

2. Беликов И.Ф. Распределение продуктов ассимиляции у сои в онтогенезе // Физиология сои и картофеля на Дальнем Востоке. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 3–61.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 29 с.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
5. Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 250 с.
6. Leh H.O. Schwermetallgehalte verschiedener Gemusepflanzen und Möglichkeit zu deren Verminderung durch ackerbauliche Massnahmen // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienst. – 1988. – Vol. 40. – № 6–7. – P. 106–112.



УДК 630.86+636.087

С.В. Соболева, Л.И. Ченцова, И.С. Почекутов

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КОРЕ ТОПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКА

*В статье приведены результаты исследований четырех микрорайонов г. Красноярска, наиболее загрязненных тяжелыми металлами. Показана динамика распределения их в почве и в коре тополя с учетом сезона года.*

**Ключевые слова:** кора тополя, тяжелые металлы, атмосфера, загрязнение почвы, Красноярск.

S.V. Soboleva, L.I. Chentsova, I.S. Pochekutov

### THE RESEARCH OF THE HEAVY METAL ACCUMULATION IN THE SOIL AND POPLAR BARK IN THE KRASNOYARSK CITY TERRITORY

*The research results of four Krasnoyarsk city micro-districts that are most polluted by heavy metals are given in the article. The dynamics of their distribution in the soil and the poplar bark taking into account the year season is shown.*

**Key words:** poplar bark, heavy metals, atmosphere, soil pollution, Krasnoyarsk.

---

**Введение.** Антропогенное загрязнение атмосферы и почвы является причиной многих негативных процессов, происходящих в городских экосистемах. Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне г. Красноярска важное место занимают тяжелые металлы, большинство которых относится к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов накапливаться в организме [1].

Металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются техногенными загрязнителями окружающей среды. Распределение этих элементов в различных компонентах окружающей среды неравномерно, они накапливаются в атмосфере, гидросфере и почве, фиксируются в растениях и живых организмах [2]. Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех городах [3]. Следует отметить, что официально принятой методикой расчета загрязнения атмосферы промышленными выбросами является ОНД-86, предназначенная для вычисления максимальных разовых концентраций  $C_{\text{мр}}$  загрязняющих веществ в приземном слое [4]. Помимо основных, есть дополнительные (биоиндикационные) методы оценки загрязнения атмосферного воздуха, они являются хорошим дополнением к применяемым стандартным способам мониторинга окружающей среды [5]. Такие растения, как тополь черный, тополь пирамидальный, липа мелколистная, каштан конский, береза повислая, концентрируют в своей коре от 15 до 25 ПДК тяжелых металлов, таких, как Cd, Ni, Zn, Cu и Fe, и могут быть использованы для мониторинга загрязнения атмосферы горо-

дов Центральной России [6]. Одним из экологически неблагоприятных считается Красноярск – крупный административный и промышленный центр России.

**Цель исследований.** Оценка сезонного загрязнения воздушной среды и почвы отдельных районов г. Красноярска по изменению содержания тяжелых металлов в коре тополя как наиболее распространенной породы на территории города.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследований использовалась кора тополя (*Populus balsamifera*), отобранная в четырех районах г. Красноярска (Ленинский, Кировский, Железнодорожный, Советский). Отбор проводился в начале каждого сезона 2012 г. с деревьев 20-летнего возраста на высоте 1,3 м от земли. Воздушно-сухое сырье измельчалось на аппарате шнекового типа и методом квартования отбиралась средняя проба размером частиц до 3 мм. Проба анализировалась по методикам, общепринятым в химии древесины [7]. Золу исследовали на наличие тяжелых металлов спектрометрическим методом на приборе «Спектроскан». По интенсивностям аналитических линий и сравнения их с образцом определяли концентрацию тяжелых металлов в пробе. Аналогично анализировали образцы почвы, собранные под деревом в радиусе 1 м. Результаты исследований обрабатывали статистически с помощью пакета программ Microsoft Excel с достоверностью  $P \leq 0,05$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** Исследование данных по изменению влажности и зольности коры тополя по сезонам года показало, что они возрастает в осенне-летний период и уменьшаются весной и зимой (табл. 1– 2).

