

УДК 631.95  
DOI 10.26897/0021-342X-2017-5-5-16

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЛАНДШАФТОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ г. КАЛИНИНГРАДА

Л.В. МОСИНА<sup>1</sup>, Г.Н. ЧУПАХИНА<sup>2</sup>, Л.Н. СКРЫПНИК<sup>2</sup>, П.И. МАСЛЕННИКОВ<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

<sup>2</sup>Балтийский федеральный университет имени И. Канта)

*Представлены результаты исследования тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Mn) в почвах г. Калининграда и его пригорода в условиях различного функционального назначения – промышленно-урбанистического и рекреационного. Установлено, что содержание тяжелых металлов в верхнем гумусовом горизонте варьируется в широких пределах в зависимости от местоположения, функционального назначения объекта и вида металла. Выявлены наиболее загрязненные территории, среди которых оказались промышленные зоны, где расположены ремонтно-строительный завод, целлюлозно-бумажный комбинат, мясокомбинат, а также территории с наиболее загруженными транспортными магистралями – железнодорожный вокзал, улица Невского, Ленинский проспект. Пригородные зоны Калининграда (Козий лес, поселки Роцино и Прибрежный, Куришская коса) характеризовались как менее загрязненные территории. Установлено, что накопление Pb как одного из опасных тяжелых металлов в зависимости от функционального использования территории в верхнем гумусовом горизонте представляется в следующей последовательности (по мере возрастания): участки в Козьем лесу → в поселке Роцино → в поселке Прибрежный → на Куришской косе → в парке 40-летия ВЛКСМ → на ул. Коперника → на ул. Менделеева → на Ленинском проспекте → на ул. Невского.*

*По видам металла различия следующие. Содержание Pb возрастает в 3,3 раза (от 30,9 до 103,5 мг/кг), что примерно в 3 раза выше допустимых значений (ПДК 32 мг/кг), Zn – в 10 раз (от 26,8 до 268,6 мг/кг), Cu – в 4 раза (от 20,1 до 84 мг/кг), Ni – в 2,7 раза (от 10,7 до 28,6 мг/кг), Mn – в 7,8 раза (от 66,7 до 520,1 мг/кг). Выявлена тесная связь уровня загрязнения почв с жизненным состоянием растительной компоненты. Наиболее ослабленное жизненное состояние древостоев (увеличение пораженности кроны, листьев и снижение облиственности) отмечалось на участках с максимальным загрязнением тяжелыми металлами, что свидетельствует о высокой чувствительности древостоев к загрязнению. Уровень устойчивости исследованных видов древесных пород к загрязнению снижался в ряду: клен остролистный → ель колючая → липа мелколистная → рябина обыкновенная.*

**Ключевые слова:** урбоэкология, экология почв, загрязнение тяжелыми металлами, жизненное состояние древостоев, устойчивость экосистемы.

### Введение

Загрязнение окружающей природной среды стало глобальной экологической проблемой. Особенно это опасно для городских агломераций, в которых в настоящее

время проживает примерно  $\frac{3}{4}$  населения планеты, и урбанизация имеет тенденцию к росту [9].

Урбанизированные экосистемы характеризуются сложной экологической обстановкой, что отрицательно сказывается на здоровье человека. Огромную долю загрязнений в окружающую природную среду вносит автотранспорт, а также промышленные предприятия. Так, в выхлопных газах автотранспортных средств насчитывается, примерно, 40 химических веществ, большинство из которых токсичны, а вблизи предприятий оседает до 90% выброшенного в атмосферу Pb. В местах повышенных концентраций загрязняющих веществ тяжелыми металлами образуются так называемые техногенные аномалии [8].

Одними из главных загрязнителей, содержащихся в выхлопных газах, являются тяжелые металлы. Некоторые из них (Pb, Cd и Zn) также входят в состав смазочных масел и добавок к бензину, попадают в окружающую среду в результате истирания автомобильных покрышек и пр. [4].

По токсичности и способности накапливаться в трофических цепях наиболее опасными являются Hg, Pb, Cd, Cu, V, Sn, Zn, Mo, Co, Ni. Повышенные концентрации их в живых организмах приводят к угнетению роста и развития. Они способны вызвать мутагенез, эмбриотоксичный и канцерогенный эффекты [2, 10].

