

**О.В. Наместникова<sup>1</sup>, Н.М. Аванесян<sup>2</sup>**  
(<sup>1</sup>Академия ГПС МЧС России, <sup>2</sup>ЗАО "Системы водоочистки";  
e-mail: ovnamestnikova@inbox.ru)

## **КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Приводятся результаты эколого-геохимических исследований городских почв правобережной части г. Ульяновска. Полученная информация по анализу экологического состояния городских почв на содержание тяжёлых металлов (цинк, медь, свинец, кадмий) представлена в виде моноэлементных карт, повышающих информационную поддержку принятия решений по управлению на урбанизированных территориях.*

*Ключевые слова: экологическая безопасность, картографирование, тяжёлые металлы, загрязнение городских почв.*

## **O.V. Namestnikova, N.M. Avanesyan MAPPING THE RESULTS OF ECO-GEOCHEMICAL RESEARCH OF URBAN AREAS**

*The results of eco-geochemical research of urban soils right-bank part of Ulyanovsk. The received information from the analysis of the ecological state of urban soils for heavy metals (zinc, copper, lead, cadmium) are presented in the form of a single-element ecological maps, which are an integral part of the work, enhancing informational support to decision-making on the management of urban areas.*

*Key words: environmental safety, mapping, heavy metals, pollution of urban soils.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 мая 2016 г.

Современное эколого-географическое картографирование представляет собой системное картографическое моделирование, которое включает отображение компонентов городской среды, многофакторный анализ, оценку и пространственный прогноз изменений на территориях города. Картографические произведения (карты, атласы) должны наиболее полно отражать системное единство города, так как качественное управление крупным городом и эффективное обеспечение экологической безопасности на его территориях напрямую зависят от адекватного представления картографической информации.

Современный крупный город является сложным объектом изучения, требующим многоаспектных исследований в разных областях научных знаний. Глубокое понимание специфики взаимодействия взаимозависимых компонентов городской среды (природных, техногенных, социальных) способствует повышению качества управления и эффективному обеспечению безопасности на урбанизированных территориях.

В последние годы многочисленные разносторонние исследования функционирования городских территорий осуществляются с приоритетом экологического подхода. Это продиктовано тем, что на сравнительно небольших территориях города сосредоточены высокая концентрация населения, промышленного производства и транспорта, которые в совокупности непрерывно преобразуют окружающую среду с образованием антропогенных ландшафтов. Вследствие чего неизбежно происходит обострение экологических проблем различного характера.

Анализ экологической обстановки в городах предполагает выявление причинно-следственных связей между воздействием на окружающую среду человеческой деятельности (пофакторный анализ воздействий, а также комплексная оценка совокупного воздействия факторов воздействия) и обратной реакции среды обитания, которая может быть крайне неблагоприятной для населения, проживающего на данной территории.

Большое значение в исследованиях городов отводится эколого-географическому картографированию как неотъемлемой части работ, повышающих информационную поддержку принятия решений по управлению урбо-территориями. Надо отметить, что до сих пор отсутствуют общепринятые концепции картографирования крупных городов, недостаточно разработаны критерии оценки различных её компонентов и методические приемы создания инвентаризационных, оценочных и прогнозных эколого-картографических карт, отсутствуют унифицированные легенды и макеты карт различного содержания и масштаба, инструктивные документы по содержанию и организации работ. В связи с этим, разработка методики подобных карт является актуальной и перспективной задачей картографии [1].

Современное эколого-географическое картографирование представляет собой системное картографическое моделирование, включающее не только отображение компонентов городской среды обитания (рис.1), а предполагает также многофакторный анализ, оценку и пространственно-временной прогноз изменений составляющих урбосистемы. Соответственно, создаваемые карты (картографические произведения), включенные в один из четырех блоков компонентов городской среды, должны наиболее полно отражать сложность системного единства города.

