

УДК 543.423:546.4:582.475

**В.С. ДОРОШКЕВИЧ**, младший научный сотрудник,  
**О.Н. МИХАЙЛИЧЕНКО**, студентка, **А.Н. ШЕНДРИК**, д.х.н., профессор, декан  
Донецкий национальный университет, г. Донецк

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено содержание меди и цинка в хвое ели обыкновенной (как индикатора загрязненности окружающей природной среды), которая произрастает на территории Донецкой области. Установлено, что степень загрязнения окружающей природной среды этими металлами характеризуется высокими показателями, которые на отдельных участках области различаются по цинку в 5, а по меди – в 60 раз.

**мониторинг, медь, цинк, атомно-эмиссионный анализ, загрязнение окружающей природной среды**

Антропогенные факторы оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду, в том числе и биосферу. Это проявляется накоплением в тканях животных и растений вредных для них веществ, нарушением естественных метаболических функций клеток. Среди искусственных загрязнителей наиболее опасными являются соединения тяжелых металлов. По токсичности они уступают только пестицидам. Наиболее вредные – хром, медь, никель, кадмий, цинк, свинец, ртуть [1].

Цель настоящей работы – оценка степени загрязнения тяжелыми металлами такого экологически напряженного района Украины, как Донбасс, посредством измерения количества тяжелых металлов в хвое ели обыкновенной (*Picea abies*). При проведении исследования было выбрано 8 пробных площадок, одна из которых – в качестве контрольной в курортной зоне Славянска, остальные – в различных районах Донецка и Краматорска.

Степень загрязнения окружающей природной среды наиболее проявляется во влиянии загрязняющих ингредиентов на растения [2]. По этой причине одним из методов оценки масштабов загрязнений является измерение содержания вредных веществ в растительных материалах и, в частности, в деревьях [3]. Высокая чувствительность индикаторной функции к антропогенным загрязнителям обусловлена их выраженной способностью к аккумуляции токсинов и большой продолжительностью жизни, что удобно при проведении длительных мониторингов [4]. Особое место среди растений-индикаторов занимают хвойные, поскольку они обладают повышенной металлоаккумулирующей способностью [5] и не сбрасывают хвою в зимний период. Хвою удобно исполь-

зовать в сравнительных аналитических исследованиях: по одному и тому же растению можно проследить динамику накопления вредных веществ за несколько лет [6].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом экспериментов служила хвоя ели обыкновенной (*Picea abies*).

Отбор хвои проводили в весенние месяцы, до начала периода вегетации ели. Содержание меди и цинка определяли в годичной хвое деревьев одного и того же вида. Отбор проб производили согласно [7].

Перед анализом хвою отделяли от веточек, высушивали, затем составляли объединенную пробу. Высушенные образцы измельчали в фарфоровой ступке.

Для определения валового содержания тяжелых металлов проводили их вскрытие методом «мокрого» озоления. Одновременно готовили холостую пробу с учетом всех операций пробоподготовки.

Содержание металлов в образцах измеряли атомно-эмиссионным спектрометром СЭВ-30. Стандартные растворы меди и цинка готовили согласно паспортам ГСО. Статистическую обработку результатов и вычисление метрологических характеристик проводили согласно [8].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Локализация участков отбора хвои ели обыкновенной (*Picea abies*) представлена в табл. 1. В качестве контрольной пробы выбрали деревья, произрастаю-



**Таблица 1 – Характеристика участков насаждений ели обыкновенной (*Picea abies*)**

№ участка	Район произрастания	Расположение участка
1	г. Славянск, санаторий «Донбасс»	В курортной зоне, вблизи нет никаких промышленных предприятий
2	г. Краматорск, парк «Юбилейный»	Практически в центре города. Поблизости нет промышленных предприятий, по периметру парка – дороги
3	г. Краматорск, ул. Социалистическая	Уличное озеленение, на разделительной полосе дороги с достаточно интенсивным движением. Основной источник загрязнения – выхлопные газы автотранспорта
4	г. Краматорск, территория ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (ЗАО «НКМЗ»)	ЗАО «НКМЗ» является крупнейшим предприятием машиностроения, которое специализируется на выпуске деталей, изготовленных из специальных легированных сталей. Цинк, никель, хром используются для покрытия деталей
5	Донецкий ботанический сад НАН Украины	За городом, поблизости нет промышленных предприятий. Уровень техногенного и отрицательного антропогенного воздействия относительно низок. Главным источником загрязнения может быть автотрасса, проходящая неподалеку
6	г. Донецк, парк им. Щербакова	В центре города. Вблизи парка – Донецкий металлургический завод (ЗАО «Донецксталь – металлургический завод») – один из крупнейших металлургических заводов Украины
7	г. Донецк, ул. Университетская	Уличное озеленение, вблизи дороги с очень интенсивным движением. Основной источник загрязнения – выхлопные газы автотранспорта
8	г. Донецк, автовокзал «Путиловский»	Территория с очень интенсивным автомобильным движением, недалеко расположен аэропорт