В складывающейся экологической обстановке значительную нагрузку несет почва, превратившись в «депо» токсикантов. Особую тревогу вызывают масштабы и темпы роста загрязнений. Так, по данным [6], уровень загрязнения почв одним из опасных тяжелых металлов Pb возрос с 6 мг/кг почвы в 1909–1910 гг. до 139–146 мг/кг в конце 1980-х годов (для территории Московского региона, на Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). В тот же период содержание Pb в почве центра Москвы, район Фрунзенской набережной, составило около 990 мг/кг [4], что примерно в 100 раз превышает его кларковое содержание и примерно в 30 раз значение ПДК.

Из 120 городов России в 80% случаев имеются существенные превышения ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) содержания Pb и других тяжелых металлов в почве. Не вполне благоприятна экологическая обстановка и в г. Калининграде – индустриальном регионе с очень высокой степенью урбанизации, где сосредоточено около 45% населения и 60% всех предприятий области.

Главным источником загрязнения экологии региона является автотранспорт. На него приходится 81% общего количества выбросов по Калининградской области и 84% по г. Калининграду. Эти показатели превышают выбросы от стационарных источников в 4 раза. Высокий уровень загрязнения от автотранспорта объясняется его большим числом. Так, по количеству автомобильного транспорта (около 300 на 1000 человек) Калининградская область занимает ведущее место в России. В основном это подержанные автомобили с низкими эксплуатационно-техническими данными, что оказывает значительное отрицательное влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения. Так, показатели заболеваемости и распространенности онкологических заболеваний по городу Калининграду выше, чем в РФ, соответственно, на 18,9 (2004 г.) и 33% (2003 г.) [3].

Учитывая опасность загрязнения почв тяжелыми металлами и слабую изученность данного вопроса, целью нашей работы являлось изучение содержания тяжелых металлов в почвах г. Калининграда и его пригорода в условиях различного функционального назначения.

## Методика исследований

Объектами исследования являлись ландшафты № 1 и 2 различного функционального назначения г. Калининграда и его пригорода.

Ландшафт № 1 расположен в промышленно-урбанистической зоне (рис. 1), ландшафт № 2 – за ее пределами.

В промышленно-урбанистической зоне исследовалось пять мониторинговых площадок, расположенных:

1.1 – на ул. Коперника (загрязнена газовыми токсинами (по данным Управления природными ресурсами));

1.2 – в парке 40-летия ВЛКСМ (на севере парковой зоны расположен железнодорожный вокзал, на северо-востоке – мясокомбинат);

1.3 – на ул. Менделеева (расположена вблизи целлюлозно-бумажного комбината, берет начало от одной из самых оживленных автомагистралей города – проспекта Победы);

1.4 – на Ленинском проспекте (находится в непосредственной близости к основной магистрали города);

1.5 – на ул. Невского (одна из наиболее загруженных магистралей города (вблизи ремонтно-строительного завода)).

Данные площадки могут служить примером суммарного действия (сенсibilизационного эффекта) различных компонентов газовой смеси промышленного города на растения).

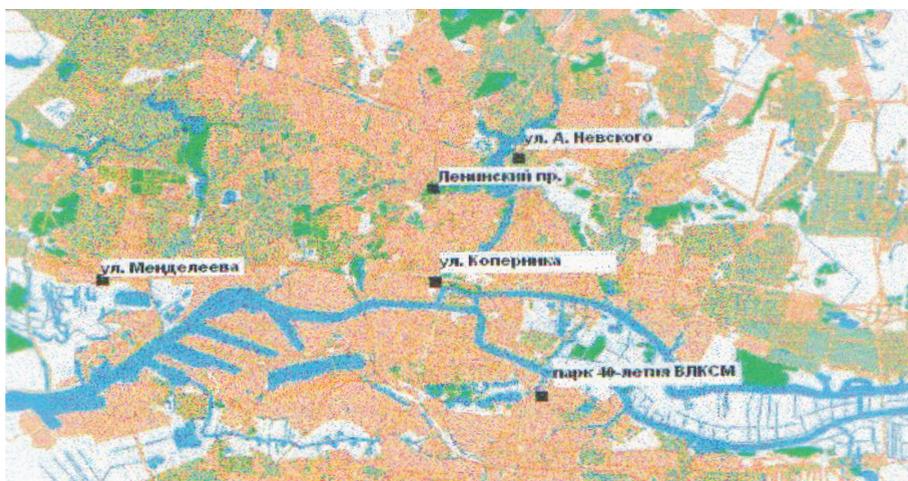
Ландшафты с минимальной антропогенной нагрузкой, так называемые рекреационные, (ландшафт № 2) исследовались на четырех мониторинговых площадках, расположенных за пределами г. Калининграда:

2.1 – в Козьем лесу (санитарно-защитная зона);

2.2 – в поселке Прибрежный;

2.3 – в поселке Рожино;

2.4 – на Куршской косе.



