolia* в период цветения. В условиях городской среды установлено увеличение содержания зольных веществ в листьях *H. albomarginata*, *H. lancifolia*, *H. decorata* в 1,5–1,8 раза. Отмечена общая тенденция накопления листьями золы у видов рода *Hosta*, с наибольшим значением у *H. albomarginata* (17%), произрастающих в зеленых насаждениях г. Бердска. Содержание аскорбиновой кислоты и танинов в листьях *H. albomarginata*, *H. lancifolia*, *H. decorata* в 1,2–1,8 раза меньше в городской среде Бердска и Кольцово, чем у растений, выращиваемых в условиях с благоприятной экологической ситуацией (ЦСБС).

Ключевые слова: *Hosta decorata*; *Hosta albomarginata*; *Hosta lancifolia*; лист; зола; танины; аскорбиновая кислота; городская среда; Новосибирская область

Для цитирования: Цандекова О. Л., Седельникова Л. Л. Содержание аскорбиновой кислоты, танинов и общей золы в листьях декоративных многолетников рода *Hosta* Tratt. в условиях урбанизированной среды // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 7. С. 5–12. doi: 10.17076/eb1529

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке тем НИР ФИЦ УУХ СО РАН (проект № 0286-2021-0010) и ЦСБС СО РАН (проект № АААА-А21-121011290025-2 «Анализ биоразнообразия, сохранения и восстановления редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов»).

# O. L. Tsandekova<sup>1\*</sup>, L. L. Sedelnikova<sup>2</sup>. CONTENT OF ASCORBIC ACID, TANNINS AND TOTAL ASH IN LEAVES OF ORNAMENTAL PERENNIALS OF THE GENUS *HOSTA* TRATT. IN AN URBANIZED ENVIRONMENT

<sup>1</sup> Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (10 Leningradsky Ave., 650065 Kemerovo, Russia), \*zandekova@bk.ru

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (101 Zolotodolinskaya St., 630090 Novosibirsk, Russia)

The paper presents for the first time comparative results on the content of ascorbic acid, water-soluble phenolic compounds (tannins) and total ash in the leaves of ornamental perennials of the genus *Hosta* Tratt. grown in the Central Siberian Botanical Garden (CSBG, Akademgorodok) and in planted urban landscapes of Berdsk and Koltsovo (Novosibirsk Region) during the 2020 growing season. The content of the said groups of substances in leaves of *Hosta decorata*, *H. albomarginata*, *H. lancifolia* during the flowering period was determined. The content of ash substances in the leaves of *H. albomarginata*, *H. lancifolia*, *H. decorata* was 1.5–1.8 times higher in the urban environment. Leaves of *Hosta* spp. plants showed a general tendency to accumulate ash, with the highest value found in *H. albomarginata* (17 %) growing in green spaces of the City of Berdsk. The content of ascorbic acid and tannins in leaves of *H. albomarginata*, *H. lancifolia*, and *H. decorata* was 1.2–1.8 times lower in the urban environment of Berdsk and Koltsovo than in plants grown under favorable environmental conditions (CSBG).

**Keywords:** *Hosta decorata*; *Hosta albomarginata*; *Hosta lancifolia*; leaf; ash; tannins; ascorbic acid; urban environment; Novosibirsk Region

For citation: Tsandekova O. L., Sedelnikova L. L. Content of ascorbic acid, tannins and total ash in leaves of ornamental perennials of the genus *Hosta* Tratt. in an urbanized environment. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022. No. 7. P. 5–12. doi: 10.17076/eb1529

Funding. The study was financed within the research area of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (Project № 0286-2021-0010) and Central Siberian Botanical Garden SB RAS (Project № AAAA-A21-121011290025-2 “Analysis of biodiversity, conservation and restoration of rare and resource species of plants using experimental methods”).

