

УДК 502/504:631.416.8:631.482.1

А. А. ВАСИЛЬЕВ, А. Н. ЧАЩИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова»

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В КАРТОГРАФИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Дана оценка пространственной неоднородности содержания тяжелых металлов в почвах города Чусовой Пермского края. На основе ГИС-технологий составлены интерполированные картограммы содержания тяжелых металлов, преобразованные в векторные контуры. Установлены ареалы элементного и суммарного химического загрязнения почв. Границы чрезвычайно опасного загрязнения городских почв приурочены к природной котловине, где действует металлургический завод и расположены жилые кварталы микрорайона «Старый город».

Загрязнение почвы, городские почвы, тяжелые металлы, ГИС, цифровые картограммы загрязнения, охрана окружающей среды.

There is given an assessment of the spatial heterogeneity of heavy metals content in the soils of a town of Chusovoi of the Perm territory. On the basis of GIS – technologies the interpolated cartograms of heavy metals content are made being transformed into vectorial contours. Areas of elemental and total chemical pollution of soils are established. Borders of extremely dangerous pollution of urban soils are confined with the natural hollow where the metallurgical plant operates and residential settlements of the micro-district «Old town» are located.

Soil pollution, urban soils, heavy metals, GIS, digital cartograms, environmental protection.

Загрязнение тяжелыми металлами почв урбанизированных территорий – одна из актуальных экологических проблем Пермского края [1]. Основным источником поступления тяжелых металлов в природную среду города Чусовой является металлургическое предприятие ОАО «Чусовской металлургический завод» (ЧМЗ) с историей металлургического производства более 130 лет. Почвенно-геохимические аномалии на территории города формируются в результате аэрального загрязнения и использования шлаков металлургического производства в ландшафтном строительстве [2]. Для территории города Чусовой картограммы загрязнения почв тяжелыми металлами до настоящего времени не созданы. Цифровые методы картографирования содержания в почвах тяжелых металлов на основе компьютерной обработки данных значительно повышают точность и оперативность при почвенно-экологическом мониторинге, а также позволяют проводить геостатистический анализ загрязненных территорий [3].

Цель проведенных автором исследований заключалась в оценке простран-

ственной неоднородности загрязнения почв тяжелыми металлами территории города Чусовой с использованием цифрового картографирования на основе ГИС-технологий. Объектами исследований являлись почвы селитебной части территории города Чусовой. Образцы почв отбирались равномерно на всей территории города из слоя почвы 0...10 см. Валовое содержание железа и тяжелых металлов Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, As, Mn определяли в 87 образцах рентгенфлуоресцентным методом на приборе Tefa 6111. Интерполированные картограммы составили методом ближнего соседства (natural neighbor). Основные слои картограмм создали в программе MapInfo Professional 10.5. Интерполяцию концентраций тяжелых металлов в почвах осуществляли с помощью программного средства Mapinfo Vertical Mapper 3.0 (модуль трехмерного анализа MapInfo Professional). Построенные на основе набора точек опробования непрерывные поверхности концентрации металлов преобразовали в контуры, представляющие собой векторные площадные объекты.

Полиметаллическое загрязнение

оценивали по экологическому показателю суммарного загрязнения Z_{ct} , который учитывает разную токсичность тяжелых металлов [4]. Для расчета были определены коэффициенты концентрации K_k каждого из элементов относительно фона:

$$K_{ki} = \frac{C_i}{C_{i\phi}}, \quad (1)$$

где $C_{i\phi}$ и C_i – соответственно фоновое и фактическое содержание i -го элемента в почве.

Для характеристики фонового содержания тяжелых металлов использованы данные Е. А. Ворончихиной [5]. Дальнейшие расчеты Z_{ct} основаны на показателе Z_c Саета [6], дополненном коэффициентом токсичности i -го элемента K_{ti} :

$$Z_{ct} = \Sigma(K_{ki} \cdot K_{ti}) - (n - 1). \quad (2)$$

Оценка суммарного загрязнения Z_{ct} проведена в соответствии с методическими указаниями по гигиенической оценке почв МУ2.1.7.330–99.