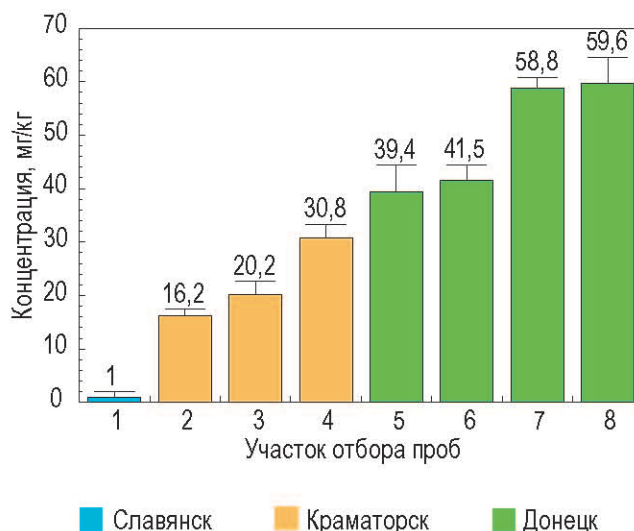
щие в экологически чистой курортной зоне Славянска (табл. 1, участок № 1). Остальные образцы (табл. 1) отобраны в городах с интенсивно развитой металлургической и машиностроительной промышленностью.

Для сравнения степени загрязнения Краматорска и Донецка были выбраны участки с похожей техногенной нагрузкой – это ул. Университетская (г. Донецк) и ул. Социалистическая (г. Краматорск), парк «Юбилейный» (г. Краматорск) и Донецкий ботанический сад. Автовокзал «Путиловский» (г. Донецк) может служить примером того, как негативное влияние на окружающую природную среду в основном оказывает автотранспорт. Участок, расположенный вблизи ЗАО «НКМЗ» (г. Краматорск), подвержен влиянию промышленных выбросов, парк им. Щербакова (г. Донецк) – типичный пример комплексного загрязнения от металлургического завода и автодорог.

На рис. 1 и 2 представлены полученные результаты. Данные расположены в порядке увеличения содержания меди (рис.1) и цинка (рис. 2) в хвое.

Что касается содержания меди в хвое, то наименьшее ее количество было обнаружено, как и предполагалось, на контрольном участке в Славянске (рис. 1). Далее – участки Краматорска: неожиданно низким оказалось содержание меди в хвое, собранной на территории ЗАО «НКМЗ»; на ул. Социалистической загрязнение медью выше, чем в парке «Юбилейный».

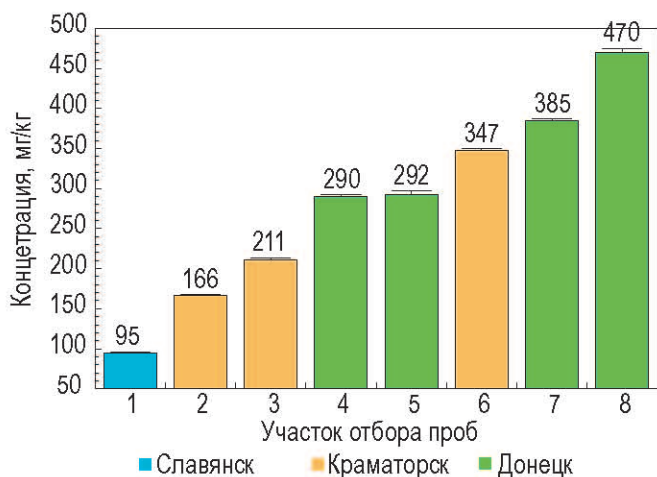
Донецкий ботанический сад и парк им. Щербакова имеют приблизительно одинаковые показатели.