**Рис. 1.** Ландшафты различного функционального назначения г. Калининграда, расположенные на разном удалении от источника загрязнения

Среди них в качестве контрольного был выбран участок 2.1 в Козьем лесу.

На исследуемых участках были заложены пробные площади, с которых отбирали почвенные образцы методом конверта (5–6 «уколов» на каждой пробной площади). После отбора составляли смешанный образец для анализа. Как правило, анализировали верхний гумусовый горизонт в слое до 10–15 см. На участке с максимальной антропогенной нагрузкой (Ленинский проспект) и контрольном (Козий лес) отбор образцов и их анализ проводили до глубины 30–40 см.

Почвы опытных участков относятся к дерново-подзолистым. Среди изучаемых тяжелых металлов – Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, валовое содержание которых в почве определяли с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора ТЕФА-6 Ш фирмы «Ортек».

Влияние загрязнения на состояние древесных растений проводили на примере наиболее часто используемых в озеленении г. Калининграда – рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill), клена остролистного (*Acer platanoides* L.), ели колючей (*Picea pungens*). Для этого использовали представленный в работе [5] показатель относительного жизненного состояния древостоя Lp, который определяется по шкале, %: 100–80 – «здоровые»; 79–50 – «ослабленные»; 49–20 – «сильно ослабленные»; 19–0 – «отмирающие» [1].

### Результаты и обсуждение

Содержание тяжелых металлов в верхних гумусовых горизонтах исследуемых почв варьируется в широких пределах в зависимости от местоположения, функционального назначения объекта и вида металла (табл. 1). По видам металла количественная вариабельность существенно различается. Максимальная вариабельность установлена у Zn и составляет примерно 10-кратное превышение – от 28,6 до 268,6 мг/кг в зависимости от местоположения исследуемой территории. При этом максимальное накопление отмечается в исследуемом районе на ул. Коперника. Также высока вариабельность у Mn – почти 8-кратное значение (8,9); содержание Cu возрастает в 4 раза – от 20,1 до 84,0 мг/кг, Pb – в 3,3 раза (от 30,9 до 103,5 мг/кг). Минимальное варьирование отмечается у Ni – 2,2 раза (от 10,7 до 28,6 мг/кг).

Как общая закономерность, установлено значительное снижение содержания тяжелых металлов на участках с минимальной антропогенной нагрузкой, расположенных за пределами г. Калининграда. Это участки Козьего леса, поселков Прибрежный, Рощино, Куршской косы. Исключение составляет участок пос. Рощино по содержанию Mn, где отмечается высокая концентрация данного элемента – 520,1 мг/кг, что, возможно, связано с экологическими особенностями данной местности.

Представляет определенную опасность рост содержания Pb в верхнем гумусовом горизонте на участках промышленно-урбанистической зоны, расположенных вблизи источников загрязнения. Так, если содержание данного элемента в районах Козьего леса, Куршской косы, поселков Прибрежный и Рощино составляет 30,9–36,5 мг/кг, что примерно соответствует значению ПДК (32 мг/кг), то в районе ул. Невская, которая является одной из наиболее загруженной автомагистралями частью города, содержание Pb экстремально высокое (103,5 мг/кг) и превышает санитарно-гигиенический норматив (допустимый уровень) более чем в 3 раза. Все это свидетельствует, что автотранспорт – основной источник загрязнения почв Pb в этой части города.

