

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КМА

© 2011 И. А. Гонеев^{*1}, О. А. Чепелев^{**2}, П. В. Голуусов³

¹*ассистент каф. физической географии и геоэкологии
e-mail: rrivoli@yandex.ru*

Курский государственный университет

²*начальник отдела геоинформатики ФРЦ
Аэрокосмического и наземного мониторинга,
канд. географ. наук, доцент
e-mail: chepелеv@bsu.edu.ru*

³*доцент кафедры природопользования
и земельного кадастра, канд. географ. наук*

Белгородский государственный университет

В статье анализируется степень загрязнения земель, расположенных в 30-километровой зоне от Михайловского и Лебединского горно-обогатительных комбинатов (ГОК), при этом особое внимание обращается на ГОКи как основной источник пылевых выбросов. Выявлены особенности и различия распространения тяжелых металлов в почвенном покрове Курской и Белгородской областей.

Ключевые слова: пылевые выбросы, почва, тяжелые металлы, горнорудные предприятия, КМА.

Введение

Открытая добыча железных руд Курской магнитной аномалии на территории Белгородской и Курской областей привела к антропогенному преобразованию ландшафтов на значительных площадях. Во многих горнопромышленных районах учеными выделяются три-четыре ландшафтно-функциональные зоны техногенной трансформации природных комплексов [Перельман, Касимов 1999]. Первая зона – шахтно-карьерно-отвалы горнопромышленные ландшафты (ГПЛ) с практически полной деградацией почвенно-растительного покрова, с высокими концентрациями тяжелых металлов (ТМ) в пыли, техногенных наносах, водах и растениях. Выделение этой зоны не представляет проблем, и ее границы могут быть картографированы путем дешифрирования материалов аэрофото- или космической съемки. Вторая зона представлена ГПЛ, непосредственно подвергающимися влиянию карьеров, горнопромышленных комбинатов или обогатительных фабрик, в 2–3 км от которых содержание в воздухе и почве пыли и ТМ превышает ПДК в десять и более раз и снижается при удалении по экспоненциальной зависимости. Как правило, эту зону отождествляют с санитарно-защитной. Следует отметить, что внешние границы этой зоны выделить достаточно сложно, особенно при расположении источников антропогенного воздействия в районах с густой овражно-балочно-долинной сетью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-90714-моб_ст).

**Работа выполнена на средства гранта президента РФ (МК-1189.2010.5).

По данным Е. Ю. Саета [1982], металлургические заводы влияют на окружающую среду в радиусе 5–10 км. В этой зоне ассоциация загрязнителей снижается, а наиболее обширные ореолы чаще всего образуют Zn и Pb. Эту территорию можно выделить в третью зону с достаточно сильным загрязнением почв.

По мнению А. И. Перельмана и Н. С. Касимова, фоновые ландшафты обычно расположены не ближе 15–20 км от источников загрязнения, представляя собой четвертую зону, в которой наблюдается умеренное площадное загрязнение, сильно зависящее от рельефных условий и климатических характеристик.

Исследования, проведенные нами в зоне открытой добычи железных руд КМА на территории Белгородской и Курской областей, были направлены на обоснование границ зон экологически безопасного использования почв в сельскохозяйственных и несельскохозяйственных целях и рискованного землепользования с определенными ограничениями по видам хозяйственной деятельности или способам ее осуществления.

Объекты исследований

В качестве объекта исследования выступал почвенный покров двух ключевых участков.

Первый участок расположен в Железногорском районе Курской области, в непосредственной близости от Михайловского горно-обогатительного комбината. Преобладающими почвообразующими породами на территории района исследований являются лессовидные суглинки, подстилаемые нижнемеловыми отложениями, меньше – наносными аллювиальными отложениями и еще меньше – породами палеогена и неогена – песками [Петрик 2004]. В структуре почвенного покрова преобладают серые лесные почвы, почти сплошь покрывающие пространства правобережья р. Свапы. Среди них по содержанию гумуса выделяются светло-серые, серые и темно-серые разновидности. На долю серых лесных почв приходится 39 917 га, или 62,2 %. На юго-востоке, на левобережной части бассейна р. Свапы, сформировались почвы черноземного типа – черноземы оподзоленные и выщелоченные. На их долю приходится 11 154 га, или 17,4 %.