Таблица 1

Сезонная динамика изменения влажности коры тополя за 2012 г., %

Район отбора проб	Сезон года			
	Лето	Осень	Зима	Весна
Кировский	13,6±0,1	14,1±0,2	7,5±0,2	9,1±0,3
Ленинский	15,2±0,2	16,3±0,1	7,7±0,2	9,9±0,2
Советский	17,5±0,3	14,4±0,1	8,2±0,2	11,4±0,1
Железнодорожный	15,1±0,1	12,2±0,2	11,3±0,1	10,1±0,2

Таблица 2

Содержание золы в коре тополя в зависимости от сезона года, % на а.с.с.

Район отбора проб	Сезон года			
	Лето	Осень	Зима	Весна
Кировский	9,9±0,2	11,5±0,2	10,4±0,2	12,1±0,2
Ленинский	14,2±0,1	13,2±0,2	9,1±0,1	11,7±0,2
Советский	9,6±0,2	9,3±0,3	8,3±0,1	13,6±0,1
Железнодорожный	10,0±0,2	11,3±0,1	10,5±0,3	8,4±0,1

Согласно полученным данным, содержание золы в пробе незначительно возрастает в осенне-летний период от 9,6 до 13,2 % и уменьшается в зимне-весенний период от 8,3 до 13,6 %. Анализ образцов почвы показал другие результаты. Наличие тяжелых металлов в различных районах г. Красноярска одинаково стабильно во все периоды и зависит в большей степени от района расположения участка. Эти данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Зольность образцов почвы различных районов г. Красноярска, % на а.с.с.

Район отбора проб	Сезон года			
	Лето	Осень	Зима	Весна
Кировский	14,8±0,3	14,8±0,2	12,5±0,2	12,8±0,2
Ленинский	14,7±0,1	14,7±0,1	16,5±0,1	14,4±0,2
Советский	17,1±0,2	17,1±0,3	12,3±0,1	11,2±0,1
Железнодорожный	10,3±0,1	16,3±0,2	13,5±0,3	12,6±0,1

Количество тяжелых металлов в коре тополя по сезонам года приведены на рис. 1–3.