## Введение

Озеленение городов и поселков Новосибирской области требует значительного расширения и внедрения новых видов цветочно-декоративных растений. Роль зеленых насаждений в урбанизированных условиях особенно актуальна в связи с неблагоприятной экологической обстановкой, которая определена во многих регионах России, в том числе и Сибири [Государственный..., 2020]. Исследования биохимических показателей, которые являются важным критерием оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, позволяют всесторонне анализировать состояние декоративных растений. В работах многих авторов показана аккумулятивная роль растений, произрастающих в неблагоприятных условиях окружающей среды [Николаевский, 1998; Кавеленова и др., 2001; Бессонова, Иванченко, 2008; Нопур et al., 2009; Казакова и др., 2011; Давлетбаева и др., 2015; Двуреченский, 2015;

Седельникова, Цандекова, 2015, 2021; Янчевская и др., 2015; Байкалова и др., 2017; Minkina et al., 2017; Sedelnikova, Tsandekova, 2020; Цандекова, Седельникова, 2021]. Однако оценка их состояния и устойчивости в урбанизированной среде не всегда определена.

Важными компонентами антиоксидантной системы растений, которая играет значимую роль в их адаптации к условиям техногенного загрязнения, являются фенольные соединения (танины) и аскорбиновая кислота. Фенольные соединения предохраняют аскорбиновую кислоту от окисления, поэтому можно наблюдать связь между содержанием данных метаболитов в растениях [Скрыпник и др., 2020]. Показатель содержания зольных веществ в листьях также важен как в аспекте химизма растений, так и с позиций поступления минеральных веществ из фитомассы в прочие компоненты экосистемы. Сравнительное изучение биохимических показателей в листьях декоративно-лиственных растений позволяет оценить их состояние при

неблагоприятных факторах среды, что представляет актуальность, обуславливает новизну и служит основанием для выполнения данной работы.

Цель работы – оценить состояние декоративных многолетников рода *Hosta* по содержанию некоторых биохимических показателей в условиях урбанизированной среды. В задачу исследований входило определение содержания аскорбиновой кислоты, водорастворимых фенольных соединений (танинов), общей золы в листьях трех видов хост (*Hosta decorata*, *H. albomarginata*, *H. lancifolia*), произрастающих в городской среде Бердска и Кольцово Новосибирской области.

## Материалы и методы

Объектами изучения служили виды рода *Hosta* Tratt. – хоста, функия (сем. *Hostaceae*, хостовых), *H. decorata* Bailey – X. декоративная, *H. albomarginata* (Hook.) Nyl. – X. белоокаймленная, *H. lancifolia* (Thunb.) Engl. – X. ланцетолистная. Исследуемые виды были переданы в 2019 году из биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534 на объекты озеленения пгт. Кольцово, 21 (Клиническая районная больница № 1) и г. Бердска (Центр социальной помощи семье и детям «Юнона», ул. К. Маркса, 27). Контролем служили растения с коллекционного участка лаборатории декоративных растений, расположенного в относительно благоприятных экологических условиях (г. Новосибирск, Советский район, Академгородок).

Сбор растительного сырья осуществляли во второй декаде июля (15–16.07) 2020 г. Листья сушили и перетирали до мелкой фракции.

Определение общей золы проводили путем сухого озоления в муфельной печи по ГОСТ 24027.2-80. Навеску массой 1 г осторожно обугливали в фарфоровом тигле на электроплитке. После полного обугливания сырья тигель переносили в муфельную печь для сжигания угля и полного прокаливания остатка. Прокаливание вели при красном калении (+550...+650 °С) до постоянной массы, избегая сплавления золы и спекания ее со стенками тигля. По окончании прокаливания тигель охлаждали в течение 2 ч, затем ставили в эксикатор, на дне которого находился безводный хлористый кальций, охлаждали и взвешивали. Постоянная масса считалась достигнутой, если разница между двумя последующими взвешиваниями не превышала 0,0005 г. Содержание общей золы ( $X_1$ ) в про-

центах в абсолютно сухом сырье вычисляли по формуле:

$$X_1 = \frac{m_1 \cdot 100 \cdot 100}{m_2 \cdot (100 - W)},$$

где  $m_1$  – масса золы, г;  $m_2$  – масса сырья, г;  $W$  – потеря в массе при высушивании сырья, % [Сырье..., 1981].

Содержание водорастворимых фенольных соединений (танинов) определяли методом Левенталя – Нейбауера, основанным на легкой окисляемости фенолов калия перманганатом в присутствии индигосульфокислоты при комнатной температуре, титрование проводили медленно до появления золотисто-желтого окрашивания [Коренская и др., 2007].

Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с применением 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия. Для этого навеску (5 г) растирали в ступке, добавляя порциями 4–5 мл раствора соляной кислоты до получения однородной жидкой кашицы. Смесь из ступки переносили в мерную колбу на 100 мл, общий объем экстракта доводили до метки тем же раствором кислоты, затем фильтровали. В колбу (100 мл) приливали 20 мл полученного фильтрата и титровали индофеноловым реактивом до слабо-розового цвета, удерживающегося 30 секунд. Титрование повторяли с новыми порциями того же фильтрата. На основании средней величины рассчитывали содержание аскорбиновой кислоты [Неверова, 2005].

Аналитическая повторность опытов трехкратная из смешанной пробы. Данные представлены в виде средних арифметических значений и их среднеквадратических (стандартных) ошибок. Статистическая значимость различий между вариантами определяли с помощью *t*-критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ). Экспериментальные данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10.

## Результаты и обсуждение

Показано, что в листьях *H. decorata*, произрастающих в Кольцово, содержание танинов выше на 18 % относительно контроля. По содержанию аскорбиновой кислоты существенных различий не выявлено (рис. 1). Меньшим содержанием данных элементов (в 1,2–1,3 раза) отличались листья растений, произрастающих в центральной части г. Бердска. Однако показания по содержанию золы в листьях *H. decorata* в Бердске и Кольцово в 1,5 раза выше, чем в контроле.

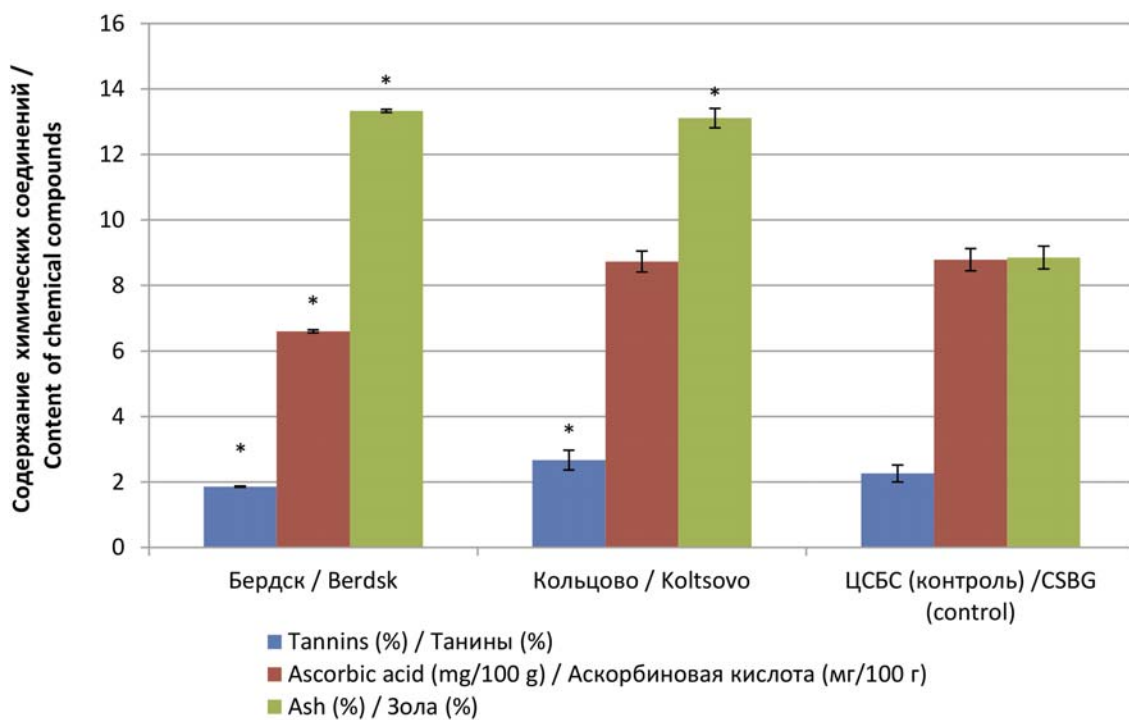


Рис. 1. Содержание химических соединений в листьях *Hosta decorata* в урбанизированной среде Новосибирской области. Здесь и на рис. 2, 3, в табл. 1: различия с контролем статистически значимы при  $p < 0,05$