Второй участок расположен в Староскольском и Губкинском районах Белгородской области, где исследования проводились на границе санитарно-защитных зон Лебединского и Стойленского ГОКов. Почвообразующие породы на исследуемой территории представлены лессовидными отложениями, делювием, древним и современным аллювием. Наиболее распространенными почвами являются черноземы, которые залегают на водораздельных пространствах, а также покрывают значительные площади приречных и балочных склонов. Общая площадь черноземов составляет более 75 % территории. Преобладают типичные (39 %), выщелоченные (26 %) и оподзоленные (8 %) подтипы черноземов. Вторым по распространению является тип серых лесостепных почв, занимающих около 12 % территории, из них более 3 % сформировано на древнеаллювиальных песках. На почвы пойм и лугов приходится около 10 % почвенного покрова района. Содержание гумуса в зональных почвах территории составляет 4,8–5,5 %, обменная кислотность (рН сол.) – 5,7–5,9.

Территории, прилегающие к Железорудным карьерам Лебединского, Стойленского и Михайловского ГОКов, неоднократно являлись объектом геохимического обследования [Косинова 1998; Котенко и др. 2003, Лисецкий и др. 2006, Корнилов и др. 2008], однако латеральная геохимическая структура ландшафтов не учитывалась. Содержание тяжелых металлов (ТМ) в почвах каскадных ландшафтно-геохимических систем не только характеризует накопление техногенных элементов в ландшафте, но и является показателем их перераспределения.

Методы исследования

На территории Железногорского и прилегающих к нему районов Курской и Орловской областей в радиусе до 30 км от Михайловского ГОКа нами в 2007–2010 гг. были отобраны более 100 почвенных образцов для определения содержания в них тяжелых металлов. Точки отбора расположены по району таким образом, чтобы можно было получить полную картину загрязнения.

В 2005 г. учеными Белгородского государственного университета проведены крупномасштабные полевые исследования для оценки современного состояния почв на территории Старооскольско-Губкинского промышленного района. Обследована территория площадью около 1600 кв. км. Отобрано 343 почвенных образца для определения содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn). При отборе почвенных образцов были учтены ландшафтно-геохимические факторы миграции-аккумуляции техногенных элементов. Полученные сведения легли в основу Базы данных эколого-геохимического обследования территории Курской магнитной аномалии (№ госрегистрации 2006620102), актуальность которой поддерживается и в настоящее время.

Для изучения пространственной вариации содержания широкого перечня ТМ в почвах на границах санитарно-защитных зон горнорудных предприятий Старооскольско-Губкинского промышленного района в 2010 г. нами была проведена закладка новой мониторинговой сети в соответствии с разработанной схемой элементарных участков мониторинга. Работы проводились в балке Дальний Лог и ее ответвлениях, на прилегающих к указанным объектам склонах и водоразделах. Исследованные объекты находятся в непосредственной близости от предприятий горнодобывающего комплекса, южнее п. Верхнечуфичево. Расстояние до г. Губкина составляет около 12 км, до Ст. Оскола около 17 км. Расстояние от верховьев балки Котеневские Верхи до р. Оскол около 14 км, от устья балки Дальний Лог около 3 км. В верховье балки Котеневские Верхи проходит восточная граница заповедного участка «Ямская степь» государственного природного заповедника «Белогорье». Образцы почвы отбирались методом конверта с шириной стороны 10 м, местоположение центральной точки конверта фиксировалось при помощи GPS-приемника. Всего был отобран 71 образец почвы, в том числе обследованы две ландшафтно-геохимические катены, одна из которых заложена в балке «Котеневские Верхи», а другая – в устье балки «Дальний Лог». С помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан Макс GV» в соответствии с методикой определения тяжелых металлов в почве [Методические указания... 1992 в образцах были определены концентрации следующих тяжелых металлов и соединений: V, Cr, MnO, Fe₂O₃, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb.

При определении влияния загрязняющих веществ в пылевых выбросах Михайловского ГОКа и почвах прилегающих территорий мы ориентировались на ПДК и ОДК для веществ, установленных ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2511-09, а также учитывались фоновые концентрации, рассчитанные для Курской области и Губкинского и Старооскольского районов Белгородской области.

Результаты и их обсуждение

Для определения пространственного распространения тяжелых металлов в почвах зоны влияния Михайловского ГОКа нами были построены карты для всех изучавшихся металлов. Из анализа карт распределения тяжелых металлов в зоне влияния Михайловского ГОКа следует, что ни один элемент не образует интенсивного загрязнения вокруг предприятия, однако возможно выявить некоторые закономерности. Так, есть территория повышенного содержания свинца, который проходит по юго-восточной части района исследования; молибден и цинк тоже имеют повышенную концентрацию в этом

районе. Также существует неконтрастная геохимическая аномалия с повышенным содержанием кадмия, кобальта, цинка и свинца на северо-западе зоны влияния Михайловского ГОКа.