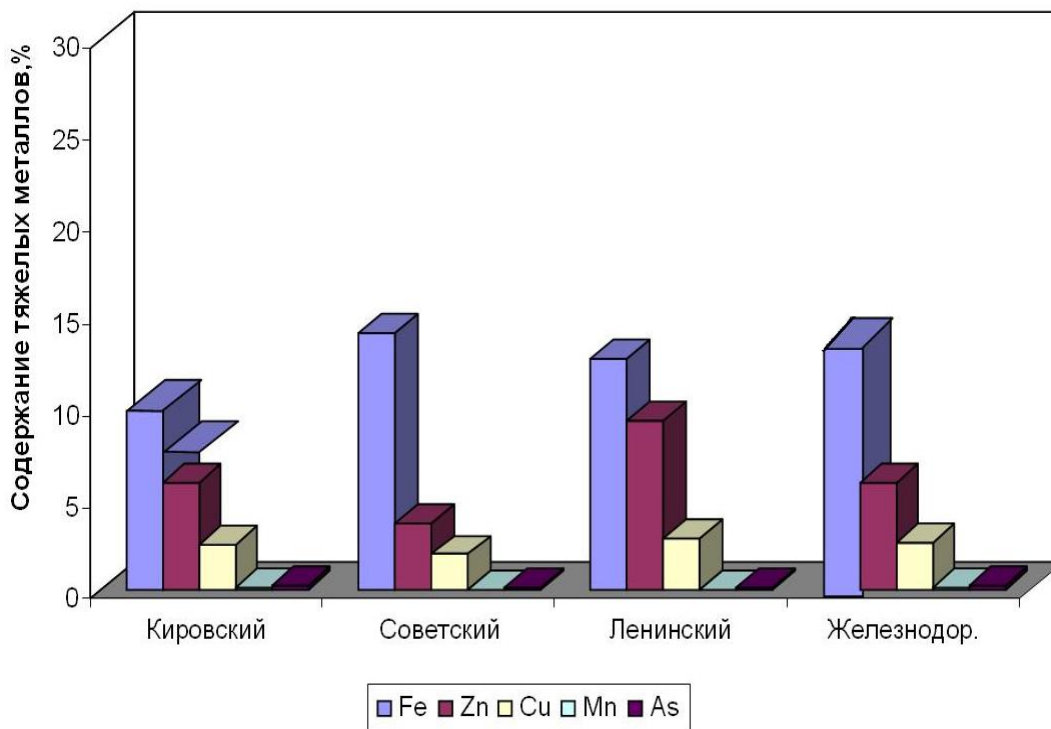


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в коре тополя (лето 2012 г.)

В результате исследований обнаружены следующие элементы: Fe, Zn, Mn, Cu, As. Сравнивая данные рис. 1–3, можно сделать вывод, что накопление тяжелых металлов в коре тополя происходит интенсивнее летом и осенью, а зимой их количество снижается. Наибольшее загрязнение тяжелыми металлами наблюдается в Ленинском и Советском районах города. Эти данные коррелируются с данными по постам наблюдения за загрязнением атмосферы Среднесибирского УГМС [8].

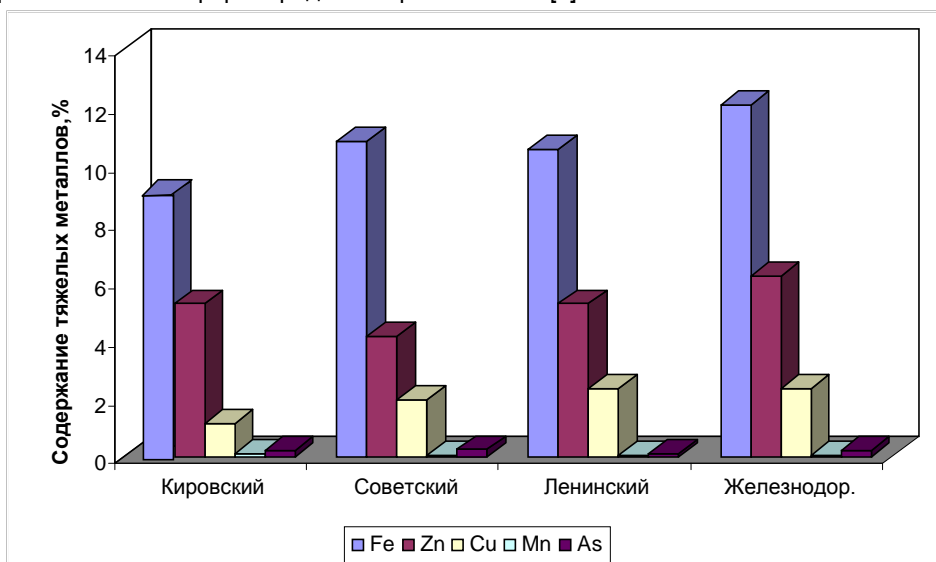


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в коре тополя (осень 2012 г.)