**Рисунок 1 – Содержание меди в хвое ели обыкновенной, произрастающей в Славянске, Краматорске и Донецке:**

- 1 – санаторий «Донбасс» (г. Славянск); 2 – ЗАО «НКМЗ» (г. Краматорск); 3 – парк «Юбилейный» (г. Краматорск); 4 – уличное озеленение (г. Краматорск); 5 – Донецкий ботанический сад; 6 – парк им. Щербакова (г. Донецк); 7 – уличное озеленение (г. Донецк); 8 – автовокзал Путиловский (г. Донецк)

По техногенной нагрузке участки парка «Юбилейный» (г. Краматорск) и Донецкого ботанического сада идентичны, а по содержанию меди отличаются. В Донецке содержание меди на хвоинках ели в несколько раз выше, чем в Краматорске. Наиболее загрязнены медью участки с ин-

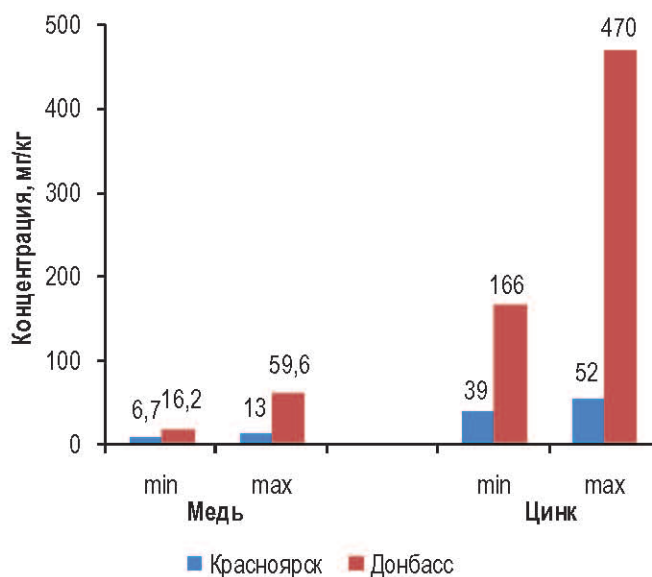


**Рисунок 2 – Содержание цинка в хвое ели обыкновенной, произрастающей в Славянске, Краматорске и Донецке:**  
 1 – санаторий «Донбасс» (г. Славянск); 2 – парк «Юбилейный» (г. Краматорск); 3 – уличное озеленение (г. Краматорск);  
 4 – парк им. Щербакова (г. Донецк); 5 – Донецкий ботанический сад; 6 – ЗАО «НКМЗ» (г. Краматорск);  
 7 – автовокзал Путиловский (г. Донецк); 8 – уличное озеленение (г. Донецк)

тенсивным движением транспорта – ул. Университетская и автовокзал Путиловский, показатели которых приблизительно одинаковы, но по сравнению с Краматорском – выше практически в 2 раза.

Аналогичная картина наблюдается и для цинка. Наименьшее количество обнаружено в г. Славянске, далее следуют участки г. Краматорска (парк «Юбилейный» и ул. Социалистическая). Содержание цинка в хвое деревьев, произрастающих в санитарно-защитной зоне ЗАО «НКМЗ» выше, чем в Донецком ботаническом саду и парке им. Щербакова. В парке им. Щербакова концентрация цинка в хвое превышает приблизительно в 1,75 раза содержание цинка в парке «Юбилейный». Наибольшее содержание цинка обнаружено в хвое ели по ул. Университетской и автовокзале «Путиловский». По ул. Социалистической (г. Краматорск) содержание цинка в 1,8–2,2 раза ниже аналогичного участка ул. Университетской (г. Донецк).

При сравнении результатов по содержанию меди и цинка в хвоинках ели, произрастающей в различных городах, прослеживается следующая закономерность: загрязненность металлами увеличивается в зависимости от общей загрязненности почв и атмосферы в ряду Славянск < Краматорск < Донецк. В населенных пунктах наименьшее количество тяжелых металлов обнаруживается на относительно чистых участках, которые меньше всего подвержены влиянию промышленных выбросов и автотранспорта.



