

УДК 631.10

**Осина Д.Е.**

*Московский государственный педагогический университет*

## **ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА КАЛУГИ**

**D. Osina**

*Moscow State Pedagogical University*

### **GEOGRAPHICAL REGULARITIES OF CONTAMINATION OF SOILS WITH HEAVY METALS IN KALUGA**

*Аннотация.* Рассмотрена проблема загрязнения тяжелыми металлами почв города Калуга. Целью исследования была диагностика содержания тяжелых металлов в городских почвах Калуги и определение степени выраженности загрязнения в различных функциональных зонах города. Проведенные исследования позволили выделить на территории города районы с различными уровнями загрязнения почвы основными металлами – загрязнителями городской среды. Полученные данные свидетельствуют об умеренном загрязнении почв города тяжелыми металлами. На основе полученных результатов были составлены карты-схемы загрязнения почв города металлами с глубины 0-5 см и 20-25 см. Приводятся результаты анализа особенностей загрязнения городских почв металлами и оценки влияния крупных промышленных производств на загрязнения почв медью, свинцом, цинком и марганцем.

*Ключевые слова:* металл, загрязнение, геохимически активные формы металлов, концентрации металлов, медь, свинец, цинк, марганец.

*Abstract.* The problem of contamination of soils in Kaluga with heavy metals is studied. The content of heavy metals in the urban soils of Kaluga is analyzed and the degree of contamination manifestation in different functional areas of the city is determined. The research made it possible to locate the city areas with different levels of soil contamination with basic metals, i.e., pollutants of the urban environment. The data obtained indicate a moderate soil contamination with heavy metals. Based on the results obtained, a map showing the areas contaminated with metals at a depth of 0–5 cm and 20–25 cm was constructed. The analysis performed shows the characteristics of contamination of urban soils with metals. The influence of large industrial plants on soil contamination with copper, lead, zinc and manganese is evaluated.

*Key words:* metal, contamination, geochemically active forms of metals, concentrations of metals, copper, lead, zinc, manganese.

В настоящее время во многих регионах мира антропогенное загрязнение и изменение почв достигло такого уровня, что представляет серьезную опасность для жизни и здоровья человека. Загрязнение почвы подвижными формами тяжелых металлов является наиболее актуальной проблемой, ввиду важной распределительной роли почв в функционировании биогеосистем. Известное высказывание В.И. Вернадского о том, что человечество становится реальной геологической силой, во многом подтверждается фактом поступления в окружающую среду большого количества химических веществ, в том числе тяжелых металлов и их соединений, не имеющих аналогов в природе. Сами тяжелые металлы являются веществами, которые в повышенных концентрациях вызывают необратимые изменения в живых организмах, в том числе мутации и отравления, что может существенно повлиять на все компоненты геосистем. Учитывая это, исследование загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами представляется приоритетным направлением развития экологической геохимии, в первую очередь в пределах крупных городов, где сосредоточена значительная часть населения. Одним из таких городов является Калуга – крупный промышленный город Центральной России. Актуаль-

ность исследования заключается в том, что в настоящее время Калуга – город с динамично развивающимся промышленным производством, но до сих пор работ по изучению тяжелых металлов в почвах города не проводились (численность населения города составляет 327 650 человек, по данным на 2010 г.). Целью данного исследования является установление содержания тяжелых металлов в городских почвах г. Калуги и определение степени выраженности загрязнения в различных функциональных зонах города.

В процессе исследования было отобрано более 100 проб почвы в разных районах города (селитебных зонах, на территории ряда промышленных предприятий, вдоль автомобильных дорог) с глубины 0-5 см и 20-25 см. Определение содержания тяжелых металлов проводилось в солянокислых вытяжках (1н HCl) из почвы методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре Spektr-5.3. Определялись следующие металлы: медь, цинк, марганец свинец, являющиеся основными металлами-загрязнителями городской среды. Нормирование содержания тяжелых металлов в почве является чрезвычайно сложным из-за невозможности полного учета всех факторов, определяющих их концентрацию и формы аккумуляции [4]. Имеются противоречивые данные даже о фоновом содержании некоторых металлов. Приводимые исследователями результаты различаются иногда в 5-10 раз. По результатам исследований созданы карты-схемы, за основу которых были взяты предельно допустимые подвижные формы тяжелых металлов, широко применяемые в практике экологических исследований и экологического нормирования (табл. 1).