Исследования показали, что содержание тяжелых металлов в почвах города крайне неоднородное. Концентрация никеля в почвах выше кларка и фоновых значений (рис. 1). Максимальное загрязнение характерно для почв микрорайона «Старый город». В микрорайоне «Новый город» на правом берегу реки Чусовая никелем загрязнены только почвы вдоль улицы Чайковского. Техногенными источниками никеля в придорожной почве являются выбросы автотранспорта и городская ТЭЦ.

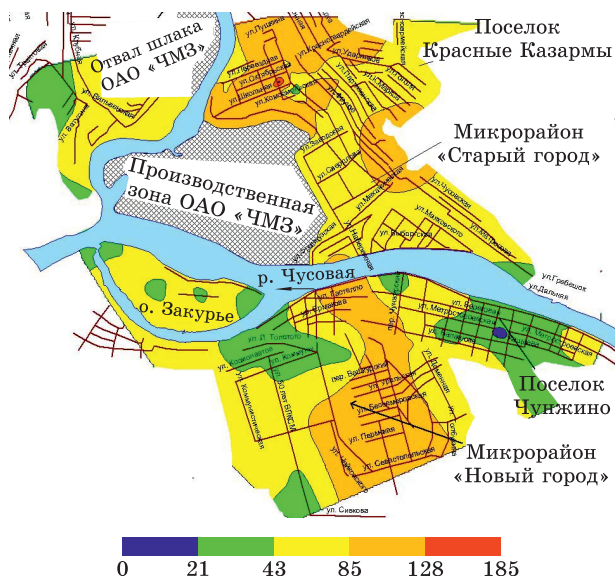


Рис. 1. Картограмма содержания никеля в почвах города Чусовой, мг/кг

Картограммы загрязнения почв никелем и другими тяжелыми металлами отражают близкое расположение жилого микрорайона «Старый город» к производственным цехам ОАО «ЧМЗ» и его расположение в подфакельной зоне металлургического завода. Основные направления ветра в городе южное и юго-западное, а с северо-востока города расположены западные склоны Уральских гор, которые препятствуют рассеиванию выбросов завода. Производственная зона ОАО «ЧМЗ» размещена в естественной котловине, образованной реками Чусовая и Усьва. Жилые кварталы микрорайона «Новый город» расположены на высоких надпойменных террасах к югу от завода. Почвы микрорайона «Новый город» испытывают наименьшее техногенное воздействие.

Медь в почвах города Чусовой аккумулируется крайне неоднородно и на большей части территории превышает ПДК, а ее максимальное содержание достигает 209 мг/кг (рис. 2). Основные ареалы загрязнения почв медью локализованы границами микрорайона «Старый город». Контуры положительных геохимических аномалий меди выделены также на высокой пойме острова Закурье и в микрорайоне Чунжино. Образование этих ареалов связано с аэральным загрязнением почв. Отрицательные аномалии обусловлены низкой концентрацией меди в почвах на карбонатных почвообразующих породах и в торфе, который используется в создании горизонта «урбик» (U, AU) при благоустройстве городской территории. В отдельных образцах почвы валовое содержание меди составляет всего 4 мг/кг.