Fig. 1. The content of chemical compounds in leaves of *Hosta decorata* in the urbanized environment of the Novosibirsk Region. Here and in Fig. 2, 3, in Table. 1: the differences with the control are statistically significant at  $p < 0.05$

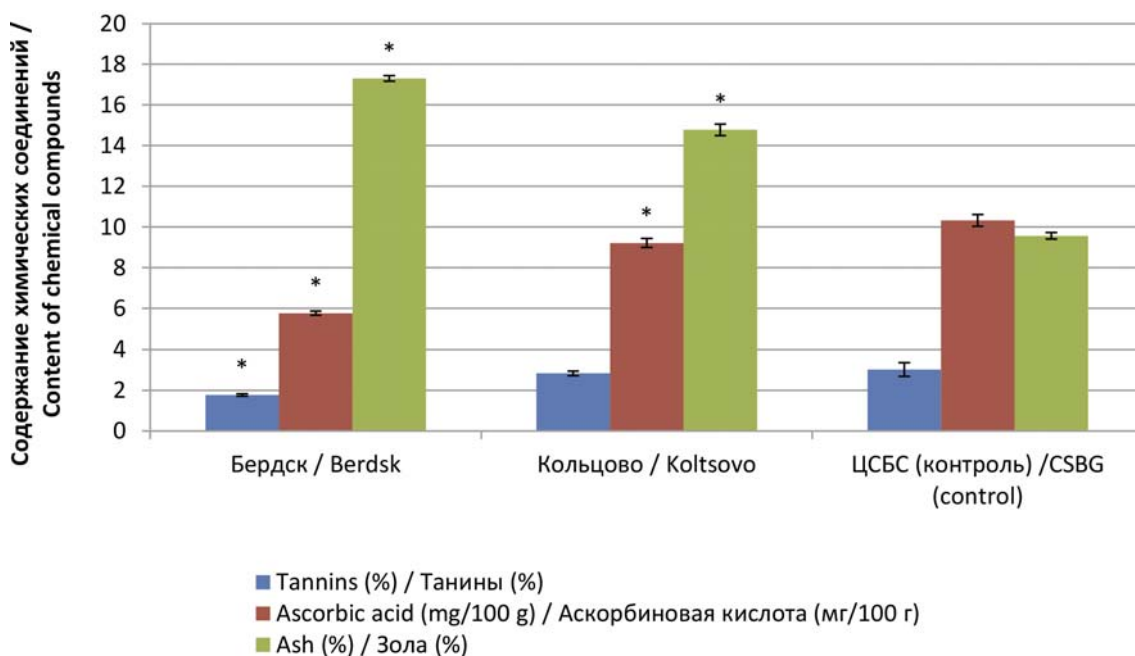


Рис. 2. Содержание химических соединений в листьях *Hosta albomarginata* в городской среде Бердска и Кольцово

Fig. 2. The content of chemical compounds in the leaves of *Hosta albomarginata* in the urban environment of Berdsk and Koltsovo