Наиболее показательно загрязнение тяжелыми металлами исследованных территорий прослеживается по картам содержания геохимически активных форм металлов, относящихся к первому классу опасности, а именно цинка и свинца (рис. 1). В пространственном распределении загрязнения цинком выделяется 1 район с максимальной концентрацией данного металла. Это связано с находящимся

в непосредственной близости от точки отбора почвенного образца заводом по производству металлоизделий и металлоконструкций, а также рядом расположенной оживленной городской магистралью (Московское шоссе). Вокруг района с максимальной концентрацией металла и в большей части исторического центра города загрязнение почвы цинком носит умеренный характер. Следует отметить, что в большинстве случаев цинк мигрирует вниз почвенной толщи и его концентрация на глубине 20-25 см превышает концентрацию на поверхности (рис. 2). Подобное явление может объясняться высоким сродством цинка с подвижными формами гумуса.

Таблица 1

**Предельно допустимые подвижные формы тяжелых металлов (1н HCl, Х. Чулджиян, 1988)**

| металл | ПДК (мг/кг) |
|--------|-------------|
| Cu     | 50          |
| Pb     | 60          |
| Zn     | 60          |
| Mn     | 600         |

Свинец является одним из приоритетных и экологически опасных загрязнителей городской среды. Преобладающая часть его соединений характеризуется небольшой подвижностью и высокой аккумулярующей способностью [1], что приводит к интенсивному накоплению металла в почвах. Основными источниками свинца в городских ландшафтах являются газо-пылевые выбросы автотранспорта и промышленных предприятий [2]. В пространственном отношении участки города, загрязненные свинцом, почти полностью повторяют рисунок сети наиболее оживленных транспортных магистралей. Районы с максимальным и допустимым содержанием свинца в почвах находятся в центральной части города, где наблюдается наибольшее скопление автотранспорта. Это дает основание сделать вывод о том, что главным источником загрязнения является автотран-

спорт. Большинство сортов бензина до недавнего времени содержали в качестве добавки тетраэтилсвинец. В течении многих лет происходило накопление в почве данного элемента и его миграция вглубь, что подтвердилось результатами исследования. Особенно следует отметить высокую концентрацию свинца в почве у берега Яченского водохранилища. Это объясняется расположенной рядом свалкой бытовых отходов и мусора. Загрязнение почвенных образований свинцом имеет очаговый характер и фиксируется на территории предприятий. Индикация содержания свинца в почвах является одним из основных методов оценки экологического состояния городов [3].