В зависимости от местоположения мониторинговых площадок накопление Pb в верхнем гумусовом горизонте можно представить в следующей последовательности (по мере возрастания): пригородная зона – Козий лес (контроль) → пос. Рощино

Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов в почвах ландшафтов  
различного функционального назначения Калининградского региона**

Участок мониторинга	Горизонт	Содержание ТМ, мг/кг				
		Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
Участки с минимальной антропогенной нагрузкой (расположены за пределами г. Калининграда в рекреационной зоне)						
Козий лес (контрольный)	A <sub>1</sub>	30,9±2,8	26,8±2,2	–	12,8±1,0	156,8±14,9
пос. Прибрежный	A <sub>1</sub>	34±3,0	66±5,8	–	19,9±1,8	125,5±11,6
пос. Роцино	A <sub>1</sub>	32±2,8	31±2,8	–	16,2±1,4	520,1±51,4
	A <sub>1</sub>	35,6±3,2	41,2±3,9	–	18,4±1,6	293,1±27,8
Куршская коса	A <sub>1</sub>	36,5±3,4	48±4,5	–	10,7±0,97	66,7±6,4
Участки с высоким антропогенным воздействием (расположены в промышленно-урбанистической зоне г. Калининграда)						
Ленинский просп.	A <sub>1</sub>	82,9±7,8	164,8±15,0	55±4,7	24±2,1	265±24,9
ул. Менделеева	A <sub>1</sub>	72,8±7,0	107,3±8,8	20,1±1,8	20,2±1,8	336±32,8
ул. Невского	A <sub>1</sub>	103,5±9,4	178,6±15,4	84±7,8	24,3±2,2	259,3±24,2
парк 40-летия ВЛКСМ	A <sub>1</sub>	60,8±5,9	76±7,1	–	28,6±2,4	354,2±33,6
ул. Коперника	A <sub>1</sub>	70,7±6,8	268,6±25,4	–	15,7±1,12	520,1±49,2

→ пос. Прибрежный → Куршская коса → парк 40-летия ВЛКСМ → ул. Коперника  
→ ул. Менделеева → Ленинский просп. → ул. Невского.

Внутрипрофильное распределение ТМ, представленное для участков с различной антропогенной нагрузкой: минимальной – в Козьем лесу и высокой – на Ленинском проспекте, показало значительное их проникновение на глубину 30–40 см (табл. 2).

Таблица 2

**Профильное распределение тяжелых металлов  
в ландшафте Козьего леса и Ленинского проспекта**

Генетический горизонт и глубина образца, см	Содержание ТМ, мг/кг			
	Pb	Zn	Ni	Mn
Минимальная антропогенная нагрузка. Козий лес (контроль)				
A <sub>1</sub> 6–11	30,9±2,8	26,8±2,4	12,8±1,1	156,8±14,8
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 20–28	23,9±2,16	28,6±2,7	8,9±0,79	239±22,9
A <sub>2</sub> B 30–40	27,3±2,57	21,8±2,0	19,6±1,78	192±18,6
Высокая антропогенная нагрузка. Ленинский проспект				
A <sub>1</sub> 5–15	82,9±8,04	164,8±15,9	24±2,3	265±24,9
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 20–30	47,7±4,65	62± 6,0	4,99±0,48	164±15,7
A <sub>2</sub> B 30–40	31,4 ±3,05	39,4 ± 4,0	16,8 ± 1,7	176 ± 18,2

Результаты проведенных исследований показывают, что тяжелые металлы в основном аккумулируются в верхнем гумусовом горизонте (за исключением Ni и Mn), а с глубиной их содержание снижается (табл. 2). Это свидетельствует об аэральном характере загрязнения. Однако характер распределения с глубиной почвенного профиля по разным металлам в районе Козьего леса и Ленинского проспекта, то есть участков с различной антропогенной нагрузкой, различен. В почвах Козьего леса, расположенного за пределами г. Калининграда, тяжелые металлы распределяются более равномерно по почвенному профилю в отличие от распространения их с глубиной в районе городской среды. Например, содержание Pb в переходном горизонте  $A_2B$  почв Козьего леса на глубине 30–40 см не столь значительно – на 3,6 мг/кг отличается от содержания его в верхнем гумусовом горизонте – при варьировании от 27,3 и 30,92 мг/кг соответственно. В почвах же Ленинского проспекта, расположенного в промышленно-урбанистической зоне, содержание этого элемента высокое в верхнем гумусовом слое (82,9 мг/кг) и с глубиной резко (более чем в 2 раза) сокращается (до 31,4 мг/кг).