**Рисунок 3 – Максимальные и минимальные значения по содержанию меди и цинка в Красноярске и в городах Донецкой области**

Данные по содержанию меди и цинка в хвое деревьев Донецка, Краматорска и Славянска были сопоставлены с результатами по Красноярску, которые получены рентгено-флуоресцентным методом авторами работы [5]. Оказалось, что загрязнение окружающей природной среды медью и цинком в условиях индустриального Донбасса достаточно сильно превышает загрязнение Красноярска (рис. 3). Максимальные значения по цинку отличаются почти на порядок, а по меди – в 4,6 раза. Минимальные значения цинка в 4,2, а меди в 2,4 раза выше в объектах, произрастающих на территории Донецкой области. Настораживает также и тот факт, что в курортной зоне Славянска содержание металлов выше, чем в Красноярске. Все это свидетельствует о высокой степени техногенной нагрузки на биосферу в Донбассе, что указывает на необходимость более глубокого исследования для выявления критических показателей такой техногенной нагрузки.

### ВЫВОДЫ

Проведено сравнительное исследование загрязненности окружающей природной среды в различных районах Донецкой области. В качестве индикатора загрязненности принималось накопление тяжелых металлов в хвое ели обыкновенной.

Хвоя ели обыкновенной является высокочувствительным индикатором загрязнения тяжелыми металлами и может успешно использоваться в мониторинговых наблюдениях. Определено содержание меди и цинка



в хвое ели обыкновенной, произрастающей в Донецке, Краматорске и Славянске.

Наибольшие показатели загрязнения медью и цинком получены в Донецке на участках с интенсивным движением автотранспорта, наименьшие – на контрольном участке (курортная зона г. Славянска), который практически не подвержен влиянию близлежащих промышленных предприятий и воздействию транспорта.

Медь и цинк распределяются в зависимости от техногенной нагрузки на тот или иной испытуемый участок. Содержание металлов в ели обыкновенной зависит от удаленности ее от источника загрязнения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мусієнко, М. М.** Фізіологія рослин [Текст] : підруч. для студ. біол. спец. вузів / М. М. Мусієнко. – Вид. 2-е. – Київ : Либідь, 2005. – 807 с.
2. **Майдебур, И. С.** Влияние загрязнения воздушного бассейна города Калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели древесных растений [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. С. Майдебур. – Калининград, 2006. – 22 с.
3. **Барабин, А. И.** Влияние атмосферных выбросов Котласского ЦБК на семяношение сосны [Текст] / А. И. Барабин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1995. – № 4–5. – С. 162–166.
4. **Шагиева, Ю. А.** Тяжелые металлы в почвах и растениях Башкирского Зауралья в условиях техногенеза [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю. А. Шагиева. – Тольятти, 2002. – 20 с.
5. **Сотникова, О. В.** Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения среды [Текст] / О. В. Сотникова, Р. А. Степень // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 79–84.
6. **Васфилов, С. П.** Изменчивость размеров хвои сосны обыкновенной в пределах особи в условиях воздушного загрязнения [Текст] / С. П. Васфилов // Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. – Екатеринбург, 1992. – С. 36–43.
7. **Nyomora, A.M.S.** Boron determination in biological materials by inductively coupled plasma atomic emission and mass spectrometry; effects of sample dissolution methods [Text] / A.M.S. Nyomora, R.N. Sah, P.H. Brown, R.O. Miller // Fresenius J. Anal. Chem. – 1997. – 357. – P. 1185–1191.
8. Практика реалізації основних положень і вимог законодавства України в сфері лабораторного контролю довкілля [Текст] / під ред. С. В. Третьякова. – Донецьк : Державне управління екології та природних ресурсів у Донецькій області, Донецька філія ДІПК Мінекоресурсів України, 2004. – 216 с.

*Поступила в редакцію 04.03.2008*

Методом атомно-емісійної спектроскопії визначено вміст міді та цинку у хвої ялинки звичайної (як індикатора забруднення навколишнього природного середовища), що росте на території Донецької області. Виявлено, що рівень забруднення навколишнього природного середовища цими металами характеризується високими показниками, які різняться на окремих ділянках області за цинком в 5, а за міддю – в 60 разів.

Zinc and Copper content in whitewood needles (*Picea Abies*) in the Donetsk region was determined by the atomic emission spectroscopy. Pollution index of these metals is very high and in particular regions differs by 5 times on Zinc and by 60 times on Copper.