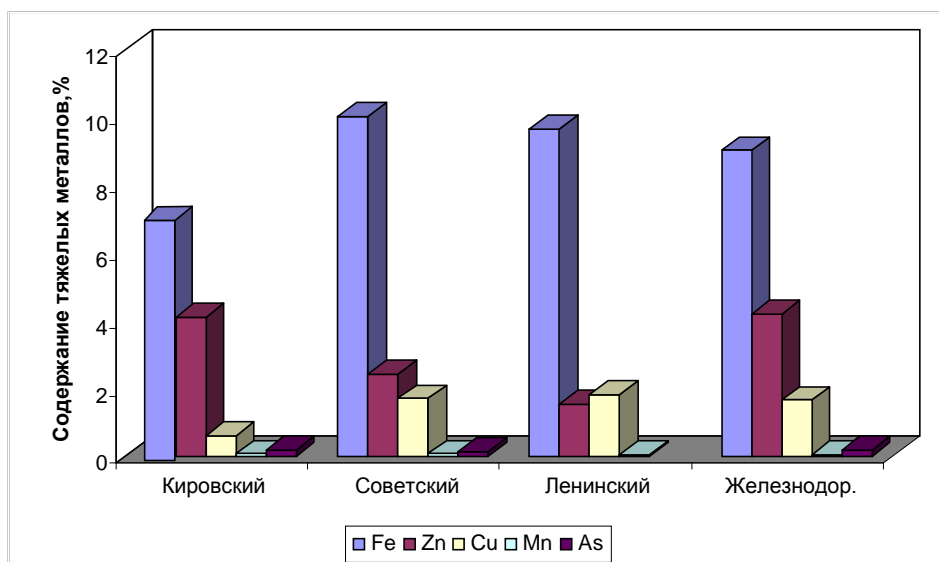


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в коре тополя (зима 2012 г.)

Также нами было рассчитано количественное содержание тяжелых металлов в почве четырех районов города. Эти исследования показали небольшое превышение ПДК по Fe. Согласно экспериментальным данным, основным загрязнителем почвы г. Красноярска является Fe, его содержание в почве и в коре намного выше санитарных норм (табл. 4). Высокое содержание железа обусловлено геохимическими особенностями образования почвенных горизонтов. Его повышенное содержание в почвенном покрове может быть обусловлено использованием для полива вод с природным повышенным содержанием железа. Кроме того, железо может поступать в результате коррозии водопроводных конструкций. Соединения железа могут также поступать со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками.

Таблица 4

**Содержание тяжелых металлов в почве районов г. Красноярска за осенне-летний период 2012 г.**

Район отбора проб	Содержание тяжелых металлов в пробе, %				
	Fe	Zn	Cu	Mn	As
Кировский	45,60 $\pm$ 0,02	5,23 $\pm$ 0,02	1,56 $\pm$ 0,05	0,76 $\pm$ 0,03	-
Ленинский	50,00 $\pm$ 0,02	5,56 $\pm$ 0,03	2,21 $\pm$ 0,03	0,65 $\pm$ 0,02	-
Советский	54,33 $\pm$ 0,03	4,76 $\pm$ 0,02	2,01 $\pm$ 0,04	0,72 $\pm$ 0,03	-
Железнодорожный	40,25 $\pm$ 0,02	5,52 $\pm$ 0,01	3,81 $\pm$ 0,02	0,56 $\pm$ 0,02	0,63 $\pm$ 0,01

Это подтверждается экспериментальными исследованиями: железа в почве в осенне-летний период в 4,5–5 раз больше, чем в коре, а такие элементы, как Zn, Cu, находятся примерно на одном уровне. Так, содержание в почве Zn в различных районах города колеблется в пределах от 4,76 % (Советский р-н) до 5,56 % (Ленинский р-н), в коре – от 4,6 (Советский р-н) до 9,6 % (Ленинский р-н).

Наличие повышенного загрязнения в данных районах обусловлено расположением на их территории предприятий цветной металлургии (Красноярский алюминиевый завод) и теплоэлектростанций ОАО «Енисейская территориальная генерирующая компания» (ТГК-13), которые выбрасывают в атмосферу большое количество вредных веществ. Немаловажную часть в загрязнении городской среды составляют выбросы автотранспорта, продукты неполного сгорания топлива, которые также отравляют атмосферу и оседают на коре и листьях деревьев и кустарников. Авторами статьи показана возможность использования коры тополя в качестве биоиндикатора загрязнения атмосферы. Полученные данные могут быть использованы для оценки состояния городской среды.