Аналогичное распределение по почвенному профилю наблюдается и для других металлов: более равномерное на удаленных от города участках и резкое сокращение с глубиной на территории в непосредственной близости к основной автомагистрали города, что указывает на явно выраженный аэральный гумусово-аккумулятивный характер загрязнения в районе промышленно-урбанистического типа ландшафта. Однако по некоторым металлам (Ni и Mn) в Козьем лесу эта тенденция нарушается. Максимальное накопление их отмечается не в верхнем гумусовом горизонте, а в переходных горизонтах. Для Ni – в горизонте  $A_2B$  – 19,6 мг/кг почвы по сравнению с 12,8 мг/кг в верхнем 6–11 см слое. Для Mn – в горизонте  $A_1A_2$  – 239,0 мг/кг по сравнению с 156,8 мг/кг в гумусовом горизонте. Такое внутривертикальное распределение, возможно, связано с разной интенсивностью вовлечения металлов в биогеохимический круговорот, а также разным характером почвообразующих пород, что требует дополнительного изучения.

Сопоставление полученных результатов с данными относительно состояния древесных растений в г. Калининграде [11, 12], среди которых наиболее часто используемые в озеленении города [5] рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), ель колючая (*Picea pungens*), показало прямую связь загрязнения почв тяжелыми металлами (на примере Pb) с жизненным состоянием растительности, одним из показателей которой является облиственность древостоя (рис. 2).

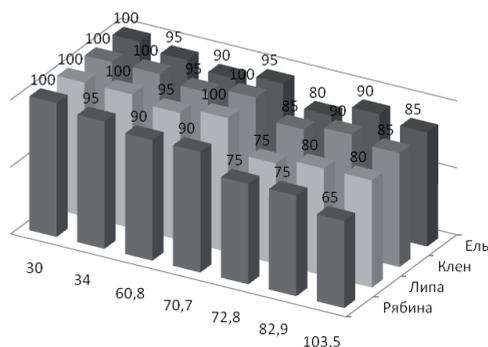


Рис. 2. Влияние содержания Pb в почве на облиственность разных древесных пород, %

## Относительное жизненное состояние древостоя

Участок мониторинга	Категория	Количество деревьев, %				Ln, %
		Здоровые	Ослабленные	Сильно ослабленные	Отмирающие	
Участки с минимальным антропогенным воздействием (удаленные от промышленно-урбанистической зоны)						
Козий лес (контроль)	Здоровые	97,6–100	0–2,4	0	0	92,5–100
пос. Прибрежный (пригородная зона)	Здоровые	57,1–95,0	5–34,2	0–8,7	0	84,0–96,0
Участки с высоким антропогенным воздействием (в промышленно-урбанистической зоне)						
ул. Коперника	Здоровые (клен и ель), Ослабленные (рябина и липа)	20,0–75,0	25,0–80,0	0–14,2	0	74,0–92,5
Парк 40-летия ВЛКСМ (промышленная зона)	Здоровые Ослабленные	35,2–78,4	20,0–60,0	1,6–12,2	0	72,7–88,0
Ленинский просп. (непосредственная близость от основной автомагистрали)	Ослабленные	0–25,0	62,5–76,0	0–33,4	0	60,0–76,0
ул. Менделеева (комплексное влияние – автотранспорт + промышленное предприятие)	Ослабленные	0	50,0–25,7	14,2–50,0	0	55,0–65,7
ул. Невского (вблизи ремонтно-строительного завода, наиболее загрязненная часть промышленно-урбанистического ландшафта)	Ослабленные Сильно ослабленные	0	50–100	0–30	0–25	46,25–70

С увеличением содержания Рb в почве снижается общая площадь ассимиляционной поверхности (облиственности), что ухудшает выполнение санитарно-гигиенических функций «зеленых легких» города. Наиболее чувствительной к загрязнению выступает рябина. Рост уровня свинцового загрязнения с 30,9 до 103,5 мг/кг снижает

ее облиственность примерно в 1,5 раза со 100% на контроле до 65% в районе одной из наиболее загруженных магистралей города – ул. Невского, расположенной вблизи ремонтно-строительного завода. Более устойчивым является клен. Общая площадь ассимиляционной поверхности этой древесной породы на участках с максимальным загрязнением сокращается на 20%.