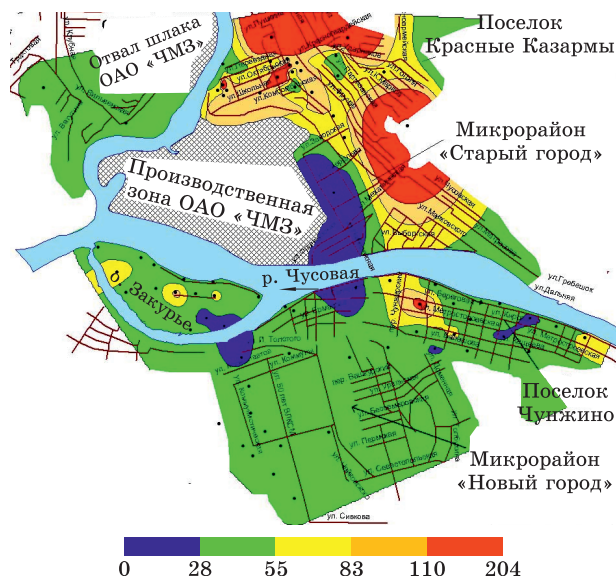


Рис. 2. Картограмма содержания меди в почвах города Чусовой, мг/кг

Сильное загрязнение почв цинком выявлено на всей территории микрорайона «Старый город». Локально-точечно им загрязнены почвы в «Новом городе» на улицах Коммунистическая и Космонавтов (рис. 3). К незагрязненным цинком следует отнести небольшие ареалы аллювиальных почв в пойме реки Чусовая и агродерново-подзолистые почвы на высоких элементах рельефа северо-западных окрестностей города. Также относительно «чистыми» касательно цинка являются почвы лесопарковой рекреационной зоны, примыкающей с юго-запада к микрорайону «Новый город». Большой диапазон концентрации данного элемента – от 45 до 654 мг/кг – придает заметную пестроту картограмме. Это свидетельствует о неблагоприятной эколого-геохимической ситуации в городе по содержанию в почвах цинка, относящегося к элементам первого класса токсичности.

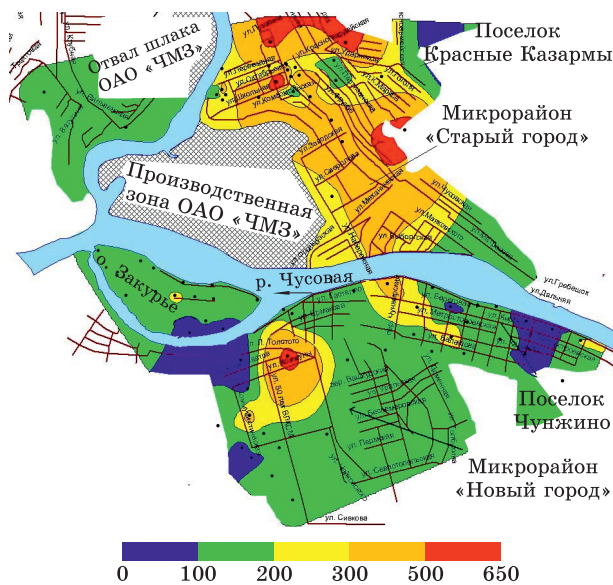


Рис. 3. Картограмма содержания цинка в почвах города Чусовой, мг/кг

Почти все почвы селитебной территории Чусового загрязнены свинцом. Наиболее неблагоприятная ситуация наблюдается в микрорайоне «Старый город». Это связано с близостью микрорайона к заводу и поступлением металла в почвы от автомобильного транспорта. В микрорайоне «Новый город» накопление свинца происходит в почвах придорожных частей улиц. На высокой пойме острова Закурье небольшой ареал почв, загрязненных свинцом, сформировался в результате аэральные выбросов завода. Аэральные

автотранспортный и вейстогенный факторы на острове не проявляются в связи с его изолированностью от автомагистралей.

Основным источником техногенного мышьяка является металлургический шлак. Использование шлака в ландшафтном строительстве и в составе антигололедных средств происходит в разных частях города. Пространственное распределение мышьяка в почвах города крайне неоднородное. Основной ареал загрязнения находится в микрорайоне «Старый город». В «Новом городе» аномалии загрязнения мышьяком выявлены на улицах Коммунистическая и Чайковского, где наиболее интенсивное движение автотранспорта, в том числе транзитного. Почвы с наименьшей концентрацией мышьяка выделены в поймах рек Чусовая и Усьва, а также в микрорайоне «Красный поселок».