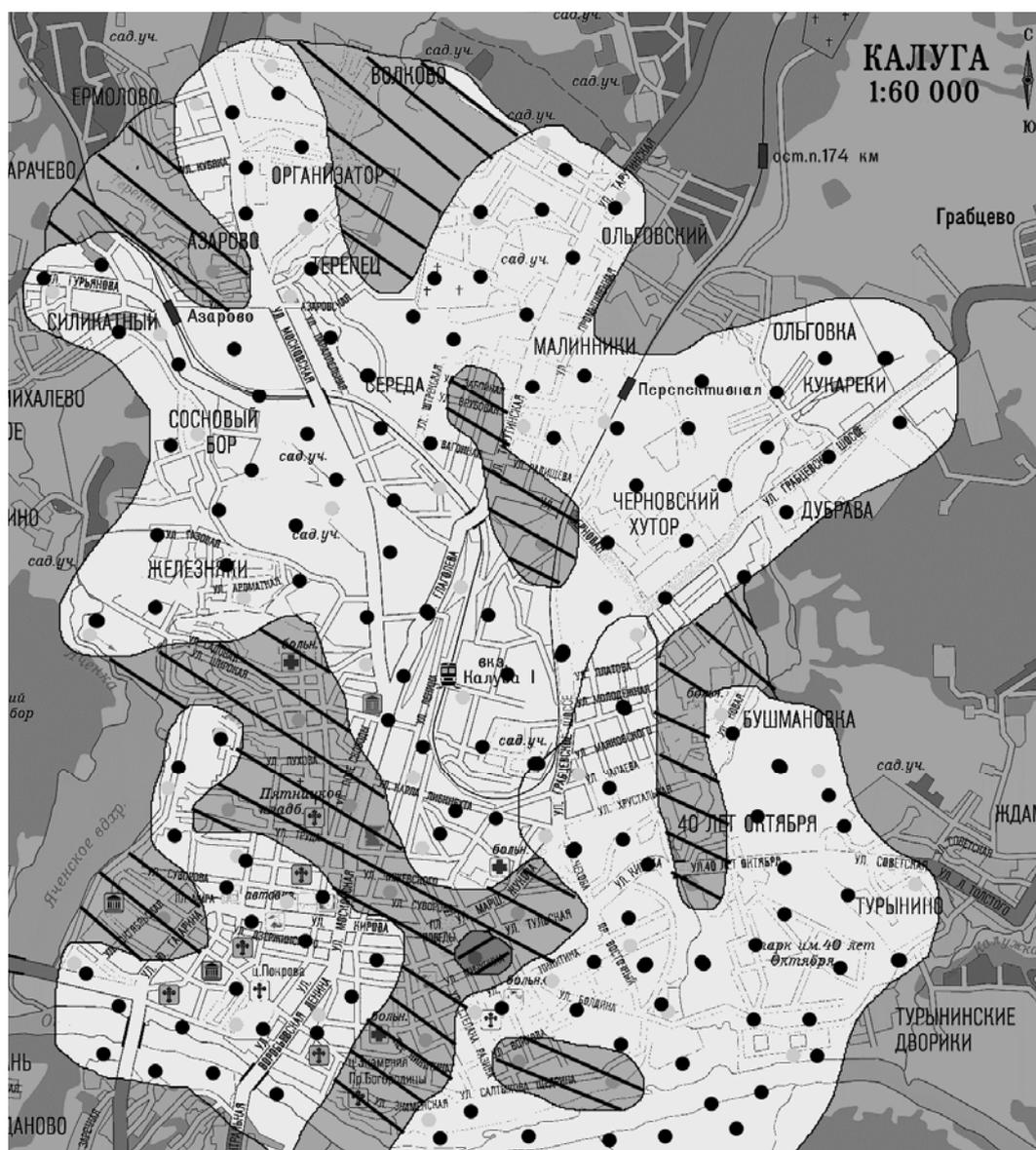
Высокая концентрация марганца характерна для большинства проанализированных образцов почв. Очевидно, это объясняется естественными причинами, а именно высоким содержанием данного элемента в растительности как результат биологического поглощения. В некоторых районах центра города наблюдается пониженное содержание марганца, так как в этих районах меньше растительности и отсутствуют промышленные предприятия. Вместе с тем следует выделить отдельные очаговые пятна с высокой концентрацией данного металла, что совпадает с крупными промышленными производствами. В ходе анализа полученных данных удалось установить причину повышенного содержания марганца в районе Турынино. В непосредственной близости от точки отбора образца находится сельскохозяйственное предприятие «Агросоюз», которое занимается изготовлением продуктов питания и пшеничной муки, и там же производит отгрузку готовой продукции. Пшеничная мука, наряду с железом, серой, содержит значительное количество марганца.