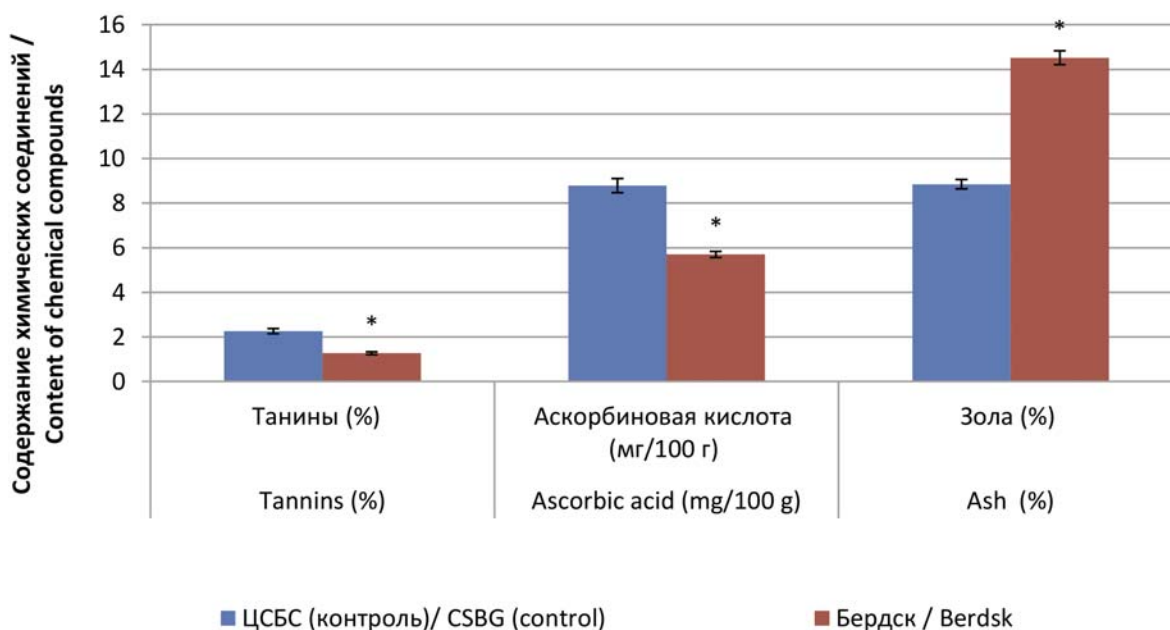


Рис. 3. Содержание танинов, аскорбиновой кислоты и золы в листьях *Hosta lancifolia* в ЦСБС и Бердске  
 Fig. 3. The content of tannins, ascorbic acid and ash in the leaves of *Hosta lancifolia* in CSBG and Berdsk

Содержание золы в листьях *H. albomarginata* в 1,5–1,8 раза выше в условиях городской среды относительно контроля (рис. 2). Концентрация аскорбиновой кислоты и содержание танинов в листьях растений достоверно снижались в 1,7–1,8 раза, особенно в Бердске.

При сравнении этих же показателей в листьях *H. lancifolia* в условиях Бердска и контроля (ЦСБС) установлена схожая закономерность (рис. 3). Содержание аскорбиновой кислоты в листьях исследуемых растений, выращиваемых в Бердске, было ниже в 1,5 раза, танинов – в 1,8 раза относительно контроля. Однако накопление зольных веществ в листовом аппарате в условиях городской среды происходило интенсивнее в 1,6 раза по сравнению с контролем ( $8,85 \pm 0,35$ ).

В некоторых работах отмечено снижение содержания фенольных соединений (танинов) и аскорбиновой кислоты с ростом степени техногенного загрязнения, что объясняют подавлением процессов их синтеза и способностью металлов уменьшать содержание метаболитов путем осаждения [Зубарева и др., 2011; Чупахина и др., 2012]. Другие авторы отмечают повышение биосинтеза танинов и аскорбиновой кислоты в загрязненных районах, что связывают с защитной реакцией растений на неблагоприятные условия среды. Это наблюдается в листьях *Fragaria viridis* L., произрастающих на территории газоперерабатывающего завода,

в образцах подорожника, взятых вблизи трассы [Немерешина и др., 2012; Сайдибекова, Юнусова, 2016].

Сравнительный фитохимический анализ содержания аскорбиновой кислоты и танинов в листьях трех видов хост *H. lancifolia*, *H. albomarginata*, *H. decorata* в городской среде Бердска и Кольцово Новосибирской области впервые показал, что уровень концентрации данных веществ в листьях растений в ответ на загрязнение городской среды понижен. Известно, что урбанизированная среда вызывает нарушение у растений окисления некоторых вторичных метаболитов, в частности аскорбиновой кислоты [Николаевский, 1998]. В работе показано, что и содержание танинов в листьях хост в городской среде понижается. Эти показатели можно использовать в качестве биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха [Николаевский, 1998; Усманов и др., 2001]. Концентрация зольных элементов в листьях изученных хост в условиях городской среды значительно повышена по сравнению с контрольными растениями и отличается видоспецифичностью. В городской среде листья *H. lancifolia*, *H. albomarginata*, *H. decorata* аккумулируют в 1,5–1,8 раза больше зольных элементов, таких как калий, кальций, магний, железо, марганец, цинк и др., которые, как известно, находятся в золе после удаления органических веществ из фитомассы [Ковеленова и др., 2001]. Условия

городской среды служат стрессовым фактором и вызывают у растений так называемый адаптационный синдром [Пахомова, 1995]. Представителей рода *Hosta* Tratt. можно использовать в качестве биоиндикатора загрязнения городской среды.