В городе с увеличением антропогенной нагрузки количество здоровых деревьев, их относительное жизненное состояние  $L_n$  (%), оцениваемое по таким показателям, как пораженность кроны и листьев, а также облиственность, снижались, а соответствующие категории «ослабленные» увеличивались (табл. 3).

По всем показателям жизненное состояние древостоев существенно различалось в зависимости от степени антропогенного воздействия. Наихудшее жизненное состояние древостоев  $L_n=46,2-76,0\%$  (увеличение пораженности кроны, листьев и снижение облиственности) отмечалось в промышленно-урбанистических типах ландшафта, почвы которых характеризовались максимальным загрязнением тяжелыми металлами, что свидетельствует о высокой чувствительности древостоев к загрязнению.

В промышленно-урбанистической зоне (особенно в ее наиболее загрязненной части (ул. Невского) здоровых деревьев практически не наблюдалось в отличие от контрольного варианта (в Козьем лесу), где почти все деревья (97,6–100%) были здоровы. В городской среде увеличивается и количество ослабленных, и сильно ослабленных древостоев, соответственно, с 0–2,4% на контроле до 25,0–100% и с 0 до 14,5%.

В наиболее загрязненной части города – вблизи ремонтно-строительного завода на ул. Невского, где отмечается максимальный сенсбилизационный эффект различных негативных компонентов промышленных и автотранспортных выбросов, обнаружены и отмирающие деревья, численность которых достигала 25%.

Негативное влияние загрязнения на изученные виды древесных пород увеличивается в следующем ряду: Козий лес → пос. Прибрежный → ул. Коперника → парк 40-летия ВЛКСМ → Ленинский проспект → ул. Менделеева → ул. Невского.

Бесспорно, на жизненное состояние зеленых насаждений в городе влияет множество экологических факторов, например, наличие производственных предприятий, выбросы ремонтно-строительного завода, целлюлозно-бумажного комбината и др., тем не менее влияние почвенных условий является исключительно значимым. Почва как среда для произрастания растений является индикатором экологического состояния ландшафта, что следует учитывать при проведении экспериментов и разработке природоохранных мероприятий.

Полученные результаты дают представление об уровне и характере аэрального гумусово-аккумулятивного типа загрязнения тяжелыми металлами почв ландшафтов различного функционального назначения г. Калининграда и его пригородной зоны. Тренды изменения содержания тяжелых металлов свидетельствуют о том, что уменьшение антропогенных выбросов на поверхность почвы из-за ликвидации экологически опасных источников способствует снижению загрязненности почвенного покрова.

## Выводы

1. Установлены основные закономерности пространственной изменчивости содержания тяжелых металлов в почвах на участках с различным антропогенным прессингом Калининградского региона. На участках с высокой антропогенной

нагрузкой (промышленно-урбанистический тип ландшафта) содержание тяжелых металлов значительно (в 2–4 раза) выше по сравнению с пригородными ландшафтами.

2. Выявлено превышение допустимых значений тяжелых металлов, причем содержание наиболее опасного из них, Pb, превышает значение ПДК примерно в 3 раза, что характеризует центральную часть города как экологически опасную.

3. Амплитуда различий в содержании тяжелых металлов в зависимости от вида металла и местоположения территории представлена следующим рядом: Zn (10 раз) → Mn (7,8 раза) → Cu (4 раза) → Pb (3 раза).

4. Установлена тесная связь между жизненным состоянием древостоев и уровнем свинцового загрязнения. Относительное жизненное состояние древостоя в городе снижается за счет увеличения пораженности кроны, листьев и снижения облиственности. Негативное влияние свинцового загрязнения увеличивается в следующем ряду: Козий лес → пос. Прибрежный → ул. Коперника → парк 40-летия ВЛКСМ → Ленинский просп. → ул. Менделеева → ул. Невского.

5. Устойчивость исследованных видов древесных пород к загрязнению тяжелыми металлами снижается в ряду: клен остролиственный → ель колючая → липа мелколистная → рябина обыкновенная.

### Библиографический список

1. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

2. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.–М.: Агрохимиздат, 1997. 142 с.

3. Ежегодный справочник управления природными ресурсами по Калининградской области за 2004 год. Калининград, 2004. 68 с.

4. *Лепнева О.М.* Влияние антропогенных факторов на химическое состояние почв города (на примере г. Москвы): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987. 25 с.