Пространственное распределение меди в почвах города Калуги характеризуется наличием одного района с высокой концентрацией металла, что связано с находящимся рядом заводом (по производству металлоизделий и металлоконструкций), использующим медь в производственном цикле. Центральная

часть города относится к зоне умеренного загрязнения медью, а окраинные и селитебные зоны характеризуются наименьшей концентрацией данного металла. Так же как и другие исследованные металлы, медь имеет тенденцию к миграции в глубь почвенного профиля. Самые высокие концентрации меди в почвах города Калуга были отмечены в районе ул. Салтыкова-Щедрина (Калужский завод телеграфной аппаратуры), Грабцевское шоссе (Калужский ламповый завод, использующий вольфрам и медь в производственном цикле).

Также в ходе исследования были определены значения кислотности. Для большинства почвенных образцов характерна слабощелочная реакция. Зона проявления повышенной кислотности почв имеет ограниченное распространение. Учитывая, что наибольшая подвижность всех исследованных форм металлов достигается в сильноокислой среде, удалось выявить общую закономерность, характерную для большинства точек отбора образцов: с глубиной меняется кислотность среды в сторону подкисления. Это может быть связано с поступлением в почву загрязняющих веществ от транспорта и выбросов промышленных предприятий. Проведенные исследования позволили выделить участки на территории города Калуги с опасным, умеренно опасным и допустимым уровнями загрязнения почвы тяжелыми металлами (рис. 3).

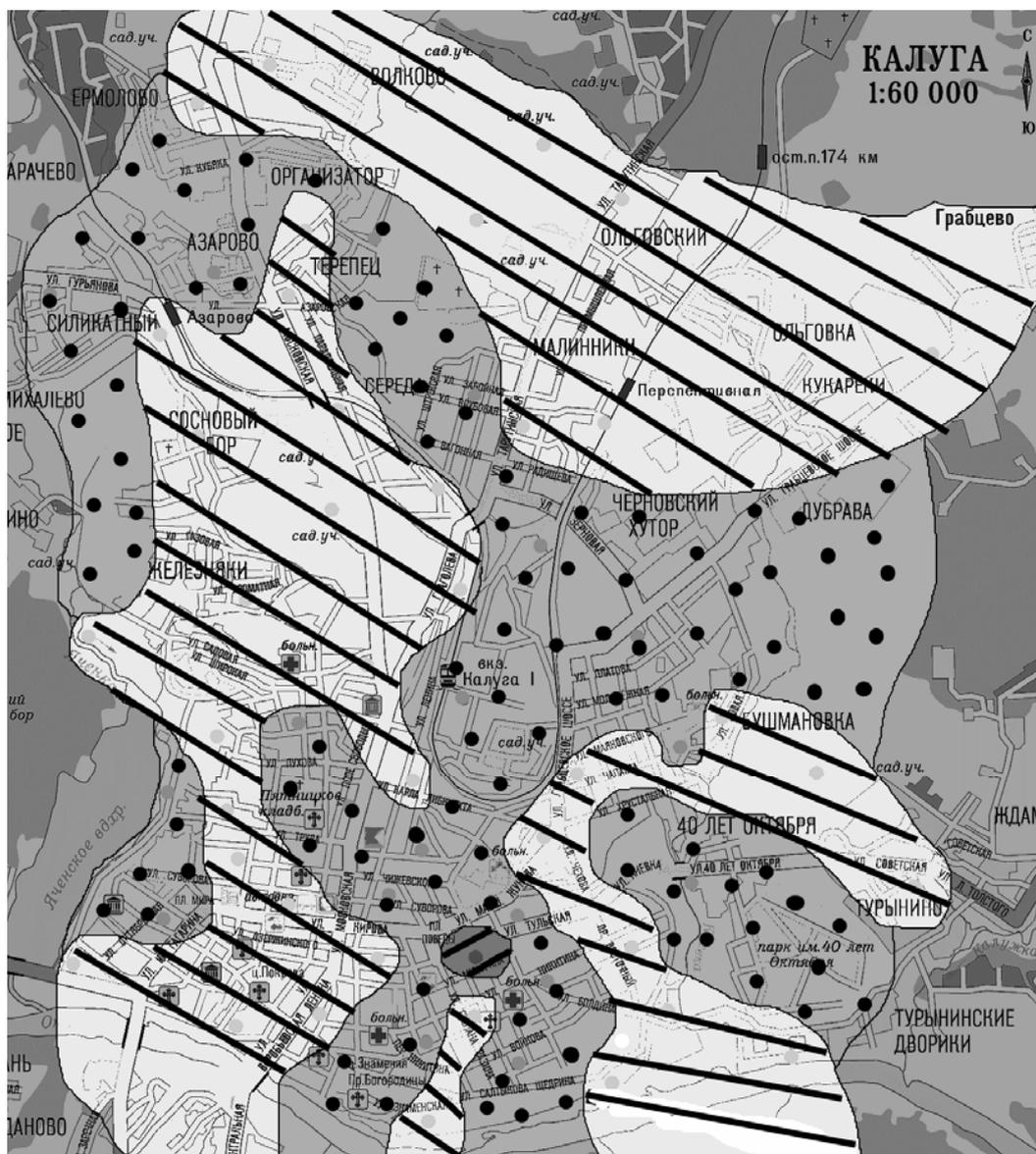
Максимальное содержание всех диагностируемых металлов было отмечено в районе ул. Тульской, что связано с расположенным в непосредственной близости заводом по производству металлоконструкций, а также на ул. Московской, вдоль которой расположены основные предприятия по производству техники и комплектующих деталей (Турбинный завод, завод транспортного машиностроения, завод «Калужский двигатель», Калужский опытно-ремонтный завод). Таким образом, районы с наиболее высоким содержанием металлов в почве расположены вблизи крупных промышленных предприятий и автодорог: центральная часть города, юго-восточная и частично восточная части города. Минимальное содержание