## Выводы

1. В условиях урбанизированной среды в листьях декоративных многолетников рода *Hosta* Tratt. выявлены изменения в содержании некоторых компонентов антиоксидантной системы, которые выражались в снижении в 1,2–1,8 раза концентрации аскорбиновой кислоты и танинов относительно контроля.

2. Установлено повышение содержания зольных веществ в листьях *H. albomarginata*, *H. lancifolia*, *H. decorata* в городской среде в 1,5–1,8 раза в сравнении с контролем. Наиболее высокие показатели по содержанию золы отмечены у *H. albomarginata* (17 %), произрастающей в зеленых насаждениях г. Бердска.

3. Выявлена видоспецифичность растений *H. lancifolia*, *H. albomarginata*, *H. decorata* в содержании аскорбиновой кислоты, танинов, зольных элементов в листьях хост.

## Литература

Байкалова Т. В., Байкалов П. С., Коротченко И. С. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове, листьях березы под воздействием промышленности г. Красноярска // Вестник КГАУ. 2017. № 5. С. 123–130.

Бессонова В. П., Иванченко О. Е. Влияние загрязнения среды на величину коэффициента биологического накопления в растениях железа, марганца, цинка и меди // Проблемы озеленения крупных городов. М.: Прима-М, 2008. С. 171–173.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Новосибирской области в 2019 году». Новосибирск: Минприроды Новосибирской обл., 2020. 159 с.

Давлетбаева С. Ф., Миронова Л. Н., Реут А. А. Хосты для зеленого строительства на Южном Урале // Вестник Удмурт. гос. ун-та. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, № 2. С. 51–57.

Двуреченский В. Г. Влияние предприятий металлургии на окружающий их растительный покров // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: Сб. трудов конф. (Кемерово, 1–2 октября 2015 года). Кемерово, 2015. С. 79–81.

Зубарева К. Э., Качкин К. В., Сиромля Т. И. Влияние выбросов автомобильного транспорта на элементный состав листьев подорожника большого // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 159–164.

Кавеленова Л. М., Здетовский А. Г., Огневенко А. Я. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в

условиях лесостепи (на примере Самары) // Химия раст. сырья. 2001. № 3. С. 85–90.

Казакова И. С., Релецкая А. И., Бирюлева Э. Г. Анатомо-морфологические особенности видов рода *Hosta* Tratt. как реализация адаптивного потенциала в условиях интродукции в предгорном Крыму // Ученые записки. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. 2011. Т. 24, № 4. С. 83–94.

Коренская И. М., Ивановская Н. П., Измалкова И. Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащие антраценпроизводные простые фенолы, лигнаны, дубильные вещества. Учебное пособие для вузов. Воронеж: ВГУ, 2007. С. 50–51.

Неверова О. А. Практикум по биохимии для студентов вузов. Кемерово: КемТИПП, 2005. 69 с.

Немерешина О. Н., Петрова Г. В., Гусев Н. Ф., Чукова Н. В. Индукция синтеза антиоксидантов *Achillea nobilis* L. в зоне влияния выбросов предприятиями Газпрома // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1(35). Т. 3. С. 224–228.

Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1998. 192 с.

Пахомова В. М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений // Цитология. 1995. Т. 37, № 1/2. С. 66–88.

Сайдибекова Г. С., Юнусова Ф. М. Изменчивость химического состава лекарственных растений в зависимости от места произрастания // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1. Естественные науки. 2016. Т. 31, вып. 1. С. 104–107.

Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. К специфике содержания химических элементов и зольности в листьях травянистых растений в условиях города Искитим Новосибирской области // Химия растительного сырья. 2021. № 1. С. 213–218. doi: 10.14258/jcrpm.2021018413

Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. Оценка поглощательной способности листьев декоративных растений в городской среде // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 3. С. 26–29.

