

**ОПЫТ ЗОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРБООКОСИСТЕМЫ
ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

С. М. Сердюк

*Дніпропетровський національний університет***ДОСВІД ЗОНУВАННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ УРБООКОСИСТЕМИ ЗА СТУПЕНЕМ
ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

Розглянуті ґрунтово-геохімічні аномалії, що сформувалися на території промислових підприємств м. Дніпропетровська. Представлені результати зонування ґрунтового покриву міста по ступеню забруднення важкими металами.

Ключові слова: ґрунти, ступінь забруднення, важкі метали, ґрунтово-геохімічні аномалії.

S. N. Serdyuk

*Dnipropetrovsk National University***THE EXPERIENCE OF ZONING OF SOILS OF URBAN ECOSYSTEM DEPENDING
ON THE HEAVY METALS POLLUTION DEGREE**

The soils geochemical anomalies are considered on the territory of plants of Dnipropetrovsk. The Experience of zoning of soils of the city are given depending on the degree of the pollution by heavy metals.

Key words: soils, degree of the pollution, heavy metals, soils geochemical anomalies.

Основной ареной метаболизма техногенного вещества в урбоэкосистеме является почва. Именно в почве протекают многочисленные процессы трансформации и миграции веществ, которые являются важными звеньями биогеохимических круговоротов. Почвенный покров служит конечным приемником техногенных химических веществ, представляет собой геохимический барьер на пути миграции загрязняющих веществ. Почва плавно накапливает загрязнители (и в первую очередь тяжелые металлы), выполняя при этом протекторную функцию по отношению к другим природным образованиям. Она связывает большое количество соединений в малоподвижные и недоступные для поглощения растительностью формы. Металлы-токсиканты, поступая в почву, вступают в химические реакции, адсорбируются органическим веществом, глинистыми минералами, оксидами. В условиях степной зоны (при недостатке влаги, окислительных условиях, нейтральной реакции, устойчивости гумуса) подвижность металлов ограничена, что, в свою очередь, обуславливает их аккумуляцию в верхнем корнеобитаемом гумусовом горизонте почв (Почвенно-экологический мониторинг ..., 1994). Осуществляя защитную роль, почвы постепенно сами приобретают негативные свойства. Вблизи импактных и мобильных источников загрязнения содержание тяжелых металлов в почвах возрастает в десятки и сотни раз по сравнению с фоном (Пасічний, Сердюк, 2002; Сердюк, Пасічний, 2002). Это приводит к нарушению продуктивности и устойчивости фитоценозов, гибели растительности, разрушению самого почвенного покрова, прогрессирующему загрязнению ґрунтовых и поверхностных вод, припочвенных слоев атмосферы и в конечном итоге к образованию техногенной пустыни. На урбанизированных территориях загрязненные почвы опасны прежде всего как источник ингаляционного поступления тяжелых металлов в организм человека путем вторичного загрязнения приземного слоя воздуха (Байдина, 1994; Строганова, Мягкова, 1996; Экологическая оценка ..., 2001). В присутствии значительного количества органических и неорганических лигандов тяжелые металлы трансформируются в более подвижные, миграционно способные соединения, которые поступают в нижележащие слои, ґрунтовые воды (до 30–40 %) и за пределы рассматриваемого техногенного ландшафта, усиливая негативное влияние (Гришина, Копчик, 1991). Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металами обычно проявляются позднее, чем загрязнения воздушной среды или гидросферы, так как они более устойчивы и долговременны. Поэтому исследование степени загрязнения почвенного покрова тяжелыми металами на территории крупных промышленно развитых городов, таких как г. Днепропетровск, актуально.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Базисный блок информации складывается из оценки загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова г. Днепропетровска, который выступает в качестве депонирующей среды на пути миграции газопылевых технологических выбросов промышленных предприятий. По его компонентному составу создается представление о гигиеническом качестве жизнеобеспечивающих сред – воздушного бассейна и почв.