**Заключение.** В процессе исследований изучена сезонная динамика накопления тяжелых металлов в почве и в коре тополя бальзамического. Выяснено, что накопление тяжелых металлов в почве не зависит от сезона года и определяется районом расположения участка, а в коре наблюдается другая динамика, в большей степени зависящая от сезона года. Кору тополя можно использовать как общий показатель накопления тяжелых металлов, таких, как Cd, Zn, Cu и Fe.

Литература

1. Методика выполнения измерений массовой концентрации тяжелых металлов в биологических объектах на рентгено-флуоресцентном спектрометре «Спектроскан». – СПб.: ГП ВНИИФТРИ, 1994. – 102 с.
2. Соболева С.В., Ченцова Л.И., Почекутов И.С. Оценка сезонных накоплений тяжелых металлов в коре тополя различных районов г. Красноярска // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С.143–147.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами: СанПиН 4266-87. – М.: ИМГРЭ, 1987. – 36 с.
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 92 с.
5. Степень Р.А., Есякова О.А., Соболева С.В. Оценка загрязнения атмосферы биоиндикационными методами: монография. – Красноярск: СибГТУ, 2013. – 142 с.
6. Шунелько Е.В. Многокомпонентная биоиндикация городских транспортно-селитебных ландшафтов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж, 2000. – 25 с.
7. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины. – Красноярск: КГТА, 1996. – 358 с.
8. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 г. Государственный доклад. – Красноярск, 2010. – 243 с. [Электронный ресурс] // <http://www.krskstate.ru>.



УДК 575.22; 502.4

А.А. Сычев, Э.А. Снегин

**ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА *HELICOPSIS STRIATA* (GASTROPODA, PULMONATA, HYGROMIIDAE) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОГО ЛАНДШАФТА ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ\***

*В статье описываются особенности внутрипопуляционной структуры наземного моллюска *Helicopsis striata* на примере модельной изолированной популяции, обитающей на юге Среднерусской возвышенности. Выявлена морфологическая дифференциация и определены демографические характеристики субпопуляций. На основе анализа изоферментов изучена структура генофондов исследуемых групп. Вычислена эффективная численность и дается прогноз времени дальнейшего существования популяции.*

**Ключевые слова:** особо охраняемый вид, наземный моллюск, лесостепь, внутрипопуляционная структура.

А.А. Sichev, E.A. Snegin

**INTRA-POPULATION STRUCTURE OF *HELICOPSIS STRIATA* (GASTROPODA, PULMONATA, HYGROMIIDAE) IN THE FOREST-STEPPE LANDSCAPE CONDITIONS OF THE MID-RUSSIA UPLAND SOUTH**

*The intra-population structure peculiarities of terrestrial mollusk *Helicopsis striata* on the example of the model isolated population located in the south of Mid-Russian Upland are described in the article. The morphological differentiation is revealed and the demographic characteristics of subpopulations are defined. The gene pool structure of the researched groups is studied on the basis of the isoenzyme analysis. The effective number is calculated and the forecast of the population further existence term is given.*

**Key words:** specially protected kind, terrestrial mollusk, forest-steppe, intra-population structure.

**Введение.** Известно, что вследствие нарушения панмиксии и наличия пространственно-временной неоднородности биотопов происходит дифференциация целостной биологической популяции на внутрипопуляционные группировки (субпопуляции) [1]. Подразделенность является имманентным качеством популяций биологических видов и одним из ведущих механизмов поддержания устойчивости ее существования в условиях колеблющейся среды [2].

В этой связи весьма актуальным является анализ внутрипопуляционной структуры особо охраняемых видов с целью охраны и восстановления их популяций в естественных биотопах.

\* Работа выполнена при поддержке МО РФ. Госзадание № 4.8480.2013.