Скрипник Л. Н., Мельничук И. П., Королева Ю. В. Пищевая и биологическая ценность плодов боярышника *Crataegus oxyacantha* L. // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 265–275. doi: 10.14258/jcrpm.2020015452

Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла: ГОСТ 24027.2-80. М.: Изд-во стандартов, 1981. С. 120–121.

Усманов И. Ю., Рахманкулова З. Ф., Кулагин А. Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.

Цандекова О. Л., Седельникова Л. Л. Влияние урбанизированной среды на содержание химических элементов в листьях декоративных растений // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 8. С. 6–10. doi: 10.24412/1816-18-63-2021-2-6-10

Чухакина Г. Н., Масленников П. В., Скрипник Л. Н., Бессережнова М. И. Реакция пигментной и антиок-

сидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2(18). С. 171–185.

Янчевская Т. Г., Ковалева О. А., Гриц О. А. Физиолого-биохимическая характеристика растений хосты (*Funkia*) *in vivo* при адаптации // Ботаника (исследования). 2015. Вып. 44. С. 333–343.

Honour S. L., Bell J. N., Ashenden T. W., Cape J. N., Power S. A. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics // Environ. Pollut. 2009. Vol. 157, iss. 4. P. 1279–1286. doi: 10.1016/j.envpol.2008.11.049

Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Chaplygin V. A., Bauer T. V., Zamulina I. V. Content and distribution of heavy metals in herbaceous plants under the effect of industrial aerosol emissions // J. Geochem. Explor. 2017. Vol. 174. P. 113–120. doi: 10.1016/j.gexplo.2016.05.011

Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Ash content of ornamental plants in urban environment (through the example of cities of the Novosibirsk Region) // Chemistry for Sustainable Development. 2020. Vol. 28. P. 412–417. doi: 10.15372/CSD2020247

## References

Baikalova T. V., Baikalov P. S., Korotchenko I. S. The content of heavy metals in the soil cover, birch leaves under the influence of industry in Krasnoyarsk. *Vestnik KGAU = Bulletin of KSAU*. 2017;5:123–130. (In Russ.)

Bessonova V. P., Ivanchenko O. E. The influence of environmental pollution on the value of the coefficient of biological accumulation of iron, manganese, zinc and copper in plants. *Problems of large cities greening*. Moscow: Prima-M; 2008. P. 171–173. (In Russ.)

Chupakhina G. N., Maslennikov P. V., Skrypnik L. N., Besserezhnova M. I. Response of the pigment and antioxidant systems of plants to environmental pollution in Kaliningrad by vehicle emissions. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. 2012;2(18):171–185. (In Russ.)

Davletbaeva S. F., Mironova L. N., Reut A. A. Hostas for green construction in the Southern Urals. *Bulletin of Udmurt University. Biology Series. Earth Sciences*. 2015;5:51–57. (In Russ.)

Dvurechenskiy V. G. Impact of metallurgy enterprises on the ambient vegetation cover. *Problems of industrial botany of industrially developed regions*. Kemerovo; 2015. P. 79–81. (In Russ.)

Honour S. L., Bell J. N., Ashenden T. W., Cape J. N., Power S. A. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. *Environmental Pollution*. 2009;157(4):1279–1286. doi: 10.1016/j.envpol.2008.11.049

Kavelenova L. M., Zdetovetskii A. G., Ognevenko A. Ya. To the specifics of the content of ash substances in the leaves of woody plants in the urban environment in the conditions of forest-steppe (on the example of Samara). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 2001;3:85–90. (In Russ.)

Kazakova I. S., Repetskaya A. I., Biryuleva E. G. Anatomical and morphological features of species of

the genus *Hosta* Tratt. how to realize adaptive potential in conditions of introduction in the foothill Crimea. *Uchenye zapiski. Tavri. nats. un-ta im. V. I. Vernadskogo. Ser. Biologiya, khimiya = Proceedings of Tavriya National V.I. Vernadsky University. Ser. Biology, Chemistry*. 2011;24(4):83–94. (In Russ.)

