
ГЕОХІМІЯ ҐРУНТІВ

УДК 631.41 : 504.53

Н. М. Цветкова, Т. К. Клименко

ТЕХНОГЕННІ АНОМАЛІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ УРБОЛАНДШАФТІВ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я (на прикладі м. Дніпродзержинська)

Дніпропетровський національний університет

Визначено вміст валових і рухомих форм Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd у ґрунтах урболандшафтів м. Дніпродзержинська. Строкатість просторового розподілу важких металів у ґрунтах викликана неоднорідністю просторової функціональної структури міста, розташуванням джерел шкідливих викидів, характером забудови, геоморфологічними та кліматичними особливостями. За величиною сумарного показника забруднення Z_c досліджуваних ґрунтів виділені урболандшафти із слабким і помірним ступенем забруднення. Уміст рухомих форм Mn, Cu і Cd у значній, а Ni і Pb у меншій мірі залежить від їх валового вмісту.

Ключові слова: урболандшафти, міські ґрунти, важкі метали, забруднення, техногенні аномалії, антропогенне навантаження.

N. N. Tsvetkova, T. K. Klimenko

Dnipropetrovsk National University

TECHNOGENIC ANOMALIES OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF URBAN LANDSCAPE OF STEPPE PRIDNEPROVYE (WITH EXAMPLES OF DNEPRODZERZHINSK)

The heavy metals content was investigated in soils of urban landscape of Dneprodzerzhinsk. Soils of Dneprodzerzhinsk accumulate a lot of toxic compounds out by industrial enterprises. Compare to the Clark values the soils were enriched by Zn (by 10 times), by Ni (by 2–8 times), by Cd (by 2–7 times), by Pb (by 1.5–4 times), while concentrations of Mn, were lower by 2 times. The regularities in spreading of mobile heavy metal forms which get to urban soils. The ecological estimation has been carried out for pollution contents in the top layer of soil.

Keywords: urban landscape, urban soils, heavy metals, pollutions, technogenic anomalies, anthropogenic load.

Сучасний моніторинг стану міського середовища має включати дані про склад усіх компонентів урбоекосистем, що дає змогу вживати своєчасних заходів щодо нейтралізації реальних наслідків антропогенної діяльності людини і запобігання потенційних змін компонентів екосистем. Ґрунти, на відміну від таких динамічних систем, як вода і повітря, фіксують у собі всі зміни, що відбуваються в екосистемі протягом тривалого періоду, тому ґрунтовий моніторинг надзвичайно важливий (Мотузова, 1988).

Міські ґрунти є субстратом для рослин, середовищем існування мікроорганізмів і мезофауни. Вони виконують чимало важливих екологічних і санітарних функцій. Від зональних ґрунтів вони відрізняються рядом особливостей, обумовлених високими техногенними навантаженнями (Добровольский, Никитин, 1990; Строганова, Агаркова, 1992; Строганова и др., 1997).

Однією з найгостріших проблем промислово розвинених міст є забруднення ґрунтів різноманітними хімічними речовинами, у тому числі важкими металами

© Цветкова Н. М., Клименко Т. К., 2005

(ВМ). У цьому контексті місто Дніпродзержинськ не є винятком, оскільки концентрація промислових підприємств на його території практично найвища в Україні. Ряд науковців уже проводили тут фрагментарні дослідження геохімії ґрунтового покриття (Пасічний, Сердюк, 2002; Програма виходу ..., 2000; Тютюнник, 1992), однак повномасштабні і систематичні дослідження, на жаль, досі не проводилися.