### Условные знаки:

-  более 60 мг/кг
-  20-60 мг/кг
-  1-20 мг/кг

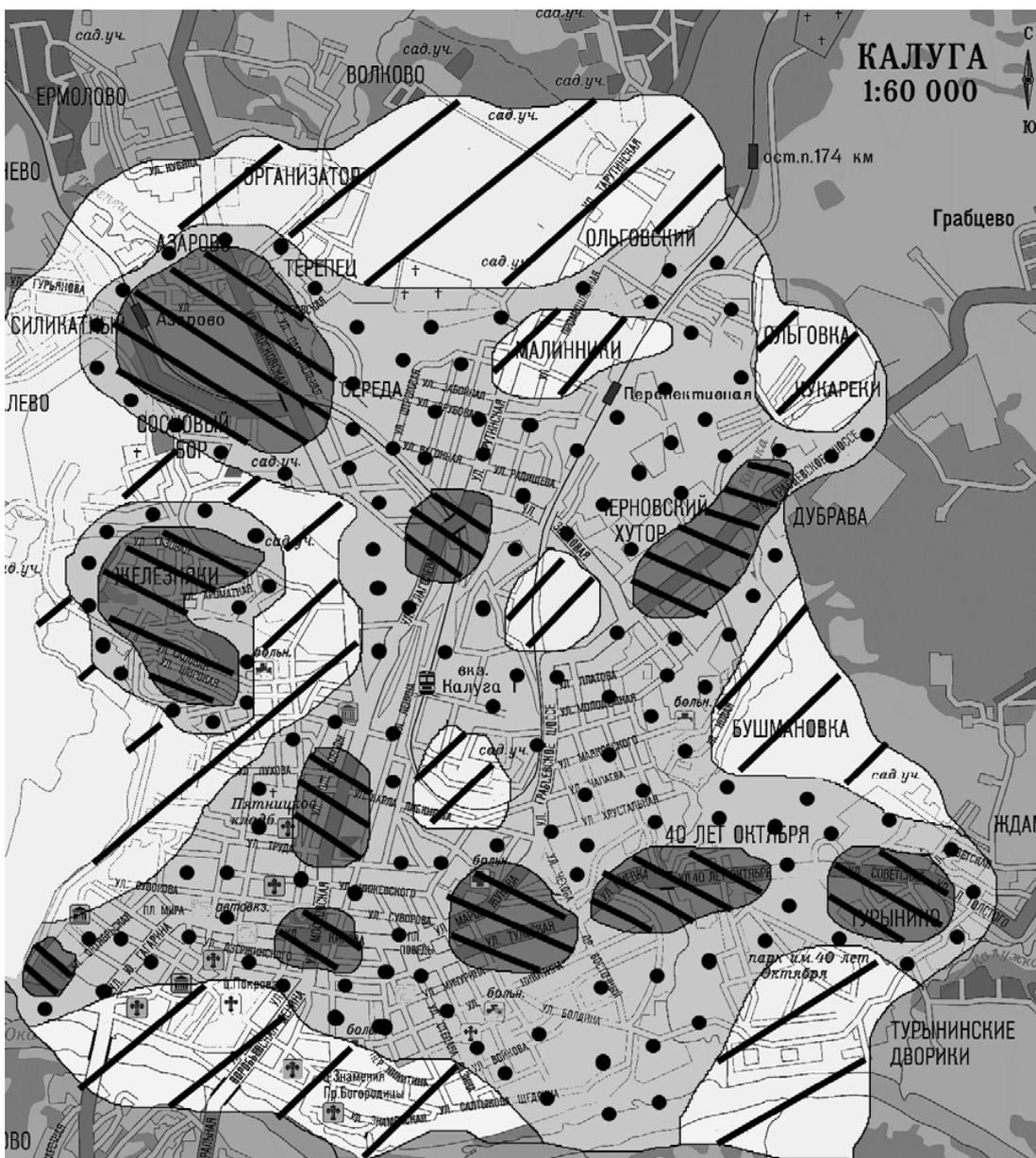
Рис. 1. Картограмма распределения цинка в почве города Калуга с 0-5 см