Содержание хрома в почвах города достигает очень высоких значений – 7524 мг/кг. В действующих нормативных документах по оценке почв ПДК для валового содержания хрома не регламентировано, но хром относят к канцерогенам и его содержание в почве необходимо контролировать [4]. Хромовая аномалия сформировалась на всей территории микрорайона «Старый город» застройки 30–40-х годов XX века. В почвенном покрове микрорайона преобладают техноземы, созданные в результате планировки территории шлаком от деятельности местных котельных и металлургического завода. Содержание хрома в техноземах очень высокое – более 2000 мг/кг. Кроме этого, наблюдается загрязнение агродерново-подзолистых почв в центральной части микрорайона «Лисьи гнезда». На эту территорию хром поступает с частицами пыли из отвала металлургического шлака. Содержание хрома в урбодерново-подзолистых и дерново-подзолистых почвах микрорайона «Новый город» на порядок ниже, чем в почвах «Старого города» и закономерно убывает по мере удаления от завода и отвала с севера на юг. Накопление хрома в аллювиальных почвах острова Закурье происходит не только аэральным, но и гидрогенным путем – с частицами аллювия реки Чусовая из пород западного склона Уральских гор. В почвах низкой поймы северо-западной части острова выявлено превышение ПДК по хромю в 1,5 раза.

Содержание марганца в почвах города Чусовой превышает ПДК в 1,3 раза. Пространственный характер загрязнения почв микрорайона «Старый город» марганцем

аналогичен загрязнению хромом. В микрорайоне «Новый город» по марганцу выделены два ареала локально-точечного загрязнения. Накопление марганца из аэральных источников в аллювиальных почвах острова Закурье происходит на высокой пойме. Явное загрязнение агродерново-подзолистых почв марганцем установлено в микрорайоне «Лисьи гнезда». В меньшей степени марганцем загрязнены аллювиальные почвы поймы реки Чусовая.

В районах действия предприятий черной металлургии основной железосодержащей фазой и носителем тяжелых металлов являются магнитоупорядоченные оксиды железа – гематит и магнетит [7]. Валовое содержание железа в почвах Чусового изменяется от $1,6 \cdot 10^4$ до $13 \cdot 10^4$ мг/кг. В микрорайоне «Старый город» «ожелезненность» почв значительно выше, чем в «Новом городе». Повышенная концентрация железа в почвах наблюдается на высокой пойме острова Закурье и в микрорайоне «Лисьи гнезда», а также в восточной части микрорайона «Чунжино». Границы ареалов концентрации железа указывают на его пространственную связь с хромом, марганцем и цинком, которые наиболее часто входят в состав железосодержащей фазы почв данной территории [1].

Суммарный показатель загрязнения Z_{ct} почв города изменяется от неопасного (3) до чрезвычайно опасного (286) уровня (рис. 4).

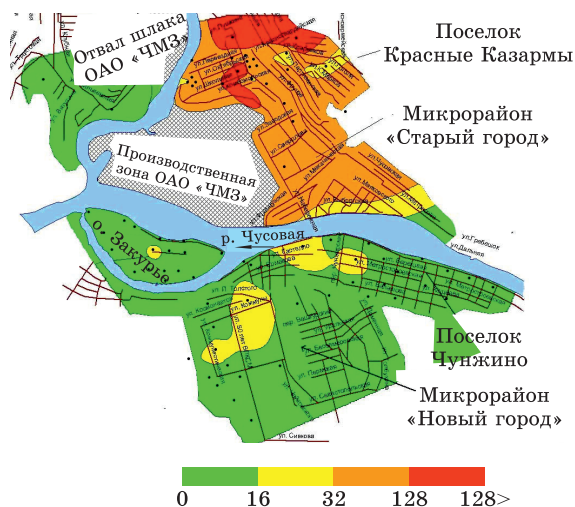


Рис. 4. Картограмма суммарного загрязнения Z_{ct} тяжелыми металлами почв города Чусовой, условные значения

Чрезвычайно опасный уровень загрязнения тяжелыми металлами сформировался в почвах микрорайона «Старый город». Площадь чрезвычайно загрязнения селитебной территории составила почти $0,6 \text{ км}^2$ (таблица).

Площади категорий суммарного загрязнения почв города Чусовой

Территория города	Z_{ct}							
	Менее 16, неопасное		16 – 32, умеренно-опасное		32 – 128, опасное		Более 128, чрезвычайно опасное	
	км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%
В целом по городу	7,34	62	0,89	8	3,02	26	0,58	5
Микрорайон «Новый город»	5,42	46	0,78	7	–	–	–	–
Микрорайон «Старый город», Микрорайон «Углежжение»	1,10	9	0,09	1	3,02	26	0,58	5
Закурье	0,82	7	0,02	0	–	–	–	–

Умеренно опасное загрязнение почв металлополлютантами наблюдается почти на всей селитебной территории микрорайона «Новый город» и в западной части микрорайона «Чунжино». Загрязнение левобережья города охватывает наиболее густонаселенную часть города площадью почти $0,8 \text{ км}^2$. Ареал умеренно-опасного загрязнения площадью $0,02 \text{ км}^2$ выделен на высокой пойме острова Закурье – в пределах индивидуальной жилой застройки. Опасная категория загрязнения почв выявлена в микрорайоне «Углежжение» вблизи отвала шлака в пойме реки Усьва. Ареалы

суммарного загрязнения почв Z_{ct} имеют схожие контуры с аномалиями содержания хрома, марганца, цинка, никеля, железа.

Выводы

Таким образом, цифровое картографирование содержания тяжелых металлов в почвах города Чусовой свидетельствует о полиэлементном характере их загрязнения. Границы хромовой, марганцевой, цинковой и никелевой геохимических аномалий совпадают. Ареалы чрезвычайно опасного суммарного загрязнения почв в основном приурочены к природной котловине, где действует ОАО «ЧМЗ». Локальные

геохимические аномалии обнаружены на всей территории города. Это определяет актуальность соблюдения предупредительных мероприятий, направленных на модернизацию металлургического производства и снижение количества выбросов в атмосферу. Цифровые картограммы позволяют оценить площадь земельных участков с разной экологической ситуацией.

1. Шишкин М. А., Лаптева А. К. Эколого-геохимический анализ современных ландшафтов Прикамья. – Екатеринбург: УрО, РАН, 2009. – 385 с.

2. Васильев А. А., Чащин А. Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. – Пермь: ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2011. – 197 с.

3. Хитров Н. Б. К методике создания детальных почвенных карт на основе интерполяции/ Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования: сборник статей. – М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2012. – С. 87–108

4. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт имени В. В. Докучаева РАСХН, 2008. – 164 с.

5. Ворончихина Е. А., Ларионова Е. А. Основы ландшафтной хеомэкологии. – Пермь: ПГУ, 2002. – 146 с.

6. Саэт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

7. Чащин А. Н. Железистые минералы в загрязненных металлургическим производством почвах города Чусовой Пермского края/ Молодежная наука 2010: технологии и инновации: Материалы LXX Всероссийской науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2010. – С. 171–173.

Материал поступил в редакцию 07.05.13.

Васильев Андрей Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой «Почвоведение»

Чащин Алексей Николаевич, кандидат биологических наук, доцент

Тел. 8-908-240-77-75

E-mail: chascshin@mail.ru

УДК 502/504:631.674.6:626.82

А. Е. НОВИКОВ, М. И. ЛАМСКОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет»

В. А. МОТОРИН, В. В. НЕКРАСОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЛЕНТ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Надежность работы лент СКО (системы капельного орошения) оценивается потерями напора и равномерностью расхода жидкости по длине этих лент. Капельные ленты систем орошения относятся к трубопроводам с непрерывной и равномерной раздачей жидкости с убывающим расходом и переменной массой по пути. На основе теоретических и натурных исследований эксплуатационных показателей капельных лент предложена эмпирическая формула для определения потерь напора по длине на основе закона Дарси–Вейсбаха.

Капельные ленты, потери напора, равномерность расхода, надежность, гидравлическое сопротивление, агротехнические требования.

Reliability of the drip tapes operation (systems of drip irrigation) is assessed by the head losses and flow uniformity along their length. At the same time drip tapes of irrigation systems relate to the pipelines with continuous and uniform distribution of flow with the decreasing consumption and variable mass on the way. On the basis of theoretical and field researches of operational indicators of drip tapes there is proposed an empiric formula for determination of head losses on the length according to the law Darcy-Weisbach.

Drip tapes, head losses, flow uniformity, reliability, hydraulic resistance, agrotechnical requirements.