На территории г. Днепропетровска (39,68 тыс. га) расположено 175 промышленных предприятий и организаций (Павлов и др., 1999). В связи с тем что они рассредоточены по всей площади г. Днепропетровска, для решения поставленной задачи рассматривали 5 промышленных зон:

1) *западная группа заводов* (металлургический завод им. Г. И. Петровского, трубопрокатный завод им. В. И. Ленина, коксохимический завод им. М. И. Калинина, лакокрасочный завод им. М. В. Ломоносова, Днепропетровский электровозостроительный завод, Днепропетровский завод металлургического оборудования, металломеханический завод, завод металлоконструкций им. Бабушкина, комбайновый завод, приборостроительный завод, тепловозоремонтный завод и пр.);

2) *южная группа заводов* (заводы «Днепрошина», «Днепропресс», «Полимермаш», Южный машиностроительный завод, Днепропетровский машиностроительный завод);

3) *восточная группа заводов* (Приднепровская теплоэлектростанция);

4) *северо-восточная группа* (Нижнеднепровский трубопрокатный завод им. К. Либкнехта, завод «Днепрометиз», завод «Днепротяжбуммаш» им. Артема, Днепропетровский стрелочный завод и др.);

5) *северо-западная группа* (металлургический завод им. Коминтерна, Днепропетровский завод прокатных валков, вагоноремонтный завод им. Кирова, Днепропетровский завод горношахтного оборудования и др.).

Техногенные потоки тяжелых металлов, включаясь в природные циклы биогеохимической миграции, образуют полиэлементные геохимические аномалии компонентов окружающей среды, в первую очередь почв. Поэтому их характеристика должна основываться на геохимических показателях, которые оценивают распределение суммы элементов, участвующих в загрязнении, с выделением степени участия каждого отдельного металла в совокупном загрязнении.

К таким показателям относятся:

1) коэффициент концентрации (Kc_i), сравнивающий реальное содержание химического элемента в природном компоненте с содержанием в фоновом аналоге:

$$Kc_i = C_i / C_{\phi},$$

где C_i – фактическая концентрация загрязняющего вещества в почве, мг/кг; C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

2) суммарный показатель концентрации (СПК), определяющий аддитивную сумму превышений содержаний над фоновым уровнем всех химических элементов, участвующих в загрязнении:

$$\text{СПК} = \sum C = \sum_1^n Kc_i - (n-1),$$

где Kc_i – коэффициент концентрации химического элемента; n – число элементов с $Kc_i > 1$ (Смирнова, Ревич, 1989).

Часто при определении степени загрязнения почв тяжелыми металлами используют кларки, установленные для почв бывшего СССР А. П. Виноградовым. По данным А. И. Фатеева (Фоновий вміст ..., 1997), за средними величинами спрячено большое разнообразие конкретных ситуаций. Поэтому при оценке содержания тяжелых металлов в почвах отдельных районов необходимо с осторожностью использовать средние величины их содержания в почвах значительной по площади территории. В соответствии с этим при определении степени загрязнения почвенного покрова г. Днепропетровска тяжелыми металлами использовали региональные кларки, разработанные лабораторией охраны почв от загрязнения Института почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского для степной зоны Украины для Mn, Cu, Zn, Ni, Pb (Фоновий вміст ..., 2003), Cd (Лихолат, 1999), мг/кг:

$$Mn \frac{670}{200-1600}; Cu \frac{27}{10-64}; Zn \frac{62}{33-100}; Ni \frac{25}{19-40}; Pb \frac{13}{10-15}; Cd \ 0,6.$$

При расчете СПК тяжелых металлов в почвенном покрове г. Днепропетровска в качестве абсолютного фонового эталона использовали наименьшие значения региональных кларков для степной зоны Украины. Геохимическую структуру загрязнения территории города соотносили с интервалами геометрической прогрессии соответствующих показателей, которые делят территорию г. Днепропетровска на участки, различные по категории загрязнения почв.

Р. С. Смирновой и Б. А. Ревич были рассчитаны значения СПК для почв (1989): менее 8 – практически чистые; 8–16 – слабозагрязненные; 16–32 – среднезагрязненные; 32–64 – сильнозагрязненные; 64–128 – очень сильнозагрязненные; более 128 – максимально загрязненные.

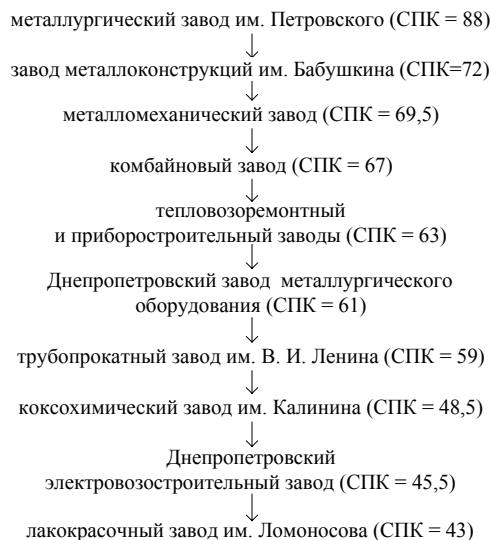
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенном покрове *западной группы заводов* установлены следующие почвенно-геохимические аномалии:

- медно-цинково-свинцовые (металлургический завод им. Петровского, завод металлоконструкций им. Бабушкина);
- медно-цинково-никелевые (Днепропетровский завод металлургического оборудования, комбайновый завод, приборостроительный завод, коксохимический завод им. Калинина);
- цинково-медные (металломеханический завод, лакокрасочный завод им. М. В. Ломоносова);
- медно-свинцовые (кадмиевые) (трубопрокатный завод им. В. И. Ленина);
- цинково-кадмиевые (Днепропетровский электровозостроительный завод);
- кадмиево-цинковые (тепловозоремонтный завод).

Наибольшие коэффициенты концентрации Mn ($Kc = 7$), Ni ($Kc = 15$), Pb ($Kc = 17$) определены в пробах почв территории металлургического завода им. Петровского; Zn ($Kc = 28$) – в образцах почв территории металлургического завода; Cu ($Kc = 30$) – получены в пробах почв территории трубопрокатного завода им. Ленина; Cd ($Kc = 31$) – в образцах почв территории тепловозоремонтного завода.

В целом если предприятия данной группы заводов расположить согласно убыванию численных значений СПК тяжелых металлов в почвах, то получим следующий ряд убывания:

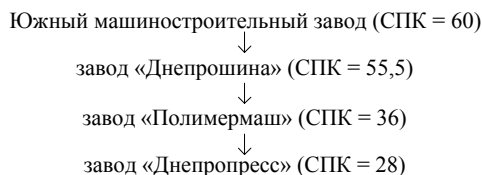


В почвах *южной группы заводов* установлено формирование кадмиево-никелевых (Южный машиностроительный завод), кадмиево-медных (завод «Днепрошина»), медно-

(свинцово-марганцево)цинковых (завод «Днепропресс»), никелево-кадмиевых (завод «Полимермаш») почвенно-геохимических аномалий.

Максимальные коэффициенты концентрации Mn ($Kc = 5$) получены в образцах почвы всех рассматриваемых предприятий южной группы, Cu ($Kc = 11$) – в пробах почв территории завода «Днепршина»; Zn ($Kc = 8$) – в пробах почв территории Южного машиностроительного завода и завода «Полимермаш»; Ni ($Kc = 12$) и Pb ($Kc = 10$) – получены в пробах почв территории Южного машиностроительного завода; Cd ($Kc = 21$ и 22) – в образцах почв соответственно территории Южного машиностроительного завода и завода «Днепршина».

Согласно величинам СПК тяжелых металлов предприятия данной группы заводов можно представить в следующей убывающей последовательности:

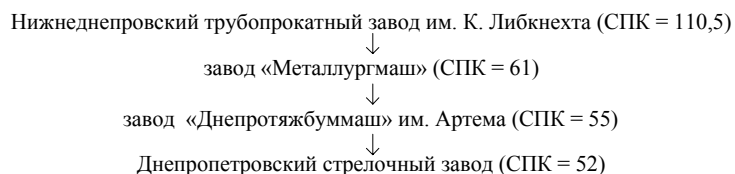


В почвах территории *восточной группы заводов* около Приднепровской теплоэлектростанции выявлена кадмиево-цинково-свинцовая почвенно-геохимическая аномалия, где СПК = 56.

В почвенном покрове *северо-восточной группы заводов* выявлены медно-цинково-свинцовые (стрелочный завод и завод «Металлургмаш»), медно-кадмиево-цинковые (завод «Днепротяжбуммаш» им. Артема) и цинково-кадмиево-свинцовые (Нижеднепровский трубопрокатный завод им. К. Либкнехта) почвенно-геохимические аномалии.

Наибольшие коэффициенты концентрации Mn ($Kc = 5$), Cu ($Kc = 25$) установлены в почвенном покрове завода «Металлургмаш»; Zn ($Kc = 35$), Ni ($Kc = 8$), Pb ($Kc = 20,5$) и Cd ($Kc = 28$) получены в пробах почв, взятых на территории Нижеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта.

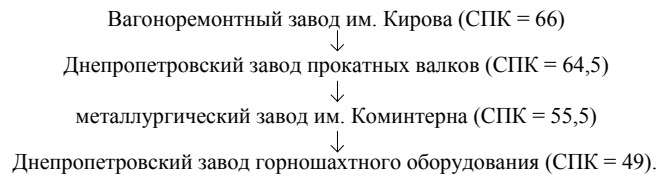
Согласно величинам СПК тяжелых металлов промышленные предприятия данной группы заводов можно расположить в такой последовательности (от наибольших значений СПК к наименьшим):



Для почв территорий *северо-западной группы заводов* характерно формирование никелево-цинковых (металлургический завод им. Коминтерна), цинково-никелевых (Днепровский завод горношахтного оборудования), цинково-кадмиево-свинцовых (вагоноремонтный завод им. Кирова) и кадмиево-никелево-цинковых (Днепропетровский завод прокатных валков) почвенно-геохимических аномалий.

Самые значительные коэффициенты концентрации Mn ($Kc = 7$) определены в пробах почв, отобранных на территории металлургического завода им. Коминтерна; Cu ($Kc = 6$) – в пробах почв с территории металлургического завода им. Коминтерна, Днепропетровского завода горношахтного оборудования и Днепропетровского завода прокатных валков; Ni ($Kc = 16$) – в пробах почв с территории металлургического завода им. Коминтерна и Днепропетровского завода прокатных валков; Zn ($Kc = 30$) и Pb ($Kc = 9$) – в почвенных пробах с территории вагоноремонтного завода им. Кирова; Cd ($Kc = 19$) – получены в почвах территории Днепропетровского завода прокатных валков.

Согласно наибольшим значениям СПК тяжелых металлов предприятия данной группы заводов могут быть расположены в следующем порядке:



В целом наиболее загрязнен тяжелыми металлами почвенный покров Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта (СПК = 110,5), металлургического завода им. Петровского (СПК = 88) и завода металлоконструкций им. Бабушкина (СПК = 72). При этом максимальное загрязнение почвенного покрова *Mn* ($Kc = 7$) установлено в пределах металлургического завода им. Петровского и металлургического завода им. Коминтерна; *Cu* ($Kc = 30$) – на территории трубопрокатного завода им. Ленина; *Zn* ($Kc = 35$) – в границах Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта; *Ni* ($Kc = 15-16$) – на территории металлургического завода им. Петровского, металлургического завода им. Коминтерна и Днепропетровского завода прокатных валков; *Pb* ($Kc = 17; 20,5$) – установлено в пределах металлургического завода им. Петровского и Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта; *Cd* ($Kc = 28; 31$) – на территории тепловозоремонтного завода и Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта.

В целом в пределах зоны исследования ($S = 19,25$ тыс. га) установлено три типа зон загрязнения согласно принятой шкале СПК тяжелых металлов для почвенного покрова:

1. *Зона очень сильного загрязнения* ($S = 2,2$ тыс. га):

- включает в себя промышленные площадки и прилегающие к ним территории в границах северо-восточной группы заводов (1,6 тыс. га) – Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта, завода «Днепротяжбуммаш» им. Артема и Днепропетровского стрелочного завода;
- в пределах северо-западной группы заводов (не превышает 0,3 тыс. га) – вагоноремонтного завода им. Кирова, Днепропетровского завода прокатных валков;
- на территории западной группы заводов (не менее 0,3 тыс. га) – металлургического завода им. Петровского и завода металлоконструкций им. Бабушкина.

2. *Зона сильного загрязнения* ($S \approx 10$ тыс. га):

- в пределах западной группы заводов полностью включает в себя территорию трубопрокатного завода им. Ленина, комбайнового, приборостроительного, тепловозоремонтного, металломеханического заводов, Днепропетровского электровозостроительного завода, Днепропетровского завода металлургического оборудования, коксохимического завода им. Калинина и лакокрасочного завода им. Ломоносова и рядом расположенные с данными промышленными предприятиями жилые кварталы (Заводскую набережную, пр. Свободы, ул. Маяковского, пр. Петровского, ул. Киевскую, пр. Калинина, ул. Курчатова, ул. Пастера, пл. Петровского, пл. Островского, пр. Пушкина, ул. Шмидта и др.) и парковые массивы (ПКиО им. В. И. Ленина, ПКиО им. М. И. Калинина, ДК им. Ильича);
- в границах южной группы заводов зона сильного загрязнения распространяется на территорию Южного машиностроительного завода и завода «Днепрошина» включая в себя ул. Криворожскую, ул. Героев Сталинграда, частично ул. Рабочую, пр. Кирова, ПКиО им. Б. Хмельницкого, сквер им. В. И. Ленина;
- в пределах восточной группы заводов данная зона простирается на территорию Приднепровской теплоэлектростанции и рядом расположенного шламоотвала;
- на территории северо-восточной группы заводов в зону сильного загрязнения почв входит территория завода «Металлургмаш» и селитебные районы (ул. Маршала Малиновского, ул. Белостоцкого, пр. им. газеты «Правда», ул. Тверская, ул. Батумская, ул. Байкальская, частично ул. Косиора (выше пересечения с ул. Калиновой));
- в границах северо-западной группы заводов зона сильного загрязнения почв полностью включает в себя территорию металлургического завода им. Коминтерна и Днепропетровского завода горношахтного оборудования и рядом расположенную зону жилой застройки (пр. Воронцова, ул. Каруны, ул. Коминтерна, ул. Отечественная, ул. Береговая,

ул. Луговская, ул. Холодильная, ул. Совхозная и др.) и ПККиО им. С. М. Кирова, ПККиО им. П. А. Воронцова.

3. *Зона среднего загрязнения* ($S = 7,05$ тыс. га):

– включает в себя территорию заводов «Днепропресс» и «Днепрополимермаш», распространяется на центральную часть города (пр. К. Маркса, Набережная В. И. Ленина, Набережная Победы, пр. Гагарина, ул. К. Либкнехта; городской сад им. Л. Глобы, ПККиО им. Т. Г. Шевченко, Севастопольский парк, ПККиО им. Ю. Гагарина, парк В. Дубинина, ПККиО 40-летия освобождения г. Днепропетровска), западные (ДК лакокрасочного завода, ул. Братьев Трофимовых, ул. Коммунарская), южные (ул. Запорожское шоссе, ул. Космическая, пр. Героев, поселок городского типа «Опытный»), восточные (ул. Космонавтов, искусственно созданная сосновая лесопосадка) и северные его районы (пр. Мира, ул. Березинская, ул. Донецкое шоссе, ул. Совхозная, частично ул. Холодильная; парк Дружбы, заказник и т. п.).

Установлено, что центры наиболее контрастных почвенно-геохимических аномалий ($СПК \geq 64$) охватывают территории самых активных предприятий-загрязнителей окружающей среды тяжелыми металлами:

– на территории северо-восточной группы заводов центром сформировавшейся почвенно-геохимической аномалии является Нижнеднепровский трубопрокатный завод им. К. Либкнехта, простирается ее с севера на юг находится в пределах 5,5 км и с запада на восток составляет около 4 км;

– в пределах северо-западной группы заводов центром образовавшейся почвенно-геохимической аномалии является вагоноремонтный завод им. Кирова при максимальной простирации с севера на юг 2,25 км и с запада на восток – 2,5 км;

– в границах западной группы заводов наиболее контрастная почвенно-геохимическая аномалия полностью охватывает территорию металлургического завода им. Петровского и завода металлоконструкций им. Бабушкина в радиусе примерно 1 км.

Техногенный ореол в почвенном покрове со средней интенсивностью ($СПК = 32 \div 64$) (при максимальной протяженности с севера на юг – 8,5 км и с запада на восток – 4,5 км) и наименьшей интенсивностью ($СПК = 16 \div 32$) (при максимальной протяженности с севера на юг – 8 км и с запада на восток – 5 км) имеет предпочтительно широтное распространение. С удалением от центра почвенно-геохимической аномалии комплексность и интенсивность ее быстрее снижается в юго-западном направлении, чем в северо-восточном, при преобладающем северо-восточном и восточном направлениях ветра на исследуемой территории.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного нами зонирования г. Днепропетровска по степени загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами свидетельствуют о том, что сформированные почвенно-геохимические аномалии полиэлементны по своему составу и характеризуются асинхронно проявленными типами высоких концентраций отдельных элементов, связанных с технологическими особенностями промышленных производств и метеорологической ситуацией.

2. В пределах территории исследования (19,25 тыс. га) определены следующие зоны загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами: зона очень сильного загрязнения (2,2 тыс. га); зона сильного загрязнения (10 тыс. га); зона среднего загрязнения (7,05 тыс. га). Условно чистая зона отсутствует.

3. По результатам проведенной экологической оценки уровня загрязнения почв тяжелыми металлами свыше 2 тыс. га земельных ресурсов г. Днепропетровска подлежат санации. Это промышленные площадки и прилегающие к ним территории в границах северо-восточной группы заводов (1,6 тыс. га) – Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта, завода «Днепротяжбуммаш» им. Артема и Днепропетровского стрелочного завода; в пределах северо-западной группы заводов (не превышает 0,3 тыс. га) – вагоноремонтного завода им. Кирова, Днепропетровского завода прокатных валков; на территории западной группы заводов (не менее 0,3 тыс. га) – металлургического завода им. Петровского и завода металлоконструкций им. Бабушкина.

4. Установлена величина концентрации и ассоциации элементов-загрязнителей, которые формируются вблизи каждого исследуемого предприятия г. Днепропетровска.

5. Максимальное покомпонентное загрязнение почвенного покрова *Mn* установлено в пределах металлургического завода им. Петровского и металлургического завода им. Коминтерна; *Cu* – на территории трубопрокатного завода им. Ленина; *Zn* – в границах Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта; *Ni* – на территории металлургического завода им. Петровского, металлургического завода им. Коминтерна и Днепропетровского завода прокатных валков; *Pb* – установлено в пределах металлургического завода им. Петровского и Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта; *Cd* – на территории тепловозоремонтного завода и Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта.

6. Наибольшее суммарное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами наблюдается на территории металлургического завода им. Петровского, Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта и завода металлоконструкций им. Бабушкина.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Байдина Н. Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно загрязненных почвах // Почвоведение. – 1994. – № 9. – С. 121-125.

Гришина Л. А., Копчик Г. Н., Моргун Л. В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 82 с.

Лихолат Ю. В. Еколого-фізіологічні особливості дерноутворюючих злаків техногенних територій. – Д.: ДДУ, 1999. – 188 с.

Павлов В. Л., Переметник Н. Н., Шевченко Б. Е. Экологический паспорт города Днепропетровска. – Д.: Арб, 1999. – 109 с.

Пасічний Г. В., Сердюк С. М. Динаміка важких металів в ґрунтовому покриві у зв'язку з техногенним забрудненням оточуючого середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) // Наук. праці Ін-ту проблем природокористування та екології НАН України «Екологія і природокористування». – Вип. 4. – Д., 2002. – С. 111-117.

Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М.: МГУ, 1994. – 272 с.

Сердюк С. М., Пасічний Г. В. Ґрунтово-екологічні моніторингові дослідження техногенного забруднення важкими металами міського середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) // Матеріали конф. «Екологічний світогляд ХХІ віку». – Д., 2002. – С. 58-61.

Смирнова Р. С., Ревич Б. А. Система геохимических показателей для оценки состояния окружающей среды при разработке территориальных комплексных схем охраны природы городов // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. – М.: ИМГРЭ, 1989. – С. 117-123.

Строганова М. Н., Мягкова А. Д. Влияние негативных экологических процессов на почвы города (на примере Москвы) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 37-45.

Фоновий вміст мікроелементів в ґрунтах України / А. І. Фатєєв, Я. В. Пашенко, С. А. Балюк та ін. / За ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пашенко. – Х., 2003. – 120 с.

Экологическая оценка техногенного загрязнения почв ближней зоны Артемовского комбината цветных металлов / Т. М. Бастрыгина, В. В. Долин, В. И. Маничев, Ю. Я. Сущик // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки». – Д., 2001. – С. 161-163.

Надійшла до редколегії 16.09.03