Мета нашої роботи – дослідження особливостей розподілу валових і рухомих форм *Mn*, *Cu*, *Ni*, *Zn*, *Pb* і *Cd*, а також оцінка рівня забруднення ґрунтів м. Дніпродзержинська.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На формування геохімії міст впливають різні чинники – як природні, так і антропогенні. Важко визначити, які з них є домінуючими, а які другорядними. Однак внесок техногенезу у формування урбоєкосистем наразі настільки вагомий, що більшість науковців вважає його провідним (Изменение ..., 1990). Типізація урболандшафтів, яка запропонована різними авторами, переважно ґрунтується на виділенні значущості ряду певних чинників. Зважаючи, що у Дніпродзержинську надзвичайно високий рівень концентрації виробництва, щільності забудови і напруженості транспортних потоків, нами за основу була взята класифікація урболандшафтів, розроблена Тютюнником (1991), який стверджує, що «ландшафти міст у цілому формуються на тому структурному рівні організації комплексної фізико-географічної реальності, на якому процеси техногенезу створюють відцентрові ландшафтоформуючі зв'язки між техногенними ландшафтними компонентами, з одного боку, і природними компонентами ландшафтної сфери – з іншої». Досліджувалися ґрунти наступних урболандшафтів: селетбних (СТЛ), промислових (ПРЛ-Ч у районі металургійного комбінату, ПРЛ-Х у районі хімічних підприємств), автотранспортних (ТРЛ-А), садово-паркових (СПЛ). Враховуючи просторове упорядкування, територія Дніпродзержинська була поділена на чотири зони: 1) західну («Захід»), 2) центральну («Центр»), 3) східну («Схід») і 4) лівобережну («Лівий берег»). У межах зон досліджувались ґрунти відповідних урболандшафтів.

Не слід недооцінювати значення впливу особливостей будови рельєфу на специфіку накопичення важких металів (далі – ВМ) ґрунтами урбоєкосистем. На території міста розташовано такі своєрідні з точки зору геохімії об'єкти, як балки, які, зрозуміло, ми не могли обійти увагою. Ураховуючи, що в досліджуваних балках спостерігається «природна структура угруповань, які змінюються у відповідності з природними закономірностями» (Тютюнник, 1991), розташовані у західній і східній зонах балки Самишина і Водяна були віднесені до садово-паркових ландшафтів (СПЛ-1 і СПЛ-3 відповідно).

Для характеристики ґрунтового покриття щодо вмісту ВМ у кожному урболандшафті відбиралися змішані зразки ґрунтів. Їх відбір і обробка проводилися за загальноприйнятою методикою (Методические рекомендации ..., 1982). Проби відбиралися з глибини 0–10 см способом конверта з площі 20 м².

Для оцінки рівня забруднення ґрунтів ВМ визначався їх валовий уміст. Однак при проведенні ґрунтових моніторингових досліджень важливо враховувати не тільки валовий уміст, а й уміст рухомих форм ВМ (Мотузова, 1988; Садовникова, Зырин, 1985). Актуальність подібних досліджень обумовлена можливістю оцінити потенційну небезпеку накопичення ВМ у ґрунтах, оскільки рухомі форми беруть участь у водній міграції, а також, завдяки своїй біологічній доступності, можуть надходити до трофічних ланцюгів (Микроэлементы в почвах ..., 1981). Серед екстрагентів, які дозволяють виділити з ґрунту форми ВМ, що поглинаються рослинами, найбільш вживаний ацетатно-амонійний буферний розчин з *pH* 4,8, оскільки за своїми властивостями він максимально наближається до кореневих виділень рослин (Ладонин, 2002; Соловьев, 1989).

За класифікацією міських ґрунтів, запропонованою Строгановою (1992), досліджувані ґрунти можна віднести до урбоґрунтів – природних поверхнево-перетворених ґрунтів, які зберегли не порушену нижню частину профілю (садово-

паркові ландшафти), а також до урбаноземів, зокрема до власно урбаноземів (селитебні ландшафти) та індустроземів (автотранспортні та промислові ландшафти).

Уміст валових і рухомих форм ВМ визначався методом атомно-абсорбційного аналізу в полум'ї ацетилен-повітря. Одержані дані оброблялися із застосуванням методів математичної статистики.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розподіл валових форм ВМ у ґрунтах м. Дніпродзержинська (табл. 1) характеризується наступними особливостями. Уміст марганцю в ґрунтах коливався в значних межах: від мінімального – 276 мг/кг (СПЛ–3) до максимального – 1247 мг/кг (СПЛ–2). Високу концентрацію цього елемента в ґрунтах міського парку (СПЛ–2) можна пояснити бризовим переміщенням забруднених повітряних мас, які формуються в межах більш теплої підстилаючої поверхні промислових ландшафтів (Плеханова, 2000; Тютюнник, Горлицкий, 1998). Специфічність поведінки марганцю в техногенно забруднених ґрунтах проявляється в несподівано низькому його вмісті в ґрунтах балки Водяної (СПЛ–3). У забруднених ґрунтах цей елемент може утворювати від'ємні аномалії, що відзначають ряд авторів (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Екогеохимия городских ландшафтов, 1995). Порівняння одержаних даних про вміст *Mn* у ґрунтах міста з фоновими концентраціями (табл. 2) свідчить саме про це – більш як у половині вивчених ландшафтів коефіцієнт концентрації K_c не досягає 1, лише в одному дорівнює 2, у решті – близький до 1.

Таблиця 1

Валовий уміст важких металів у ґрунтах м. Дніпродзержинська, мг/кг ($M \pm m$)

| Урбо-ландшафт* | Mn | Cu | Zn | Ni | Pb | Cd |
|------------------|---------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1. «Захід» | | | | | | |
| ТРЛ–А–1 | 585±29 | 25,71±1,23 | 143±7,05 | 22,5±1,1 | 15,69±0,77 | 4,75±0,238 |
| СТЛ–1 | 493±19 | 24,48±1,05 | 98±2,7 | 18,3±1,83 | 6,15±0,25 | 4,92±0,175 |
| СПЛ–1 | 848±42 | 30,99±1,67 | 325±16,5 | 25,7±1,3 | 27,54±1,13 | 4,59±0,23 |
| 2. «Центр» | | | | | | |
| ПРЛ–Ч–2 | 889±14 | 19,95±0,88 | 165±6,5 | 47,6±2,4 | 42,48±1,95 | 5,38±0,269 |
| ТРЛ–А–2 | 709±28 | 38,28±1,84 | 155±7,5 | 57,8±2,8 | 40,50±2,03 | 5,47±0,274 |
| СТЛ–2 | 646±32 | 27,30±1,37 | 152±7,2 | 75,1±3,8 | 29,7±1,31 | 5,98±0,299 |
| СПЛ–2 | 1247±61 | 26,07±1,04 | 121±6,1 | 64,8±3,2 | 40,77±2,16 | 4,46±0,223 |
| 3. «Схід» | | | | | | |
| ПРЛ–Х–3 | 347±17 | 36,84±2,17 | 185±9,5 | 36,4±1,8 | 21,45±0,92 | 2,46±0,123 |
| ТРЛ–А–3 | 509±25 | 87,93±3,34 | 229±10,9 | 40,5±2,0 | 41,16±2,06 | 4,67±0,084 |
| СТЛ–3 | 324±16 | 14,28±0,71 | 110±5,0 | 57,9±2,9 | 17,64±0,72 | 1,94±0,097 |
| СПЛ–3 | 276±14 | 14,04±0,60 | 173±8,3 | 72,7±3,6 | 16,77±0,77 | 6,64±0,332 |
| 4. «Лівий берег» | | | | | | |
| ТРЛ–А–4 | 418±16 | 18,63±0,81 | 46,4±1,76 | 17,6±0,88 | 18,39±0,88 | 1,52±0,070 |
| СТЛ–4 | 547±19 | 11,52±0,46 | 31,9±1,91 | 12,4±0,62 | 14,40±0,56 | 0,98±0,046 |
| СПЛ–4 | 619±24 | 21,66±0,89 | 32,6±0,76 | 11,7±0,45 | 4,01±0,16 | 0,59±0,017 |

* Урболандшафти: ТРЛ–А–1 – транспортний, СТЛ–1 – селитебний, СПЛ–1 – садово-парковий західної зони; ПРЛ–Ч–2 – промисловий (чорна металургія), ТРЛ–А–2 – транспортний, СТЛ–2 – селитебний, СПЛ–2 – садово-парковий центральної зони; ПРЛ–Х–3 промисловий (хімічна промисловість), ТРЛ–А–3 – транспортний, СТЛ–3 – селитебний, СПЛ–3 – садово-парковий східної зони; ТРЛ–А–4 – транспортний, СТЛ–4 – селитебний, СПЛ–4 – садово-парковий лівобережної зони.

На кількість рухомого марганцю суттєвий вплив справляє його валовий уміст ($r = 0,83$). Деякими авторами повідомляється про те, що сам рухомий марганець впливає на концентрацію рухомих форм ряду металів (Кабата-Пендіас, Пендіас,

1989; Касимов и др., 1995; Кошелева и др., 2002). Нашими дослідженнями виявлено деякий зв'язок між вмістом рухомих форм *Mn* і *Zn* ($r = 0,40$), *Ni* ($r = 0,36$), *Pb* ($r = -0,42$).

Джерелом техногенного надходження *Mn* є викиди металургійного комбінату і автомобільного транспорту. Токсичність марганцю невисока, однак моніторинг його вмісту в ґрунтах необхідний, оскільки цей мікроелемент контролює поведінку ряду інших живильних елементів і впливає на рівновагу *Eh-pH*.

Таблиця 2

Уміст рухомих форм важких металів у ґрунтах урболандшафтів м. Дніпродзержинська ($M \pm m$), мг/кг

| Урбо-ландшафт | Mn | Cu | Zn | Ni | Pb | Cd |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| 1. «Захід» | | | | | | |
| ТРЛ-А-1 | 33,2±1,66 | 0,70±0,035 | 7,24±0,27 | 4,47±0,22 | 0,233±0,012 | 0,908±0,045 |
| СТЛ-1 | 29,4±1,29 | 0,92±0,046 | 6,54±0,28 | 2,96±0,15 | 0,261±0,012 | 0,716±0,034 |
| СПЛ-1 | 25,4±1,27 | 0,68±0,034 | 19,95±0,92 | 0,72±0,04 | 0,178±0,009 | 1,014±0,051 |
| 2. «Центр» | | | | | | |
| ПРЛ-Ч-2 | 5,62±0,28 | 0,38±0,019 | 7,09±0,23 | 1,5±0,08 | 0,915±0,046 | 1,060±0,053 |
| ТРЛ-А-2 | 21,1±1,06 | 0,87±0,044 | 9,03±0,28 | 4,23±0,21 | 0,665±0,033 | 1,690±0,085 |
| СТЛ-2 | 26,1±1,31 | 0,41±0,021 | 9,16±0,47 | 3,54±0,18 | 0,297±0,015 | 1,243±0,062 |
| СПЛ-2 | 34,4±1,72 | 0,75±0,038 | 14,72±0,71 | 6,19±0,31 | 0,397±0,019 | 1,190±0,059 |
| 3. «Схід» | | | | | | |
| ПРЛ-Х-3 | 10,2±0,51 | 0,61±0,031 | 6,68±0,34 | 2,43±0,12 | 0,282±0,015 | 0,763±0,038 |
| ТРЛ-А-3 | 17,8±0,89 | 1,47±0,074 | 9,14±0,42 | 3,84±0,19 | 0,373±0,019 | 0,133±0,007 |
| СТЛ-3 | 15,2±0,76 | 0,08±0,004 | 10,31±0,51 | 7,77±0,39 | 0,160±0,008 | 0,944±0,048 |
| СПЛ-3 | 10,9±0,55 | 0,28±0,014 | 10,8±0,44 | 2,13±0,11 | 0,374±0,019 | 1,182±0,059 |
| 4. «Лівий берег» | | | | | | |
| ТРЛ-А-4 | 21,26±0,99 | 0,54±0,025 | 6,15±0,31 | 1,34±0,06 | 0,215±0,011 | 0,314±0,019 |
| СТЛ-4 | 15,99±0,79 | 0,22±0,009 | 4,32±0,21 | 0,98±0,04 | 0,117±0,005 | 0,219±0,010 |
| СПЛ-4 | 18,4±0,84 | 0,71±0,034 | 7,28±0,35 | 1,42±0,07 | 0,192±0,011 | 0,137±0,007 |

Середній уміст валової міді в ґрунтах становить 27,1 мг/кг. Цей елемент зазвичай поширений у комплексі халькофільних елементів у складі аномалій в урбоєкосистемах. Однак у результаті проведених досліджень нами було виявлено, що ґрунти міста містять переважно невеликі її кількості. На нашу думку, це пояснюється рядом причин. По-перше, це специфіка виробництва розташованих у місті підприємств – ряди відносної концентрації елементів у їх викидах не перевищують $n \times 10$ (Геохимия окружающей среды, 1990). По-друге, мідь, як життєво важливий елемент, постійно видалється при утворенні біомаси рослин (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). На концентрацію рухомої міді суттєво впливає її валовий уміст ($r = 0,89$).

Інша картина виявляється при дослідженні вмісту в ґрунтах валового цинку. Практично в усіх ґрунтах досліджуваних урболандшафтів, за винятком лівобережної зони, уміст *Zn* досягає значних величин і практично на порядок перевищує фоновий (табл. 3). Конкретне джерело надходження в ґрунти цього високотехнофільного елемента встановити важко. Скоріше за все відбувається накладення ореолів викидів усього комплексу промислових підприємств міста. Особливо висока концентрація *Zn* у ґрунтах балки Самишиної (СПЛ-1), де його вміст у 10 разів перевищує фоновий (табл. 3). Надлишок цинку призводить до хлорозу і некрозу листя, а також до затримки росту рослини в цілому (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989).

Залежність вмісту рухомих форм *Zn* від його валових кількостей не прослідковується, оскільки на його рухомість у більшій мірі впливає вміст рухомих форм заліза і марганцю, а також значення *pH* ґрунту (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Касимов и др., 1995; Кошелева и др., 2002). У ґрунтах міста виявлено досить високий рівень

умісту рухомого цинку, що обумовлено його більшою, порівняно з іншими ВМ, розчинністю (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989).

Високий уміст у ґрунтах урболандшафтів м. Дніпродзержинська нікелю прогнозований, оскільки цей елемент групи заліза обов'язково присутній у викидах підприємств чорної металургії (Геохимия окружающей среды, 1990; Тютюнник, 1998). Ґрунти всіх досліджуваних ландшафтів, за винятком лівобережних, у тій чи іншій мірі забруднені цим ВМ. Особливого навантаження зазнають ґрунти урболандшафтів центральної і східної зон міста, де сконцентровані основні виробничі об'єкти. Цікаво відзначити, що концентрації нікелю, зареєстровані у ґрунтах селитебних ландшафтів (СТЛ-2, СТЛ-3), перевищують ці показники в зоні безпосередньої близькості до металургійного комбінату (ПРЛ-Ч-2).

Таблиця 3

Коефіцієнти концентрації (K_c) важких металів у поверхневому шарі (0–10 см) і сумарний показник забруднення (Z_c) ґрунтів урболандшафтів м. Дніпродзержинська

| Урбо-ландшафт | Коефіцієнти концентрації (K_c) | | | | | | Z_c |
|------------------|------------------------------------|------|-------|------|------|------|-------|
| | Mn | Cu | Zn | Ni | Pb | Cd | |
| 1. «Захід» | | | | | | | |
| ТРЛ-А-1 | 0,98 | 1,29 | 4,77 | 2,25 | 1,57 | 4,75 | 10,6 |
| СТЛ-1 | 0,82 | 1,22 | 3,27 | 1,83 | 0,62 | 2,05 | 4,8 |
| СПЛ-1 | 1,41 | 1,55 | 10,83 | 2,57 | 2,75 | 4,59 | 18,7 |
| 2. «Центр» | | | | | | | |
| ПРЛ-Ч-2 | 1,48 | 1,00 | 5,50 | 4,76 | 4,25 | 5,38 | 17,4 |
| ТРЛ-А-2 | 1,18 | 1,91 | 5,17 | 5,78 | 4,05 | 5,47 | 18,6 |
| СТЛ-2 | 1,08 | 1,37 | 5,07 | 7,51 | 2,97 | 5,98 | 19,0 |
| СПЛ-2 | 2,08 | 1,30 | 4,03 | 6,48 | 4,08 | 4,46 | 17,4 |
| 3. «Схід» | | | | | | | |
| ПРЛ-Х-3 | 0,58 | 1,84 | 6,17 | 3,64 | 2,15 | 2,46 | 12,1 |
| ТРЛ-А-3 | 0,85 | 4,40 | 7,63 | 4,05 | 4,12 | 3,67 | 19,7 |
| СТЛ-3 | 0,54 | 0,71 | 3,67 | 5,79 | 1,76 | 1,94 | 9,4 |
| СПЛ-3 | 0,46 | 0,70 | 5,77 | 7,27 | 1,68 | 6,64 | 17,5 |
| 4. «Лівий берег» | | | | | | | |
| ТРЛ-А-4 | 0,70 | 0,93 | 1,55 | 1,76 | 1,84 | 1,52 | 3,3 |
| СТЛ-4 | 0,91 | 0,58 | 1,06 | 1,24 | 1,44 | 0,98 | 1,2 |
| СПЛ-4 | 1,03 | 1,08 | 1,091 | 1,17 | 0,40 | 0,99 | 1,5 |

Забруднення ґрунтів нікелем має свої негативні наслідки. Установлено, що його надлишок гальмує перенесення заліза від коріння до надземної частини рослин (Ильин, 1991; Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). Токсичність нікелю для людини і тварин загальновідома, тому необхідним є комплекс заходів щодо зниження його вмісту у промислових викидах та ремедіації вже забруднених ґрунтів. Усе сказане вище стосується і цинкового забруднення.

На рухомість нікелю значною мірою впливає pH , а також уміст глинистих часток (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Касимов и др., 1995; Кошелева и др., 2002). Нами встановлено, що на концентрацію рухомих форм нікелю деякою мірою впливає його валовий уміст.

Свинцеві аномалії – явище типове для сучасного міста. Їх площа і локалізація залежать насамперед від розвитку автотранспортної мережі й інтенсивності транспортних потоків. Надходження свинцю також обумовлюють викиди ряду виробництв (наприклад, коксохімічного, будматеріалів). В умовах інтенсивного транспортного руху (ТРЛ-А-2, ТРЛ-А-3) реєструються більш високі концентрації Pb . Максимальні кількості цього ВМ були виявлені в ґрунтах промислового урболандшафту (ПРЛ-Ч-2), де, очевидно, відбувається накладання техногенних потоків – промислових і автотран-

спортних. Досить високі концентрації *Pb* виявлені в ґрунтах міського парку (СПЛ-2), це обумовлюється причинами, які розглянуто вище стосовно марганцю. Також можна додати, що парк з обох боків «затиснений» двома досить напруженими автотранспортними магістралями (пр. Пеліна і вул. Сировця).

Привнесення цього елемента повсюдно перевищує винесення; забруднення свинцем є незворотним явищем і навіть при його невеликому надходженні має тенденцію до накопичення у верхніх горизонтах ґрунтів (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). Із усіх ВМ свинцю властива найменша рухомість. На його мобілізацію впливає ряд чинників, у тому числі вміст органічної речовини, кислотно-лужні умови, рухомі форми заліза і марганцю та його валові концентрації (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Касимов и др., 1995; Кошелева и др., 2002).

Проблема забруднення компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, кадмієм наразі набула виключної значущості у зв'язку з високою токсичністю цього ВМ. Ґрунти всіх досліджуваних нами правобережних урболандшафтів у тій чи іншій мірі забруднені кадмієм. Максимальна його кількість (6,64 мг/кг) виявлена в ґрунтах балки Водяної (СПЛ-3), мінімальна – 0,98 мг/кг – у ґрунтах лівобережного парку (СПЛ-4). Кадмій міститься у викидах деяких виробництв, однак провідна роль у процесі його надходження в ґрунти, безумовно, належить автотранспорту. Маршрутна мережа міста повною мірою відтворює картину кадмієвого забруднення.

На рухомість *Cd* впливає *pH* ґрунту – у лужних ґрунтах він відносно малорухомий (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). Нами виявлена залежність вмісту рухомих форм *Cd* у ґрунтах від його валових концентрацій ($r = 0,73$).

У просторовому розподілі ВМ у ґрунтах міста спостерігається своєрідна строкатість. Наприклад, у ґрунтах балки Водяної (СПЛ-3) виявлено мінімальний вміст марганцю, міді і при цьому максимальний вміст кадмію. У ґрунтах балки Самишиної (СПЛ-1) виявлено досить високий вміст цинку і кадмію і відносно менший нікелю. Високі кількості *Cd* у ґрунтах обох балок можна пояснити впливом геоморфологічних особливостей, тобто аеротехногенний шлях надходження цього ВМ значно поступається надходженню із зливовими стоками.

Строкатість просторового розподілу ВМ у ґрунтах міста можна пояснити також неоднорідністю просторової функціональної структури міста, розташуванням джерел шкідливих викидів, характером забудови та кліматичними особливостями.

Характер міграційних потоків хімічних елементів у селитебній і рекреаційній зонах промислових міст визначається просторовим співвідношенням між ними і джерелами викидів. Саст із співавторами назвав їх «потерпаючими об'єктами» (Геохимия окружающей среды, 1990).

Просторова функціональна структура м. Дніпродзержинська має свої особливості, якими це місто відрізняється від інших міст України, подібних за територією. Підприємства металургійної і хімічної промисловості сконцентровані тут у великі промислові зони і займають значні площі – до 18 % від загальної території міста (Програма виходу ..., 2000). Це накладає відбиток на особливості розподілу ВМ у ґрунтах міста і впливає на утворення комплексних поліелементних аномалій. Специфічність окремих виробництв дає змогу прогнозувати забруднення компонентів середовища ВМ, наприклад, специфічні типоморфні асоціації пов'язані з підприємствами чорної металургії – високий вміст елементів групи заліза, зокрема нікелю, у ґрунтах Дніпродзержинська реєструється повсюдно. Однак відносно деяких елементів, широко представлених в урболандшафтах (цинк, мідь), жорсткий зв'язок з конкретними підприємствами не прослідковується.

З метою оцінки масштабів техногенного надходження ВМ і характеристики рівнів забруднення ґрунтів різних районів міста нами проведені розрахунки коефіцієнтів концентрації (K_c) – відношення вмісту важкого металу до його фонового вмісту, які є показниками рівня аномальності (Геохимия окружающей среды, 1990). Фонові значення за літературними даними становлять, у мг/кг: для *Mn* – 600, *Cu* – 20, *Ni* – 10, *Zn* – 30, *Pb* – 10, *Cd* – 1 (Экологические основы ..., 1998).

Уміст марганцю і міді лише в ряді випадків перевищував значення регіонального фону (табл. 3). Усі досліджувані ґрунти забруднені нікелем ($K_c = 2,3-7,5$), кадмієм ($K_c = 1,7-6,6$), свинцем ($K_c = 1,5-4,1$) і особливо цинком (K_c сягає 10,9).

Техногенні аномалії в ґрунтах міста мають поліелементний склад, тому для їх кількісної характеристики використаний сумарний показник забруднення ґрунтів Z_c , який визначається як сума перевищень концентрацій елементів над їх фоновими значеннями (Геохимия окружающей среды, 1990):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1),$$

де n – число враховуваних елементів, K_c – коефіцієнт концентрації.

За одержаними результатами ґрунти урболандшафтів Дніпродзержинська, згідно з класифікацією Саєта із співавторами (Геохимия окружающей среды, 1990), у центральній частині міста характеризуються помірним рівнем забруднення ($Z_c = 17,4-19,0$). Забруднення ґрунтів західної і східної зон змінюється від слабого до помірного: показник Z_c змінювався від 9,4 до 19,7 («Схід») і від 4,8 до 18,7 («Захід»). Ґрунти лівобережної зони забруднені дуже слабо (табл. 2), що може пояснюватися рядом причин – специфічним просторовим розташуванням цього району, а також тим, що ґрунтовий покрив тут в основному сформовано привозними насипними ґрунтами. Показово також, що в ґрунтах, відібраних у східній зоні, яка вважається найбільш неблагополучною в екологічному відношенні, помірно забруднені ґрунти транспортного урболандшафту і балки Водяної, у ґрунтах інших досліджуваних урболандшафтів спостерігається слабкий рівень забруднення ВМ.

Порівняно вищі рівні забруднення фіксуються в ґрунтах промислових (ПРЛ-Ч-2), транспортних (ТРЛ-А-2, ТРЛ-А-3) ландшафтів, ґрунтів міського парку та обох балок (СПЛ-1, СПЛ-2, СПЛ-3), а також селитебного урболандшафту центральної зони міста (СТЛ-2).

За ступенем впливу на величину Z_c окремі елементи розташовуються в такий ряд:

$$Zn > Ni > Cd > Pb > Cu > Mn.$$

ВИСНОВКИ

1. Визначено вміст валових і рухомих форм Mn , Cu , Zn , Ni , Pb , Cd у ґрунтах урболандшафтів м. Дніпродзержинська.

2. Ґрунти урболандшафтів м. Дніпродзержинська в різній мірі забруднені цинком, нікелем, кадмієм і свинцем. Уміст цинку в 4–10 разів, нікелю – в 2–7 разів, кадмію в 1,5–6,5 рази і свинцю – у 2–4 рази перевищує фоновий.

3. У ґрунтах урболандшафтів правобережної частини міста виявлено цинко-нікеле-кадмієво-свинцеві аномалії, від'ємні марганцеві аномалії.

4. За величиною сумарного показника забруднення Z_c досліджуваних ґрунтів виділені урболандшафти із слабким і помірним ступенем забруднення. За ступенем впливу на величину Z_c окремі елементи розташовуються в такий ряд:

$$Zn > Ni > Cd > Pb > Cu > Mn.$$

5. Уміст рухомих форм Mn , Cu і Cd у значній, а Ni і Pb у меншій мірі залежить від їх валового вмісту. Вплив валового вмісту Zn на вміст його рухомих форм не встановлено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саєт, Б. А. Ревич и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М.: Наука, 1990. – 261 с.

- Изменение** свойств почв в условиях промышленного загрязнения / Л. Г. Гришина, М. И. Макаров, Н. П. Недбаев и др. // Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – С. 22-64.
- Ильин В. Б.** Тяжелые металлы в системе почва–растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- Касимов Н. С., Кошелева Н. Е., Самонова О. А.** Подвижные формы тяжелых металлов в почвах лесостепи Среднего Поволжья (опыт многофакторного регрессионного анализа) // Почвоведение. – 1995. – № 6. – С. 705-713.
- Кошелева Н. Е., Касимов Н. С., Самонова О. А.** Регрессионные модели поведения тяжелых металлов в почвах Смоленско-Московской возвышенности // Почвоведение. – 2002. – № 8. – С. 954-966.
- Ладонин Д. В.** Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. – 2002. – № 6. – С. 682–692.
- Методические** рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / Сост. Б. А. Ревич, Ю. Е. Саэт, Р. С. Смирнова, Е. П. Сорокина. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 80 с.
- Микроэлементы** в почвах СССР. Подвижные формы микроэлементов в почвах европейской части СССР. – М.: МГУ, 1981. – 385 с.
- Мотузова Г. В.** Принципы и методы почвенно-химического мониторинга. – М.: МГУ, 1988. – 101 с.
- Пасічний Г. В., Сердюк С. М.** Геоекологічні моніторингові дослідження вмісту важких металів у ґрунтах техногенно змінених ландшафтів (на прикладі м. Дніпродзержинська) // Вісник Дніпропетр. ун-ту: Сер. Геологія. Географія. – 2002. – Вип. 4. – С. 161-166.
- Плеханова И. О.** Содержание тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы // Почвоведение. – 2000. – № 6. – С. 754-759.
- Програма** виходу з екологічної кризи м. Дніпродзержинська на 2000–2005 рр. Дніпропетровськ–Дніпродзержинськ, 2000.
- Садовникова Л. К.** Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами и неметаллами в почвенно-химическом мониторинге // Почвоведение. – 1985. – № 10. – С. 84-89.
- Соловьев Г. А.** Использование комплексных вытяжек для определения доступных форм микроэлементов в почвах // Мониторинг фоновое загрязнение природных сред. – Ленинград: Гидрометеиздат. 1989. – Вып. 56. – С. 216 - 227.
- Строганова М. Н., Агаркова М. Г.** Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16-24.
- Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В.** Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. – 1997. – № 1. – С. 96-101.
- Тютюнник Ю. Г.** Идентификация, структура и классификация ландшафтов урбанизированных территорий // География и природные ресурсы. – 1991. – № 3.
- Тютюнник Ю. Г., Горлицкий Б. А.** Факторный анализ геохимических особенностей почв городов Украины // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 100-109.
- Тютюнник Ю. Г., Ткаченко Т. Е.** Геохімічний вплив коксохімічного виробництва на навколишнє середовище // Ойкумена. – 1992. – № 1. – С. 75-83.
- Экогеохимия** городских ландшафтов / Под ред. Н. С. Касимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. – 336 с.
- Экологические** основы природопользования / Н. П. Грицан, Н. В. Шпак, Г. Г. Шматков и др. – Д.: ИППЭ НАН Украины, 1998. – 409 с.

Надійшла до редколегії 27.04.05