Блок карт природно-ландшафтных компонентов должен включать результаты ландшафтогенеза, иллюстрировать природно-ландшафтные особенности городских территорий (в том числе литологические, гидрологические, микроклиматические карты; карты состояния почвенного и растительного покрова и пр.). Блок карт планировочно-функциональных и инженерно-технических компонентов должен отражать результаты техногенеза, включать карты пространственного распределения объектов техносферы, а также потенциальных источников загрязнения территорий; карты антропогенной нагрузки, интенсивности и масштабов негативного воздействия техносферы на природные компоненты окружающей среды и пр. Блок карт социально-демографических и санитарно-эпидемиологических компонентов должен иллюстрировать результаты социогенеза, рассматривать демографические, социальные и медико-

географические аспекты города с подробным освещением мер по улучшению качества среды обитания. Блок карт экологических компонентов рассматривает, в первую очередь, загрязнение компонентов окружающей среды (атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы города и биоту). При этом каждый из блоков должен включать карты современного состояния и прогнозно-рекомендательные.



**Рис 1.** Основные группы компонентов городской среды обитания

При картографировании городских территорий обычно прибегают к содержательному разделению отображаемой информации – первоначально создаются аналитические карты (моно-карты) отдельных компонентов городской среды. Комплексная оценка территории города с учётом его функционального зонирования (промышленные зоны, селитебные территории, территории влияния транспорта и др.) невозможна при использовании одной карты (даже если карта иллюстративно содержит несколько факторов). Поэтому чаще всего прибегают к созданию синтетических карт, отражающих взаимное многофакторное наложение информации, что является завершающим этапом комплексного картографического изучения городской территории с интегральной оценкой изучаемого объекта.

Последовательность работ при создании сложных картографических произведений (серии карт или комплексных атласов) для любого города включает следующие этапы, которые, безусловно, могут иметь специфические отличия в зависимости от того или иного города [1]:

1. Создание цифровой модели топографической карты территории города с актуализацией картографических слоев (аэро-, космические данные) и атрибутивной информации (полевые исследования).

2. Создание картографических и атрибутивных баз данных (фондовые картографические материалы, данные по выбросам и сбросам промышленных предприятий, информация по заболеваемости городского населения и др.).

3. Создание покомпонентных базовых карт природы, техносферы и социосферы, которые являются исходными для создания последующих карт.

4. Составление карт, производных от базовых, дополняющих и перерабатывающих их содержание (морфометрические карты, объёмы выбросов промышленных предприятий, возрастная структура населения) и карт синтетических (ландшафтная, урболандшафтное районирование, карта функционального зонирования).

5. Разработка серии оценочных эколого-географических карт природы, техносферы и социальной среды (потенциальная устойчивость территории, карты оценки техногенной нагрузки, заболеваемость населения и др.).

6. Оценка экологического состояния урболандшафтных участков.

7. Создание карт возможного развития городской среды.

8. Создание рекомендательных карт по управлению территорией города (карты эколого-экономических приоритетов, карты мер и рекомендаций по стабилизации экологической обстановки территорий и др.).

Первый российский экологический атлас города был создан в 1992 г. в Санкт-Петербурге и включал десять карт [2]. В дальнейшем количество атласов различных городов существенно увеличилось, в том числе были созданы экологические атласы Тольятти (1996, 9 карт); Калининграда (1999, 11 карт) и Москвы (2000, 77 карт).

Однако для большинства крупных городов России полномасштабных исследований в данной области не проводилось. Так, например, в городе Ульяновске до 2008 г. не было даже комплексной экологической карты (<http://mosaica.ru/news/society>). В настоящее время имеется карта зон действия ограничений по условиям охраны окружающей среды, в которой выделены функциональные зоны города, содержится информация о воздействии физических факторов, отражена радиационная ситуация города. Нанесены также границы шумовых зон аэродромов, коридоры ЛЭП с их санитарно-защитными полосами, границы оползневых и водоохраных зон, зона радиационного загрязнения Соловьева оврага в Ленинском районе, полигоны ТБО, скотомогильники и пр.

Нужно отметить, что данная экологическая карта не соответствует ряду традиционных и специфических требований, в том числе недостаточно отражена тематическая полнота, многосторонность содержания и детальность представленной информации. Основные причины этого – разрозненность накопленных фактических данных, характеризующих различные аспекты городских территорий как объекта исследования, а также отсутствие некоторых исследований, необходимых для создания покомпонентных базовых карт.