Korenskaya I. M., Ivanovskaya N. P., Izmailkova I. E. Medicinal plants and medicinal plant raw materials containing anthracene derivatives of simple phenols, lignans, tannins. A textbook for universities. Voronezh: Voronezh State University; 2007. P. 50–51. (In Russ.)

Medicinal plant raw materials. Methods for determining humidity, ash content, extractive and tannins, essential oil. GOST 24027.2-80. Moscow; 1981. P. 120–121. (In Russ.)

Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Chaplygin V. A., Bauer T. V., Zamulina I. V. Content and distribution of heavy metals in herbaceous plants under the effect of industrial aerosol emissions. *J. Geochem. Explor*. 2017;174:113–120. doi: 10.1016/j.gexplo.2016.05.011

Neverova O. A. A laboratory course on biochemistry for university students. Kemerovo: KemTIIP; 2005. 69 p. (In Russ.)

Nemereshina O. N., Petrova G. V., Gusev N. F., Chuklova N. V. Induction of the synthesis of antioxidants *Achillea nobilis* L. in the zone of influence of emissions by Gazprom enterprises. *Izvestia of Orenburg State Agrarian University*. 2012;1(35):3:224–228. (In Russ.)

Nikolaevskii V. S. Ecological assessment of environmental pollution and the state of terrestrial ecosystems by phytoindication methods. Moscow: MSU forests; 1998. 192 p. (In Russ.)

Pakhomova V. M. The main provisions of the modern theory of stress and nonspecific adaptation syndrome in plants. *Cytology*. 1995;37(1-2):66–88. (In Russ.)

Saidibekova G. S., Yunusova F. M. The variability of the chemical composition of medicinal plants depending on the locus. *Herald of Dagestan State University. Series 1. Natural sciences*. 2016;31:1:104–107. (In Russ.)

Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Ash content of ornamental plants in urban environment (through the example of cities of the Novosibirsk Region). *Chemistry for Sustainable Development*. 2020;28:412–417. doi: 10.15372/CSD2020247

Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Assessment of the absorption capacity of leaves of ornamental plants in the urban environment. *Ecology of Urbanized Territories*. 2015;3:26–29. (In Russ.)

Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. On the specifics of the content of chemical elements and ash content in the leaves of herbaceous plants in the conditions of the city of Iskitim, Novosibirsk Region. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 2021;1:213–218. (In Russ.) doi: 10.14258/jcprm.2021018413

Skrypnik L. N., Melnichuk I. P., Koroleva Yu. V. Nutritional and biological value of fruits of hawthorn *Crataegus oxyacantha* L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 2020;1:265–275. doi: 10.14258/jcprm.2020015452 (In Russ.)

State Report *On the state and environmental protection of the Novosibirsk Region in 2019*. Novosibirsk: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Novosibirsk Region; 2020. 159 p. (In Russ.)

*Tsandekova O. L., Sedelnikova L. L.* Influence of urbanized environment on the content of chemical elements in leaves of ornamental plants. *Ecology of Urbanized Territories*. 2021;8:6–10. doi: 10.24412/1816-1863-2021-2-6-13 (In Russ.)

*Usmanov I. Yu., Rakhmankulova Z. F., Kulagin A. Yu.* Ecological physiology of plants. Moscow: Logos; 2001. 224 p. (In Russ.)

*Yanchevskaya T. G., Kovaleva O. A., Grits O. A.* Physiological and biochemical characteristics of hosta (*Fun-  
kia*) plants in vivo during adaptation. *Botany (research)*. 2015;44:333–343. (In Russ.)

*Zubareva K. E., Kachkin K. V., Siromlya T. I.* Influence of road transport emissions on the elemental composition of plantain leaves. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 2011;2:159–164. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 08.12.2021; принята к публикации / accepted: 06.07.2022.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Цандекова Оксана Леонидовна**

канд. с.-х. наук, научный сотрудник

*e-mail: zandekova@bk.ru*

**Седельникова Людмила Леонидовна**

д-р биол. наук, старший научный сотрудник

*e-mail: lusedelnikova@yandex.ru*

#### **CONTRIBUTORS:**

**Tsandekova, Oksana**

Cand. Sci. (Agr.), Researcher

**Sedelnikova, Lyudmila**

Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher