

**Метод рентгеноспектрального микроанализа (РСМА)** позволяет проводить локальный анализ минералов и различных твердых фаз. Локальность метода 3–5 мкм. Используется микроанализатор с волновой дисперсией (WDS) Camebax Microbeam. Постоянно ведется работа над составлением методических рекомендаций по исследованию состава различных минералов горных пород, сложных многокомпонентных редкометалльно-редкоземельных руд, технологических продуктов их переработки. Результаты таких работ привели к открытиям нескольких новых минералов.

Область аккредитации лабораторий ОНПАР включает более 50 методик, которые охватывают весь перечень показателей, необходимых для проведения геохимических, поисковых и экологических работ.

Обеспечение прослеживаемости, достоверности и сопоставимости результатов химических анализов достигается при использовании аттестованных стандартных образцов (СО) и аттестованных методик анализа. Институт располагает обширной коллекцией СО состава горных пород, руд, почв, рыхлых отложений, неметаллических полезных ископаемых, растений. ИМГРЭ регулярно обновляет коллекцию ГСО и ОСО, пользуясь сведениями об утвержденных типах и сроках годности стандартных образцов Госреестра СО, отраслевого реестра СО ФГБУ «ВИМС», каталогом стандартных образцов ИГХ СО РАН.

В заключение хочется отметить проблему подготовки молодых кадров. Никакая техника не сможет работать без высококвалифицированных специалистов с достойной оплатой труда.

Каждому отдельному предприятию не под силу решить проблемы, стоящие перед лабораторно-аналитической базой отрасли. Только совместными усилиями можно привести лабораторно-аналитическую базу отрасли в соответствие с современными требованиями качества обеспечения при ГРР.

© Ваганов И.Н., Кабилова Р.У., 2016

Ваганов Иван Николаевич // bvfunt@rambler.ru  
Кабилова Роза Ураловна // onpar-imgre@rambler.ru

УДК 551.311.234

**Ачкасов А.И., Варавя К.В., Самаев С.Б.**  
(ФГУП «ИМГРЭ»)

#### **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ МОСКВЫ**

*Представлены результаты эколого-геохимического картирования почв Москвы. Приведены данные мониторинга содержания тяжелых металлов в городских почвах за сорокалетний период. Дана экологическая оценка загрязнения почв города и его отдельных муниципальных округов. Показаны возможности экологической геохимии при изучении распределения загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды крупного мегаполиса. **Ключевые слова:** экологическая геохимия, эколого-геохимическое картирование, мониторинг, загрязнение почв, суммарный показатель загрязнения, предельно-допустимая концентрация, фоновое содержание.*

Achkasov A.I., Varava K.V., Samaev S.B. (IMGRE)

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL RESERCVES OF SOILS  
IN MOSCOW

*The article presents the results of eco-geochemical mapping of Moscow soils. Results monitoring of contents heavy metals in urban soils under the forty-year period. Environmental assessment of soil pollution in the city and its individual municipalities. The possibilities of environmental geochemistry in the study of the distribution of contaminants in environmental components of a large metropolis. **Keywords:** ecological geochemistry, eco-geochemical mapping, monitoring, soil pollution, the total pollution index, maximum permissible concentration, content background.*

Одним из направлений деятельности Института минералогии геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) являются эколого-геохимические исследования территорий различного функционального назначения. ИМГРЭ внес весомый вклад в становление и развитие экологической геохимии как нового научного направления.

Идеология использования геохимических исследований для выявления и картирования очагов и источников техногенного загрязнения окружающей среды возникла в середине 1970-х годов на основе опыта поисковой геохимии [1]. Базой такого направления исследований являлась предпосылка, что в зоне влияния промышленных предприятий, как и в районе рудных месторождений в компонентах природной среды формируются ореолы повышенных концентраций химических элементов.

Уже первые опытно-методические работы, выполненные ИМГРЭ на территории Москвы, показали высокую эффективность и практическую значимость эколого-геохимических исследований. Это послужило основой для формирования эколого-геохимического направления работ в институте, которое было поддержано Министерством геологии СССР. На основе геохимических исследований, выполненных в промышленно-урбанизированных и сельскохозяйственных районах различных регионов бывшего Советского Союза, были разработаны и широко внедрены в практику методические основы экологической геохимии.

Огромный вклад в развитие эколого-геохимического направления внесли сотрудники института: Ю.Е. Саев, Э.К. Буренков, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, В.В. Иванов, А.А. Головин, Р.С. Смирнова, И.Л. Башаркевич, И.А. Морозова, Е.П. Сорокина, Л.Н. Алексинская, Л.С. Соколов, А.И. Ачкасов, Н.Я. Трефилова, В.З. Фурсов, Л.Н. Гинзбург, А.А. Волох и многие другие.

С самых первых исследований был взят курс на комплексное изучение состояния окружающей среды. Работы проводились по нескольким направлениям:

картирование техногенного загрязнения почв и снегового покрова;

установление особенностей реагирования растений на загрязнение почв;

геохимические исследования подземных вод, поверхностных водотоков и донных отложений;

изучение отходов промышленных предприятий как объектов для извлечения вторичного сырья и источников загрязнения окружающей среды;

изучение взаимосвязей загрязнения окружающей среды и показателей здоровья населения, проживающего в очагах загрязнения;

исследования химического состава атмосферного воздуха, атмосферных выпадений и аэрозолей;

газогеохимические исследования.

Уже к середине 1980-х годов были разработаны методики и изданы методические рекомендации по основным видам эколого-геохимических исследований [3], а подготовленная специалистами ИМГРЭ «Ориентировочная шкала опасности загрязнения территории населенных пунктов по суммарному показателю загрязнения почв» [4] была утверждена Минздравом СССР, что заложило базу экологических оценок состояния окружающей среды на основе геохимической информации. Важным достижением многолетних исследований, выполненных ИМГРЭ, являются четыре цикла эколого-геохимического мониторинга состояния окружающей среды Москвы. Последний цикл таких исследований выполнен в 2006 г.

Почвы являются одним из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения городских территорий. Основная часть загрязнителей поступает в почвы за счет атмосферных выпадений, и их распределение в почвах можно рассматривать как долговременный индикатор степени экологического благополучия или неблагополучия городских территорий. Почвы являются неотъемлемым и важнейшим компонентом городской экосистемы и во многом определяют эффективность ее безопасного (для проживания людей и городского хозяйства в целом) функционирования и устойчивости.

С эколого-гигиенической точки зрения опасность загрязнения городских почв определяется:

1) ролью почвенного покрова как основного «депо» значительной массы разнообразных загрязняющих веществ;

2) эпидемиологической значимостью загрязненной химическими веществами почвы;

3) ее ролью как вторичного источника загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, природных вод, жилой и производственной среды;

4) возможностью непосредственного и опосредованного воздействия, содержащихся в почве поллютантов на живые организмы;

5) значимостью почвы для развития зеленых насаждений, играющих огромную роль в формировании качества городской среды;

6) изменением буферной способности и снижением биоактивности почвы в условиях интенсивного загрязнения;

7) важностью почвы как универсального абсорбента и биологического нейтрализатора, осуществляющего естественную минерализацию многих органических веществ.

Мониторинг экологического состояния городских почв Москвы осуществляется с 1976 г. [2, 5]. К настоящему времени создана сеть пунктов постоянного наблюдения, насчитывающая более 1 300 точек. В предшествующие годы составлено четыре эколого-геохимические карты, отражающие распределение в почвах

города основных загрязнителей по состоянию на 1976, 1986, 1993 и 2006 гг.

В ходе работ исследовался поверхностный почвенный горизонт 0–10 см. Каждый образец при этом составлялся из пяти точечных проб, взятых методом конверта с площадки 10x10 м. Анализ проб на содержание тяжелых металлов в разные периоды исследования выполнялся различными аналитическими методами — от приближенно-количественного спектрального до рентгеноспектрального флуоресцентного и атомно-абсорбционного методов. Эколого-геохимическая оценка состояния почв оценивалась согласно величинам коэффициента концентрации (Кс) отдельных элементов относительно их фоновых значений, а также суммарного показателя загрязнения (СПЗ или Zc) (табл. 1).

**Коэффициент концентрации** — отношение содержания элемента в почве к его фоновому аналогу:  $K_c = C_i / C_{ф}$ , где:  $C_i$  — содержание химического элемента,  $C_{ф}$  — фоновое содержание элемента.

**Суммарный показатель загрязнения** (СПЗ  $\equiv$  Zc) — аддитивная сумма превышения коэффициентов концентрации отдельных элементов над единичным (фоновым) уровнем:

$$Z_c = K_{c_1} + \dots + K_{c_i} + \dots + K_{c_{n-1}} = \sum K_{c_{(n-1)}}$$

где: n — число аномальных элементов,  $K_{c_1}, \dots, K_{c_i}$  — коэффициенты концентрации элементов.

Суммарное загрязнение почв Москвы химическими элементами представлено на рис. 1, а ассоциации химических элементов, накапливающиеся в очагах максимального загрязнения, в табл. 2.

Интегральная характеристика загрязнения почв химическими элементами, выполненная по величине суммарного показателя загрязнения (Zc) показала, что около 43 % обследованной площади относится к категории допустимого загрязнения (Zc менее 16). Почвы с умеренно-опасным уровнем загрязнения (Zc — 16–32) занимают 28 % всей территории. На 27 % — выявлено опасное загрязнение почв (Zc — 32–128), на 2 % — зафиксирован чрезвычайно опасный уровень (Zc более 128).

Химические элементы, загрязняющие почву, распределены на территории города неравномерно (рис. 1). Почвы с допустимым уровнем загрязнения (Zc менее 16) распространены в основном на периферических участках Москвы преимущественно на западе и юго-западе, приурочены к крупным городским лесопаркам. Гораздо в меньшей степени, фрагментарно, такие по-

**Таблица 1**  
Степень загрязнения почв согласно показателям (СПЗ  $\equiv$  Zc)\*

Категория (уровень) загрязнения	Значения (СПЗ $\equiv$ Zc)
Допустимая (низкий)	< 16
Умеренно опасная (средний)	16-32
Опасная (высокий)	32-128
Чрезвычайно опасная (очень высокий)	> 128

\* — Градации суммарного показателя загрязнения (Zc) приняты в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03.

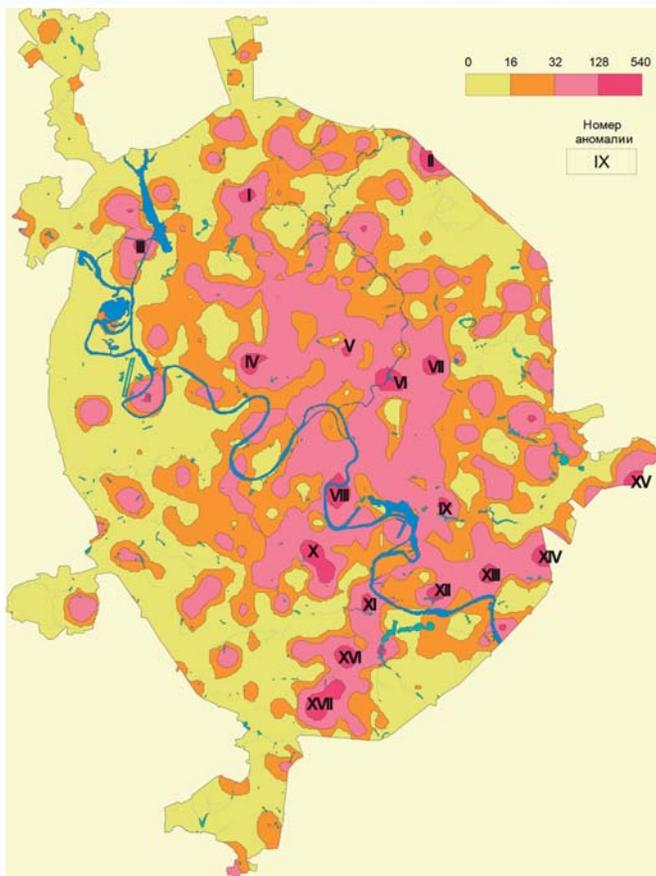


Рис. 1. Суммарное загрязнение почв Москвы химическими элементами (2006 г.)

Суммарное загрязнение по Zc	Площадь загрязнения в %
< 16	42,3
16 — 32	28,4
32 — 128	26,8
> 128	2,0

чвы встречаются на севере, юге и востоке города. Сильнозагрязненные почвы ( $Zc > 32$ ) широкой полосой простираются с северо-запада на юго-восток, охватывая центральную часть города.

В пределах очагов в почве наиболее активно накапливаются серебро (обычно в сотни раз относительно фона), цинк, кадмий (в десятки раз), медь, свинец, селено, вольфрам, хром, фосфор (до 10–20 раз), часто никель (в 4–5 раз). Для очага VIII (промзона «ЗИЛ») характерны высокие уровни накопления вольфрама и молибдена, для очага X, находящегося в зоне влияния нескольких промзон, — кадмия и меди. Своеобразной

Таблица 2  
Ассоциации химических элементов в очагах максимального загрязнения

№№ очага	Zc (среднее)	Площадь, км <sup>2</sup>	Химические элементы и их коэффициенты концентрации
I	249	0,5	Ag <sub>167</sub> Cd <sub>27</sub> Zn <sub>12</sub> Cu <sub>11</sub> Sn <sub>10</sub> W <sub>8</sub> P <sub>7</sub> (Cr Bi Pb) <sub>4</sub>
II	370	1,41	Cu <sub>185</sub> Zn <sub>40</sub> Sn <sub>38</sub> Pb <sub>31</sub> (Ag Sb) <sub>25</sub> (Cd W) <sub>10</sub> Ni <sub>5</sub> (P Mo) <sub>3</sub>
III	245	0,45	Pb <sub>154</sub> Sb <sub>50</sub> Zn <sub>20</sub> Ag <sub>10</sub> (P W Cu) <sub>4</sub>
IV	297	1,24	Ag <sub>150</sub> Cd <sub>50</sub> Zn <sub>30</sub> Cu <sub>15</sub> Sn <sub>13</sub> P <sub>12</sub> Pb <sub>10</sub> (W Cr) <sub>7</sub> Sr <sub>5</sub> (Ni Bi) <sub>4</sub>
V	214	0,4	Ag <sub>167</sub> Pb <sub>19</sub> Zn <sub>10</sub> Sn <sub>10</sub> Cu <sub>7</sub> (P Mo W) <sub>3</sub>
VI	365	1,95	Ag <sub>172</sub> Cd <sub>77</sub> Zn <sub>37</sub> Pb <sub>17</sub> Sn <sub>13</sub> (Cu W) <sub>12</sub> P <sub>10</sub> Cr <sub>8</sub> Bi <sub>5</sub> (Sr Ni) <sub>4</sub>
VII	275	1,01	Ag <sub>133</sub> Zn <sub>40</sub> Cd <sub>33</sub> Sn <sub>12</sub> Cu <sub>11</sub> W <sub>10</sub> (P Cr) <sub>9</sub> Pb <sub>8</sub> (Ni Bi) <sub>5</sub> (Ba Sr) <sub>4</sub>
VIII	786	2,11	W <sub>500</sub> Mo <sub>150</sub> Ag <sub>50</sub> Cu <sub>19</sub> Zn <sub>16</sub> Cd <sub>10</sub> (Co Pb Sc) <sub>8</sub> Cr <sub>7</sub> Sn <sub>6</sub> (Sr Ni) <sub>5</sub>
IX	248	0,49	Ag <sub>133</sub> Zn <sub>40</sub> Cd <sub>27</sub> (Cu P) <sub>11</sub> W <sub>10</sub> Cr <sub>7</sub> Pb <sub>6</sub> Bi <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub>
X	384	2,5	Ag <sub>150</sub> Zn <sub>70</sub> Cd <sub>67</sub> Cu <sub>46</sub> W <sub>20</sub> P <sub>19</sub> S <sub>16</sub> Pb <sub>13</sub> (Cr Bi Ni) <sub>6</sub> Sr <sub>4</sub> Be <sub>3</sub>
XI	182	0,62	Ag <sub>133</sub> Pb <sub>12</sub> Cu <sub>11</sub> Zn <sub>10</sub> (W P) <sub>6</sub> (Cr Bi Sc) <sub>3</sub>
XII	381	0,76	Ag <sub>250</sub> Zn <sub>40</sub> Cd <sub>33</sub> Cr <sub>13</sub> Cu <sub>11</sub> (W Sn) <sub>10</sub> P <sub>7</sub> Bi <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub> (Ba Pb) <sub>3</sub>
XIII	234	0,87	Ag <sub>167</sub> W <sub>20</sub> Zn <sub>16</sub> P <sub>9</sub> Pb <sub>8</sub> Cu <sub>7</sub> Sn <sub>6</sub> Cr <sub>4</sub> Bi <sub>3</sub>
XIV	217	0,86	Ag <sub>167</sub> Cd <sub>17</sub> Zn <sub>12</sub> W <sub>8</sub> Cu <sub>7</sub> Sn <sub>4</sub> (P Cr Pb) <sub>3</sub>
XV	224	0,51	(Ag W) <sub>50</sub> Zn <sub>40</sub> Cu <sub>30</sub> Pb <sub>19</sub> Cd <sub>17</sub> Sn <sub>10</sub> Cr <sub>7</sub> Ni <sub>4</sub> (P Mo) <sub>3</sub>
XVI	378	1,4	Ag <sub>250</sub> Cd <sub>33</sub> Zn <sub>20</sub> Cu <sub>19</sub> P <sub>17</sub> (Bi W Sn) <sub>10</sub> Cr <sub>9</sub> Ni <sub>5</sub> Pb <sub>4</sub>
XVII	372	2,8	Ag <sub>150</sub> Zn <sub>55</sub> Cd <sub>47</sub> Sn <sub>34</sub> Pb <sub>22</sub> Cu <sub>19</sub> As <sub>15</sub> Bi <sub>13</sub> P <sub>11</sub> W <sub>10</sub> Cr <sub>6</sub> (Sr Ni) <sub>4</sub>

ассоциацией отличается почва в очагах II и III, расположенных в жилых кварталах, что, по-видимому, связано с наличием погребенных загрязненных грунтов. По уровню распределения в городских почвах выделяются три группы микроэлементов. Широко распространены и активно накапливаются в почвах серебро, цинк, вольфрам, свинец, медь, ртуть. В основном на уровне фоновых концентраций содержатся молибден, барий, хром, бериллий, кобальт и бор. В количествах ниже фоновых значений присутствуют литий, иттербий, иттрий, галлий, ванадий, цирконий, ниобий, висмут, марганец, титан. При этом накапливаться и образовывать локальные аномалии могут элементы всех групп.

Наиболее высокие значения Zc характерны для ЦАО, ЮВАО и ЮАО. Даже по средним значениям Zc загрязнение почв этих округов превышает 32 и характеризуется как опасное. Наиболее низкая концентрация химических элементов в почвах Западного административного округа. Уровень содержания химических элементов в почвах округов убывает в ряду ЦАО-ЮВАО-ЮАО-СВАО-ВАО-САО-ЮЗАО-СЗАО-ЗАО.

Аналогично и распределение по административным округам площадей распространения загрязненных почв (табл. 3). Опасное и чрезвычайно-опасное загрязнение почв ( $Zc > 32$ ) выявлено на 60 % площади Центрального административного округа. Широко распространены загрязненные почвы в ЮВАО (54 %) и ЮАО (40 %). На 20–30 % территории Северного, Северо-Восточного и Восточного округов загрязнение почв характеризуется сильным уровнем ( $Zc > 32$ ). В меньшей степени загрязнены почвы Западного, Северо-Западного и Юго-Западного округов — сильный уровень загрязнения почв выявлен соответственно на 9 %, 13 % и 15 % площади округа. Следует отметить, что чрезвычайно опасный уровень загрязнения почв ( $Zc > 128$ ) на территории Западного округа не зафиксирован. В САО,

**Таблица 3**  
**Суммарное загрязнение почв Москвы по величине Zc**

Административные округа	Обследованная площадь, км <sup>2</sup>	Площадь по уровням загрязнения							
		<16		16–32		32–128		>128	
		%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>
Центральный	64,68	6,4	4,2	32,9	21,3	58,0	37,5	2,6	1,7
Северный	100,62	46,8	47,1	31,9	32,1	20,5	20,6	0,7	0,8
Северо-Восточный	98,67	38,7	38,2	32,0	31,5	28,4	28,0	0,9	0,9
Восточный	148,08	38,9	57,7	33,1	49,1	26,6	39,4	1,3	1,9
Юго-Восточный	109,38	16,9	18,4	29,2	31,9	49,9	54,6	4,1	4,5
Южный	127,11	33,4	42,4	26,2	33,2	33,2	42,3	7,2	9,2
Юго-Западный	109,33	55,5	60,6	29,4	32,1	15,0	16,4	0,2	0,2
Западный	128,96	69,7	89,9	21,4	27,5	9,0	11,6	—	—
Северо-Западный	90,26	66,5	60,0	20,6	18,6	12,2	11,0	0,7	0,7
Вся Москва	977,10	42,8	418,5	28,4	277,3	26,8	261,5	2,0	19,8

СВАО, ЮАО и СЗАО такие почвы ( $Z_c > 128$ ) занимают меньше 1 % площади округов. Наибольшие площади почв с максимальным уровнем загрязнения выявлены в ЮАО и ЮВАО и занимают соответственно 9,2 % и 4,5 %.

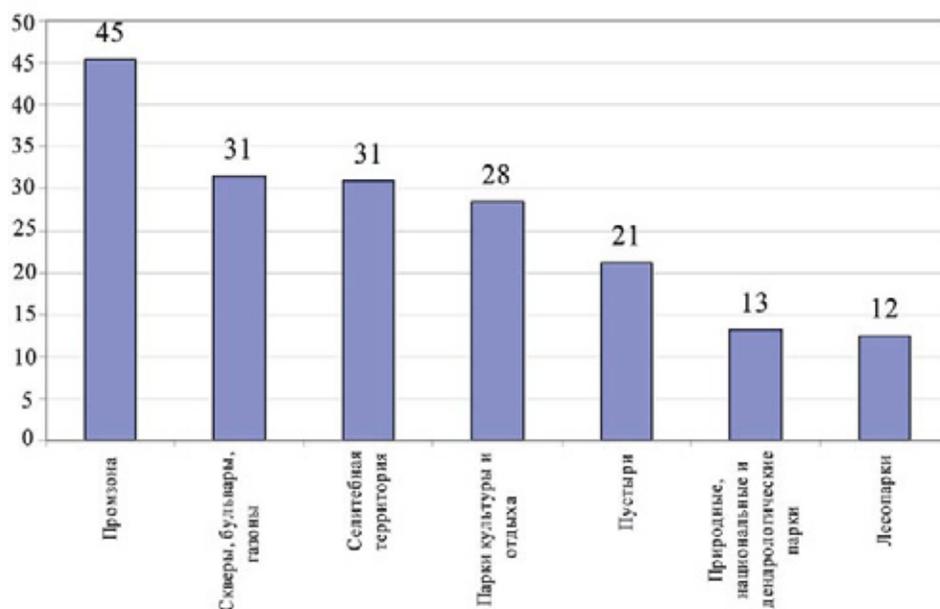
Средние значения суммарного показателя загрязнения химическими элементами почв различных функциональных зон представлены на рис. 2. Наиболее высокие значения  $Z_c$  выявлены в почвах промышленных зон. Даже среднее значение суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) превышает 32 и характеризуется как опасное. Уровень содержания химических элементов в почвах функциональных зон убывает в ряду: промзоны-скверы, бульвары-жилые кварталы-парки культуры и отдыха-пустыри-природные и национальные парки-лесопарки.

Такой уровень концентрации химических элементов в почвах функциональных зон представляется вполне логичным. Почвы промышленных зон и предприятий подвергаются наиболее мощному техногенному прессу. Скверы и бульвары обычно расположены вблизи улиц и магистралей и зачастую оказываются в зоне воздействия выбросов автотранспорта. Основным источником загрязнения почв жилых кварталов являются коммунально-бытовые отходы и автотранспорт. Современные парки культуры и отдыха испытывают достаточно высокие антропогенные нагрузки как от посетителей, так и в процессе организации массового отдыха жителей. Загрязнение почв на пустырях происходит в основном за счет несанкционированных свалок. Почвы городских парков и лесопарков в наименьшей степени загрязнены химическими

элементами, хотя уровень их концентрации значительно выше, чем на фоновых участках. Основными источниками загрязнения городских лесов служат коммунально-бытовые отходы, автотранспорт и неорганизованные свалки.

Анализ химического состава городских почв показал, что одним из основных загрязнителей является серебро. Содержание серебра в почвах колеблется в широких пределах: от 0,01 мг/кг до 15 мг/кг при среднем содержании 0,6 мг/кг. Даже среднее содержание этого

элемента в почвах города в 10 раз превышает фоновый уровень (0,06 мг/кг). Аномалия серебра практически сплошной полосой простирается с северо-запада на юго-восток, охватывая центральную, восточную, юго-восточную и южные части города. Контуры аномалии серебра по конфигурации в значительной мере повторяют распределение в почвах суммарного показателя загрязнения  $Z_c$ . Для серебра не существует официальных утвержденных гигиенических нормативов содержания в почвах. В то же время серебро — типичный техногенный элемент — индикатор степени урбанизированности территорий. Серебро поступает в окружающую среду при сжигании угля, мазута, с выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. Аномалии этого элемента в почвах проявляются уже в районах новостройках, когда загрязнение почв другими металлами отсутствует. По мере освоения территорий уровень концентрации серебра в почвах возрастает. Распространение в почвах серебра и уровень его кон-



**Рис. 2.** Среднее содержание химических элементов в почвах функциональных зон города по величине суммарного показателя загрязнения  $Z_c$

**Таблица 4**  
**Динамика распространения загрязненных почв по годам**

Округа	Площадь (%) загрязненных почв ( $Z_c > 32$ )		
	1986 г.	1993 г.	2006 г.
Центральный	88,7	64,5	60,7
Северный	50,8	29,0	21,2
Северо-Восточный	36,1	34,5	29,3
Восточный	61,5	46,2	27,9
Юго-Восточный	78,7	63,0	54,1
Южный	53,6	21,3	40,4
Юго-Западный	41,5	14,8	15,2
Западный	28,5	19,4	9,0
Северо-Западный	22,0	44,1	12,9
Вся Москва	51,5	35,9	28,8

**Таблица 5**  
**Среднее суммарное содержание химических элементов в почвах функциональных зон Москвы**

п/п	Функциональные зоны	Суммарный показатель загрязнения, $Z_c$		
		1986 г.	1993 г.	2006 г.
1	Промзоны	73	48	45
2	Скверы, бульвары	71	42	31
3	Селитебные территории	58	30	31
4	Парки культуры и отдыха	44	24	28
5	Пустыри	44	39	21
6	Природные, национальные и дендрологические парки	30	26	13
7	Лесопарки	34	33	12
8	Весь город	54	40	28

центрации может служить индикатором техногенного пресса на окружающую среду.

Другими основными загрязнителями почв города являются цинк, свинец, медь, кадмий, олово, вольфрам, молибден, хром. Большинство из перечисленных элементов относятся к I и II классу гигиенической опасности.

В процессе нескольких циклов картирования техногенного загрязнения почв Москвы в 1986, 1993 и 2002–2006 гг. установлено, что уровень загрязнения на различных участках городской территории существенно меняется. Это связано с проявлением большого количества разнообразных факторов, обусловленных как интенсивностью промышленной и хозяйственной деятельности, так и естественными процессами транспортировки широкого круга химических соединений в природных средах. В табл. 4 приведено сравнение распространения загрязненных почв на территории города в период 1986–2006 гг.

Наблюдается четкая тенденция уменьшения уровня загрязнения городских почв и грунтов химическими элементами. Площадь сильнозагрязненных почв ( $Z_c > 32$ ) в 2006 г. уменьшилась по сравнению с 1986 г. и 1993 г., соответственно в 1,79 и в 1,25 раза. Такая же тенденция прослеживается и на территориях отдельных округов. Исключение составляет территория Южного

округа, где площадь сильнозагрязненных почв увеличилась почти в два раза по сравнению с 1993 г., хотя и остается меньше чем в 1986 г.

Последнее картирование техногенного загрязнения почв Москвы выявило не только тенденцию уменьшения площадей распространения сильнозагрязненных почв ( $Z_c > 32$ ), но и тенденцию к снижению уровня концентрации химических элементов в почвах. В табл. 5 приведены средние значения суммарного показателя загрязнения в почвах земель различного функционального назначения в разные годы опробования. Снижение уровня суммарной концентрации химических элементов в почвах прослеживается на территории как всего города, так и в почвах функциональных зон.

Снижение уровня концентрации химических элементов почв в промышленных зонах связано с проводимой в городе политикой ликвидации вредных производств и строительством на их месте жилых кварталов, разбивкой скверов и бульваров. Так, например, застройка Люблинских полей фильтрации жилыми кварталами, и сопровождающая ее рекультивация земель, привела к ликвидации крупной высококонтрастной аномалии. То же самое происходит и на территории других ликвидируемых промышленных зон («Южный порт», «Грайвороново» и т.д.)

Уменьшение уровня загрязнения почв на территориях жилых кварталов, на скверах и бульварах очевидно связано с развернутой в последние годы работой по озеленению столицы. На территории города проводятся большие работы по созданию новых и замене старых газонов с использованием «чистых» незагрязненных растительных грунтов, требования к качеству которых значительно ужесточены. Работы по ликвидации несанкционированных свалок на территории города, сосредоточенных зачастую на пустырях и опушках парков и лесопарков, создание газонов на их месте также благоприятно сказалась на уровне загрязнения почв в этих функциональных зонах. Снижение уровня концентрации химических элементов и уменьшение площадей сильнозагрязненных почв, источников вторичного загрязнения атмосферного воздуха, благоприятно сказывается на экологической обстановке в городе.

Многолетние мониторинговые исследования почв Москвы показали, что загрязненность их тяжелыми металлами в последние годы снизилась. Исключение составляет территория Южного округа, где площадь сильнозагрязненных почв увеличилась почти в два раза.

Вместе с тем, выявлено увеличение интенсивности загрязнения почв города таким опасным элементом как свинец. Загрязнение почв увеличилось по всем округам и практически достигло, а в четырех округах даже превысило, уровень 1986 г. Увеличение уровня загрязнения почв свинцом связано с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города.

Уменьшение уровня загрязнения почв химическими элементами произошло в основном за счет значительного снижения выбросов предприятиями, что обусловлено как спадом производства, так и ликвидацией мно-

гих предприятий; ужесточением контроля за вредными выбросами со стороны природоохранных организаций; возросшими объемами работ по санации почв на территории города при благоустройстве территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буренков, Э.К. Эколого-геохимические исследования в ИМГРЭ — прошлое, настоящее, будущее / Э.К. Буренков, Е.П. Янин // Прикладная геохимия. — Вып. 2. Экологическая геохимия. — М.: ИМГРЭ, 2001. — С. 5–24.
2. Головин, А.А. Опыт мониторинга техногенного загрязнения почв города Москвы / А.А. Головин, С.Б. Самаев, Л.С. Соколов // Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ. Тез. докл. — М.: ИМГРЭ, 1997, С. 155–158.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами / Б.А. Ревич, Ю.Е. Саев, Р.С. Смирнова, Е.П. Сорокина. — М.: ИМГРЭ, 1982. — 112 с.
4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами. — М.: Минздрав СССР, 1987. — 24 с.
5. Соколов Л.С., Астрахан Е.Д. Загрязнение территории Москвы металлами / Л.С. Соколов, Е.Д. Астрахан // Природа. — 1993. — № 7. — С. 64–67.

© Ачкасов А.И., Варава К.В., Самаев С.Б., 2016

Ачкасов Анатолий Иванович // anivach@yandex.ru  
Варава Константин Владимирович // kvarava@yandex.ru  
Самаев Сергей Борисович // kvarava@yandex.ru

УДК 550.424

Янин Е.П. (Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН)

#### ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННЫХ РЕЧНЫХ ИЛАХ

*Изучены уровни концентрирования и формы нахождения тяжелых металлов (Cd, Cu, Ni и Pb) в фоновом аллювии и техногенных речных илах. Установлено, что концентрации металлов в илах многократно превышают их содержания в фоновом аллювии. Показано, что в илах резко преобладают подвижные формы нахождения металлов, особенно сорбционно-карбонатные. Это определяет роль техногенных илов как вторичного источника загрязнения водной массы и указывает на возможность их прямого токсического воздействия на живые организмы. **Ключевые слова:** аллювий, техногенные илы, тяжелые металлы, формы нахождения, миграция, подвижность.*

Yanin E.P. (Institute of Geochemistry and analytical chemistry im. V.I. Vernadskiy RAS)

#### THE DEPARTMENT OF HEAVY METALS IN TECHNOGENIC SILTS OF THE RIVER

*Studied the levels of concentration and chemical states of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb) in the background alluvium and in the technogenic river silts. It is established that metal concentrations in the silts by many times exceed their contents in the background alluvium. It is shown that in the technogenic silts sharply predominate the mobile forms of metals, especially sorption-carbonate forms. This defines the role of technogenic silts as the second source of the pollution of water mass and he indicates the possibility of their direct toxic action on the living organisms. **Keywords:** alluvium, technogenic silts, heavy metals, speciation of metals, migration, mobility.*

В техногенных ландшафтах со сточными водами и поверхностным стоком с освоенных территорий в реки поступает специфический осадочный материал, что обуславливает формирование в речных руслах техногенных илов, отличающихся морфологическим обликом, веществным составом и геохимическими особенностями от природного (фонового) руслового аллювия. Типичными поллютантами, в значительных количествах накапливающимися в илах, являются тяжелые металлы, особенно Cd, Cu, Ni и Pb, которые в результате разнообразных процессов, свойственных техногенной аллювиальной обстановке осадконакопления, способны высвобождаться из отложений в водную фазу и поглощаться гидробионтами. Интенсивность миграции указанных металлов из илов в речные воды и их вероятность поглощения гидробионтами зависят не только от валового содержания химических элементов, но и от их форм нахождения в отложениях. В ходе выполнения работ по оценке степени опасности техногенного загрязнения рек возникает необходимость определения миграционной подвижности тяжелых металлов, концентрирующихся в илах, и значимости последних как источников вторичного загрязнения речных вод и гидробионтов. В статье излагаются результаты исследований, выполненных на р. Пахра в зоне влияния г. Подольск — крупного промышленного центра Московской области, и направленных на установление особенностей распределения, форм нахождения и миграционной подвижности Cd, Cu, Ni и Pb, накапливающихся в техногенных илах.

Река Пахра — правый приток р. Москва — относится к восточно-европейскому типу рек с преимущественно снеговым питанием; ее режим и водность типичны для малых рек Центральной России [1]. В последние десятилетия важную роль в водном питании р. Пахра играют промышленно-бытовые сточные воды, существенная

Таблица 1  
Схема последовательной обработки проб донных отложений для извлечения различных форм нахождения тяжелых металлов

№ п/п	Экстрагент	Преобладающие формы и их подвижность
1	Ацетатно-буферная смесь, pH = 4,2	Сорбционно-карбонатные; высокая миграционная подвижность
2	Раствор пиродифосфата натрия, pH ~ 13	Органические (металлы, связанные с гумусовыми веществами); повышенная подвижность
3	Раствор 0,15 н HCl	Гидроксидные (металлы, связанные с аморфными оксидами Mn, оксидами и гидроксидами Fe); повышенная подвижность
4	Раствор 6 н HCl	Кристаллические (металлы, связанные с кристаллическими оксидами); относительно устойчивые формы
5	Остаток *	Силикатные (металлы, входящие в состав решеток обломочных и глинистых минералов); устойчивые формы.

\* Концентрация металлов в остатке рассчитывалась путем вычитания содержания суммы предыдущих форм из валовой концентрации металла в конкретном образце