До настоящего времени не проводились систематизированные исследования эколого-геохимического состояния городских почв г. Ульяновска, в том числе накопленные данные о содержании *тяжёлых металлов (ТМ)* в почвах города носят эпизодический и локальный характер.

С целью изучения экологического состояния почвенного покрова города были проведены исследования почв Правобережья г. Ульяновска, в состав которого входят территории трех административных районов: северно-центральная часть города – Ленинский район, юго-восточная часть между реками Волгой и Свягой – Железнодорожный район и западная часть города за р. Свягой – Засвияжский район. На данной территории расположено большое количество крупных производственных объектов, основными из которых являются предприятия машиностроительной и тепло-энергетической отраслей промышленности. К настоящему времени в городе сложились 3 промзоны, 5 промышленных узлов, несколько предприятий расположены отдельно в жилой застройке [3].

Отбор проб проводился с учётом функционального деления территорий города (зоны парково-рекреационных, промышленных, селитебных территорий, а также территории, попадающие под значительное влияние транспорта). В качестве фоновых образцов были выбраны участки особо охраняемых природных территорий местного значения, испытывающие на момент проведения исследований минимальное техногенное воздействие.

Пробы почв отбирались в летне-осенний период. В связи с тем, что ТМ поступают в почвы города в основном аэрогенным путем и локализуются преимущественно в поверхностном слое почвы, пробы отбирались послойно с двух горизонтов: 0-5 и 5-25 см. Всего было заложено 84 площадки и отобрано для аналитической обработки 420 образцов почвы.

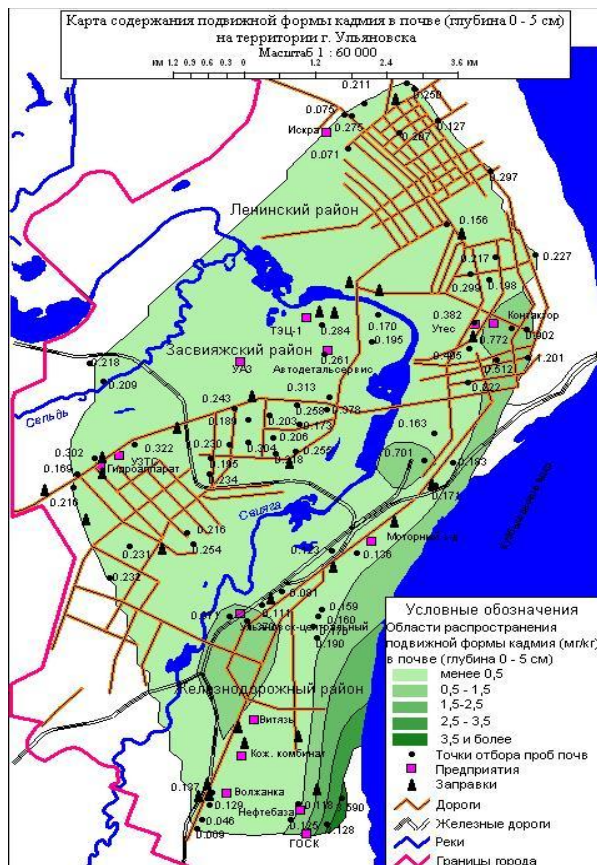
Во всех почвенных образцах были определены основные почвенно-диагностические показатели по стандартным методикам. Ранее некоторые результаты исследований уже были опубликованы [3-4]. Тяжелые металлы (валовые и подвижные формы) (Cd, Cu, Pb, Zn – группа ТМ с учётом характерных источников загрязнения окружающей среды в соответствии с МУ 2.1.7.730-99) определялись методом атомно-адсорбционной спектроскопии (как наиболее точного и селективного метода элементного определения, а также ввиду того, что значительное число нормативов качества ориентированы именно на данный метод) в соответствии с РД 52.18.289-90.

По результатам анализа почвенных образцов с помощью программы GeoLinc 2.0 были составлены карты-схемы содержания ТМ, характеризующие геохимическое состояние городских почв на рассматриваемой территории. Результаты на картосхемах представлены в виде моноэлементных геохимических полей (рис. 2, 3).

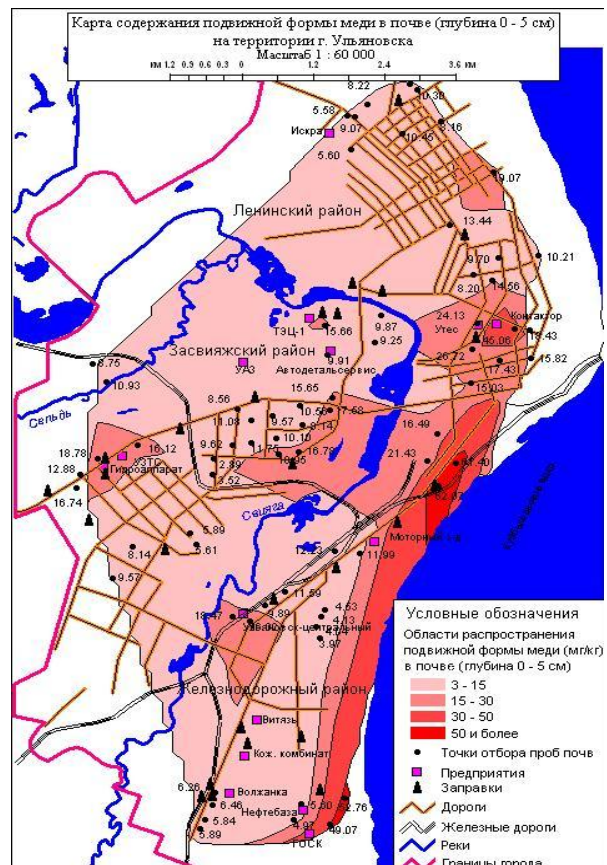
Пространственное распределение ТМ в почвах г. Ульяновска характеризуется крайней неравномерностью. Это связано со спецификой расположения промышленных предприятий и крупных транспортных магистралей – основных источников аэрогенного поступления загрязнителей почв.

Повышенное содержание ТМ вследствие аэрозольного загрязнения (в первую очередь, их валовое содержание) в почвах города достаточно хорошо отражают общую структуру загрязненности урбанизированных территорий.

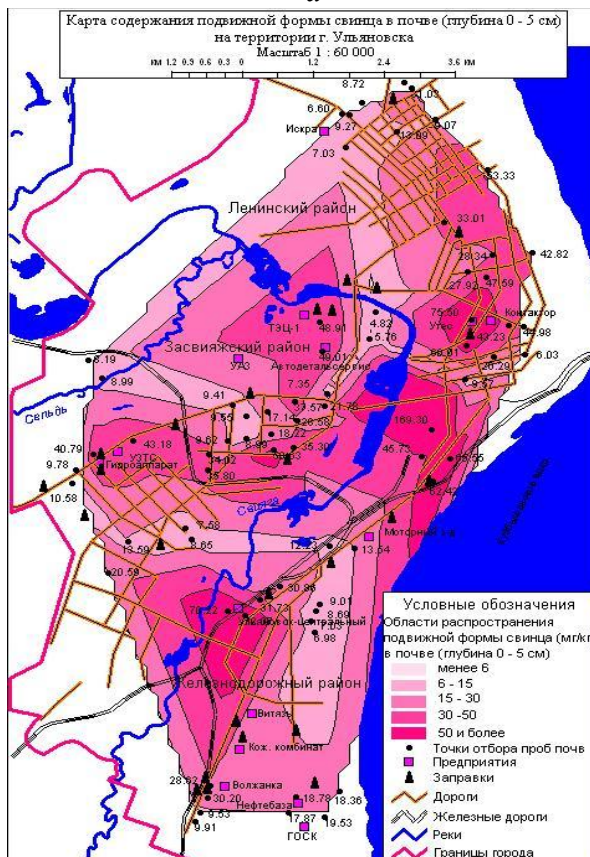




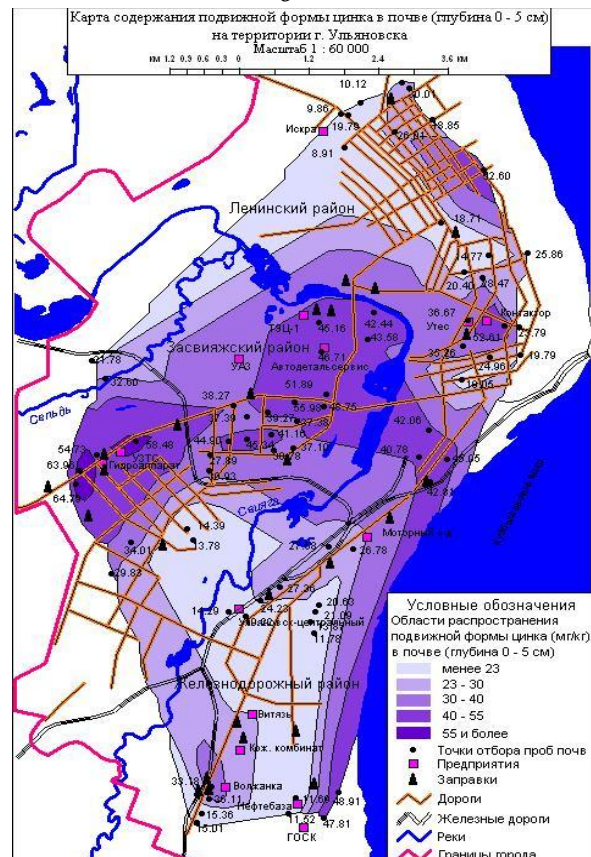
а



б



в



г

Рис. 2. Карты-схемы содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах Правобережья г. Ульяновска на глубине 0-5 см:  
а – кадмий; б – медь; в – свинец; г – цинк



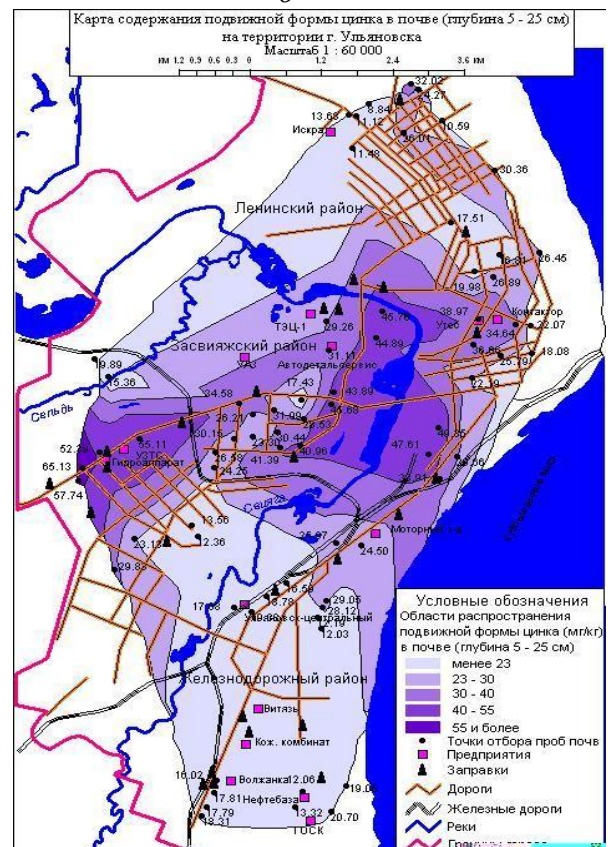
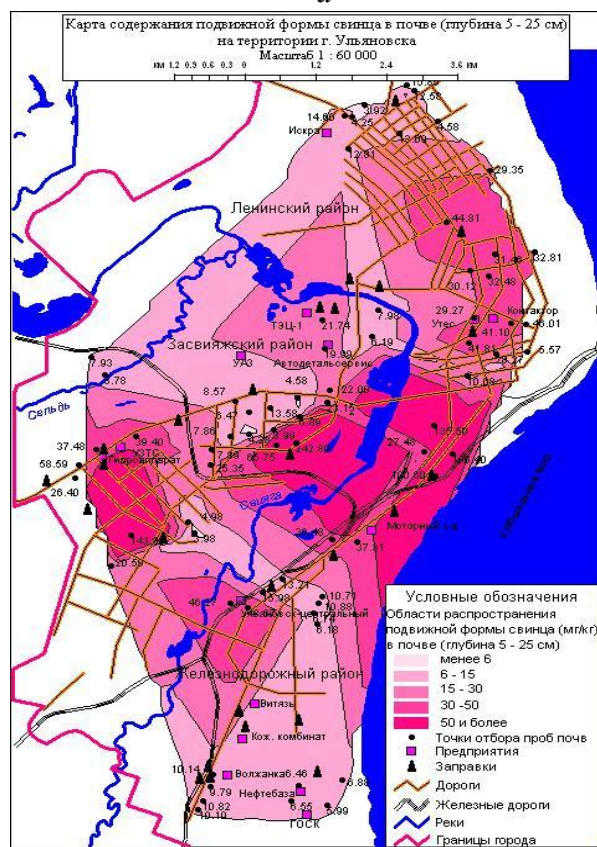
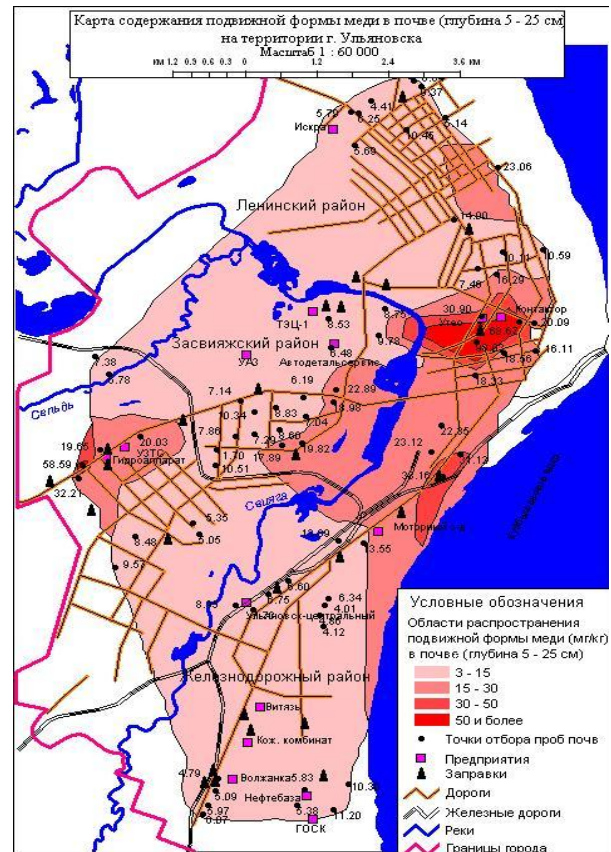
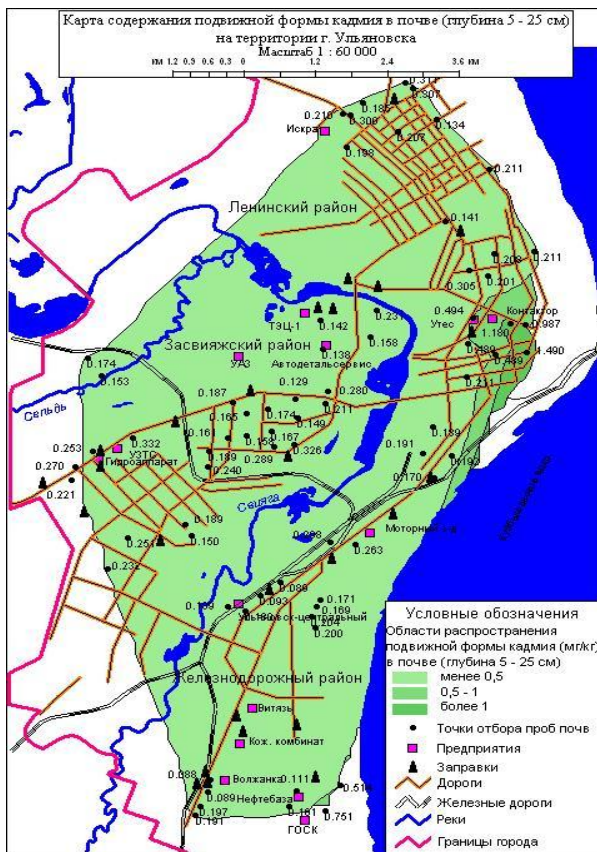


Рис. 3. Карты-схемы содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах Правобережья г. Ульяновска на глубине 5-25 см:  
а – кадмий; б – медь; в – свинец; з – цинк

Результаты исследований на содержание валовых форм ТМ в почвах города показало наличие достаточно обширных очаговых участков городских территорий с повышенным, по сравнению с нормативными величинами (в соответствии с ГН 2.1.7.2511-09), содержанием загрязняющих веществ. В основном эти участки находятся вблизи крупных промышленных предприятий, автотранспортных магистралей и характерны для большинства ТМ. Превышения нормативов в данных местах составляют: по меди концентрации превышены почти в 5 раз, по свинцу – более чем в 2,4 раза, по цинку – в 1,28 раз, по кадмию – в 2,25 раза.

Подвижные формы тяжёлых металлов характеризуют их миграционную способность в сопредельные среды. Содержание подвижных форм ТМ в процентном соотношении от валовых колеблется в зависимости от разных факторов достаточно значительно, в первую очередь, от глубины отобранных образцов и функциональной принадлежности территории города.

Содержание подвижных форм меди изменяется по территории города в широких пределах: в горизонте 0-5 см: от 2,5 до 62,1 мг/кг (при ПДК = 3 мг/кг (в соответствии с МУ 2.1.7.730-99 здесь и далее)); в горизонте 5-25 см: от 4,12 до 114,9 мг/кг. Большая часть территории города не соответствует нормативам качества по данному элементу. Лишь незначительные по площади участки (локальные территории парков и незначительные по площади селитебные территории, максимально удаленные от источников загрязнения атмосферного воздуха) содержат концентрации меди, соответствующие нормам.

Как показали результаты исследований, почвы города повсеместно содержат подвижный свинец, концентрации которого на исследованных глубинах превышают установленные нормативы (ПДК = 6,0 мг/кг): на глубине 0-5 см нормы превышены в 1,1-28,2, а на глубине 5-25 см – 1,1-17,7 раза. На территории города практически отсутствуют почвы, где содержание свинца ниже ПДК. Также были зафиксированы отдельные точки, где концентрации свинца выше нормативных значений более чем в 33 раза.

Результаты проведенных исследований показали, что на территории города есть достаточно обширные участки почв, содержащие высокие концентрации подвижного цинка, превышающие ПДК данного металла (23 мг/кг) независимо от глубины отбора проб. В целом превышение нормативов по подвижному цинку в почвах города составляет: на глубине 0-5 см – до 2,5 раз; на глубине 5-25 см – до 2,4 раза.

Содержание подвижных форм кадмия варьирует существенно в пределах от 0,1 до 2,4 мг/кг почвы (ПДК = 0,2 мг/кг). Однако максимальные значения концентраций металла в почве скорее нехарактерны для почв г. Ульяновска и носят локально-точечный характер.



Таким образом, наиболее загрязненными участками почв, вследствие аэрогенного поступления загрязняющих веществ, являются территории, непосредственно прилегающие к промышленным объектам и автодорогам с интенсивным движением транспорта. Изучение распределения ТМ в почвах позволяет надежно зафиксировать геохимическую дифференциацию урбанизированной территории. Карты-схемы поэлементного распределения ТМ по территории города наглядно отображают все изученные тенденции. Полученная в ходе исследования информация может быть включена в базы данных для создания экологических карт полиэлементного загрязнения городских почв для составления экологического атласа г. Ульяновска.

### **Литература**

1. *Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н.* Эколого-географическое картографирование городов. М.: Научный мир, 2002. 196 с.
2. *Экологический* атлас Санкт-Петербурга / Авт.-сост. Горелик Д.О. и др. СПб.: Экологический союз "Мониторинг"; ВКФ ЛенВО, 1992. 10 карт размером 82×62 см.
3. *Завальцева О.А., Коновалова Л.В., Аванесян Н.М.* Комплексная оценка эколого-геохимического состояния территории г. Ульяновска // Экология и промышленность России. 2012, февраль. С. 55-59.
4. *Завальцева О.А., Аванесян Н.М., Антонова Ж.А.* Проблема засоления почв урбанизированных территорий (на примере города Ульяновска) // Экомониторинг. 2013. № 2. С. 32-37.