5. *Майдебура И.С.* Влияние загрязнения воздушного бассейна г. Калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели древесной растительности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2006. 24 с.

6. *Мосина Л.В.* Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2003. 36 с.

7. *Обухов А.И., Лепнева О.М.* Состояние свинца в системе почва – растение в зонах влияния автомагистралей // Свинец в окружающей среде. М.: Наука, 1988. С. 149–166.

8. *Павлова Е.Н.* Экология транспорта: учебник. М.: Транспорт, 2000. 248 с.

9. Почва, город, экология / под ред. Г.В. Добровольского. М., 1997. 248 с.

10. *Соколов О.А., Черников В.А.* Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. М.: Пушино, 1999. 163 с.

11. *Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Мальцева Е.Ю.* и др. Антиоксидантный статус растений в условиях загрязнения кадмием городской среды // Вестник БФУ им. И. Канта. 2011. № 7. С. 16–23.

12. *Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Бессережнова М.И.* Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник ТомГУ. Биология. 2012. № 2. С. 171–185.

# THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL OF VARIOUS FUNCTIONAL LANDSCAPES IN KALININGRAD REGION

L.V. MOSINA<sup>1</sup>, G.N. TCHOUPAKHINA<sup>2</sup>, L.N. SKRYPNIK<sup>2</sup>, P.V. MASLENNIKOV<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Russian Timiryazev State Agrarian University;  
<sup>2</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University)

*The content of heavy metals (HM) (Pb, Zn, Cu, Ni, Mn) in soils of the city of typical for Kaliningrad has been studied in view of their various functional purposes and at different distances from the source of pollution. The results have shown that the content of heavy metals in the upper humus horizon varies widely depending on the location, the functional purpose and the metal type. The authors have determined the most polluted industrial areas including the repair and construction plant, the paper mill, the meat plant and territories with the most downloaded highways, namely, the railway station, Nevskogo Street, Leninsky Avenue. For example, accumulation of Pb as one of the most dangerous heavy metals, or a metal of «death», is represented as follows (with an increase), depending on the distance from the source of pollution in the upper humus horizon: Koziy forest → Roshchino settlement → Pribrezhny settlement → Curonian Spit → Park of the 40th anniversary of the Komsomol → Kopernika Street → Mendeleyeva Street → Leninsky Avenue → Nevskogo Street.*

*According to metal species, the differences are as follows: Pb content is increased in 3,3 times (from 30,9±2,0 to 103,5±9,4 mg/kg), Zn – 10 times (from 26,8 ±2,2 to 268,6±25,4 mg/kg), Cu – 4-fold (from 20,1±1,8 to 84±7,8 mg/kg), Ni – 2,7 times (from 10,7±0,97 to 28,6±2,4 mg/kg) Mn – 7,8 times (from 66,7±6,4 to 520,1±51,4 mg/kg). The results showed a close relationship between the level of soil contamination with heavy metals and the vital condition of plant components. The worst vital condition of tree stands featuring increased damage of crowns and leaves and decreased foliage content was noted in the areas most highly polluted with heavy metals, which indicates a high sensitivity of tree stands to pollution. The pollution tolerance level of the studied tree species decreased in the following sequence: Spruce barbed – Norway maple – Tilia cordata – Mountain ash.*

**Key words:** vital condition of tree stands, pollution, environment, anthropogenic anomalies, heavy metals, urbanization, ecosystems.

## References

1. *Alekseyev V.A.* Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derevyev i drevostoyev [Diagnostics of a vital condition of trees and tree stands] // *Lesovedeniye*. 1989. No. 4. P. 51–57.
2. *Alekseyev Yu.V.* Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh [Heavy metals in soils and plants]. L.–M.: Agrokhimizdat, 1997. 142 p.
2. *Yezhegodnyy spravochnik upravleniya prirodnyimi resursami po Kaliningradskoy oblasti za 2004 god* [Annual directory of natural resources management in the Kaliningrad region for 2004]. Kaliningrad, 2004. 68 p.
3. *Lepneva O.M.* Vliyaniye antropogennykh faktorov na khimicheskoye sostoyaniye pochv goroda (na primere g. Moskvyy) [Influence of anthropogenic factors on the chemical state of city soils (as exemplified by Moscow)]: Self-review of PhD (Bio) thesis. M., 1987. 25 p.