**Условные знаки:**

-  более 60 мг/кг
-  20-60 мг/кг
-  1-20 мг/кг

Рис. 2. Картограмма пространственного распределения цинка в почвах города Калуга на глубине 20-25 см



Уровни загрязнения почв тяжелыми металлами:

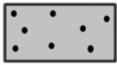
-  опасный
-  умеренно опасный
-  допустимый

Рис. 3. Картограмма суммарного загрязнения тяжелыми металлами почв города Калуга

металлов в почвах отмечено в западной, северо-западной и северной частях города, что соответствует селитебной зоне.

Анализ содержания тяжелых металлов в пробах почвы, отобранных на территории города с опасным уровнем загрязнения почв, показал, что основными элементами-загрязнителями данных территорий являются свинец, цинк. Все территории с опасным уровнем загрязнения почв комплексом тяжелых металлов приурочены к промышленным предприятиям, а основными источниками загрязнения являются цеха металлообработки и отстойники сточных вод. Территория селитебной зоны г. Калуга к западу и востоку от предприятий относится к зоне опасного загрязнения, что связано с атмосферным переносом со стороны этих предприятий и с ливневыми поверхностными стоками. Кроме того, участки опасного загрязнения почв тяжелыми металлами приурочены к территориям города с разветвленными сетями железных дорог, территориям с интенсивным

движением автотранспорта, а также к территориям мелких ремонтных предприятий и гаражей. Общий анализ загрязнения почв г. Калуги геохимически активными формами тяжелых металлов показал в целом умеренный характер загрязнения для исследованной территории.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В. Металлы в почвах. – М., 1998. – 216 с.
3. Геохимия окружающей среды / Сагит Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Касимов Н.С. Методология и методика ландшафтно-геохимического анализа городов // Экогеохимия городов / Н.С. Касимов (Ред.). – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
5. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Накопление подвижных и валовых форм свинца в городских почвах (на примере г. Москвы) // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – № 1. – С.76-82.
6. Свинец в окружающей среде. – М.: Наука, 1987. – 181 с.