4. *Maydebura I.S.* Vliyaniye zagryazneniya vozdušnogo basseyna g. Kaliningrada na anatomo-morfologicheskiye i biokhimiicheskiye pokazateli drevesnoy rastitel'nosti [Influence of pollution of the air basin of Kaliningrad on anatomo-morphological and biochemical indicators of woody vegetation]: Self-review of PhD (Bio) thesis. Kaliningrad, 2006. 24 p.

5. *Mosina L.V.* Antropogennoye izmeneniye lesnykh ekosistem v usloviyakh megapolisa Moskva [Anthropogenic change in forest ecosystems in a megacity of Moscow]: Self-review of DSc (Bio) thesis, M., 2003. 36 p.

6. *Obukhov A.I., Lepneva O.M.* Sostoyaniye svintsya v sisteme pochva – rasteniye v zonakh vliyaniya avtomagistralei [The condition of lead in a soil-plant system in the zones of motorway influence] // *Svinets v okruzhayushchey srede*. M.: Nauka, 1988. P. 149–166.

7. *Pavlova Ye.N.* Ekologiya transporta [Ecology of transport] (Textbook). M.: Transport, 2000. 248 p.

8. Pochva, gorod, ekologiya [Soil, city, ecology] / Ed. by G.V. Dobrovolsky. M., 1997. 248 p.

9. *Sokolov O.A., Chernikov V.A.* Atlas raspredeleniya tyazhelykh metallov v obyektakh okruzhayushchey srede [Atlas of the distribution of heavy metals in environmental objects]. M.: Pushchino, 1999. 163 p.

10. *Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Maltseva Ye. Yu.* i dr. Antioksidantnyy status rasteniy v usloviyakh zagryazneniya kadmiyem gorodskoy srede [Antioxidant status of plants polluted by cadmium in the urban environment] // *Vestnik Baltiyskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta*. 2011. No. 7. P. 16–23.

11. *Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Besserezhnova M.I.* Reaktsiya pigmentnoy i antioksidantnoy sistem rasteniy na zagryazneniye okruzhayushchey srede g. Kaliningrada vybrosami avtotransporta [Reaction of pigment and antioxidant systems of plants to the environment pollution by motor transport emissions in Kaliningrad] // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2012. No. 2. P. 171–185.

**Мосина Людмила Владимировна** – д. б. н., проф. кафедры экологии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-22-75; e-mail: z-light@yandex.ru).

**Чупахина Галина Николаевна** – д. б. н., проф. кафедры биоэкологии и биоразнообразия Балтийского федерального университета имени И. Канта (236041, г. Калининград, ул. Невского, 14; тел.: (4012) 595-597; e-mail: tchoupakhina@mail.ru).

**Скрыпник Любовь Николаевна** – к. б. н., доц. кафедры биоэкологии и биоразнообразия Балтийского федерального университета имени И. Канта (236041, г. Калининград, ул. Невского, 14; тел.: (4012) 595-597; e-mail: Skrypnik@mail.ru).

**Масленников Павел Владимирович** – к. б. н., доц. кафедры биоэкологии и биоразнообразия Балтийского федерального университета имени И. Канта (236041, г. Калининград, ул. Невского, 14; тел.: (4012) 595-597; e-mail: pashamaslennikov@mail.ru).

**Lyudmila V. Mosina** – DSc (Bio), Professor of Department of Ecology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7 (499) 976-22-75; e-mail: z-light@yandex.ru).

**Galina N. Chupakhina** – DSc (Bio), Professor of Department of Bio-Ecology and Biodiversity Immanuel Kant Baltic Federal University (236041, Kaliningrad, Nevskogo str., 14; phone: +7 (4012) 595-597; e-mail: tchoupakhina@mail.ru).

**Lybov N. Skrypnik** – PhD (Bio), Associate Professor of Department of Bio-Ecology and Biodiversity Immanuel Kant Baltic Federal University (236041, Kaliningrad, Nevskogo str., 14; phone: +7 2017-5-101-114 (4012) 595-597; e-mail: Skrypnik@mail.ru).

**Pavel V. Maslennikov** – PhD (Bio), Associate Professor of Department of Bio-Ecology and Biodiversity Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad (236041, Kaliningrad, Nevskogo str., 14; phone: +7 (4012) 595-597; e-mail: pashamaslennikov@mail.ru).