Точки с максимальными концентрациями расположены на расстоянии от 1 до 20 км от производственных объектов комбината. Концентрации в точках с экстремальным загрязнением по мере удаления от МГОКа не убывают. Точки с максимальными концентрациями сосредоточены вдоль автомобильной трассы и расположены в пойме р. Белый Немед, максимально удаленной от объектов Михайловского ГОКа.

Концентрация меди в почве изменяется в широких пределах, но уменьшения концентраций по мере удаления от карьера и хвостохранилища не происходит. Минимальные значения концентрации меди наблюдаются в непосредственной близости от объектов МГОКа [Гонеев, Кумани 2008]. На отвалах концентрации Cu изменяются от 10 до 22 мг/кг, что меньше или равно фону по Курской области. Максимальные концентрации, превышающие в 2 раза фон, но не превышающие ПДК, обнаружены в точках, удаленных от карьера и хвостохранилища на расстояние от 6 до 20 км.

В большинстве образцов содержание тяжелых металлов ниже ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), на отвалах концентрации всех изученных металлов ниже или в пределах фона; с удалением от карьера и хвостохранилища МГОКа снижения концентрации тяжелых металлов в почвах не происходит, точки с максимальным загрязнением расположены на удалении более 3 км от потенциальных источников загрязнения. По некоторым металлам отмечается наличие в отдельных точках изученной территории техногенного загрязнения, превышающего фон, но происхождение этого загрязнения, судя по его пространственному распределению, не связано ни с взрывами и пылением в карьере, ни с пылением осушенных участков хвостохранилища. Причина такой ситуации – не только небольшое содержание тяжелых металлов в пылевых выбросах Михайловского ГОКа, но и повышенная кислотность серых лесных почв и их промывной режим в условиях Курской области, Железногорского района в частности. Проведенный нами анализ кислотности почв показал, что в среднем значение pH почвы равно 4,6–6,5, то есть почвы района кислые, и только на небольших участках pH близко к нейтральному значению.

Аналогичные карты построены по результатам исследований, проведенным в Староскольско-Губкинском промышленном районе. Незначительное превышение фоновой концентрации кадмия (0,4–0,5 мг/кг) наблюдается на довольно обширной территории, причем четкой привязанности к промышленным центрам отметить нельзя. Кроме того, есть ареалы с концентрацией Cd более 0,5 мг/кг на значительном удалении от этих центров, что свидетельствует о действии источников, не связанных с добычей и переработкой железорудного сырья. В целом уровни ОДК по кадмию на обследованной территории не достигнуты. Однако предпосылки для этого характерны для левобережной части Староскольского района, где распространены супесчаные почвы, для которых установлен уровень ОДК по кадмию 0,5 мг/кг.

Анализ картосхемы распределения свинца позволяет сделать вывод о том, что накопление этого элемента наиболее интенсивно происходит в почвах городских территорий, которые и являются зонами особого внимания. До введения запрета на использование этилированного топлива почвы в районах с большой транспортной нагрузкой постоянно загрязнялись свинцом. Согласно исследованиям, проведенным Ю. В. Мирошниковой (2003) на территории Белгородской области, наибольшее загрязнение свинцом наблюдается на расстоянии до 60 м от автотрасс. В этой зоне содержание свинца в почве может достигать 20 мг/кг. Подавляющая часть сельскохозяйственных угодий имеет содержание свинца в почвах, близкое к фоновому (10–15 мг/кг). Повышенные концентрации Pb характерны для понижений рельефа (днища

балок). Следует отметить, что значений концентрации свинца, сопоставимых с уровнями ОДК, на обследованной территории не установлено.

Распределение содержания меди в почвах агроландшафтов характеризуется накоплением этого металла на территории, прилегающей к районам промышленного освоения. Критические зоны, как и по другим ТМ, приурочены к районам городской застройки и промышленным зонам. Наиболее выражена техногенная аномалия по меди в зоне влияния СГОКа. Она охватывает населенные пункты, расположенные к западу от г. Старый Оскол. На приусадебных участках и огородах западной окраины города отмечено превышение уровня ОДК, установленного для почв легкого гранулометрического состава, по меди (ОДК=33 мг/кг).

Наиболее четко геохимическая аномалия, обусловленная воздействием промышленных предприятий на почвы прилегающих агроландшафтов, прослеживается на картосхеме распределения концентрации цинка. Границы зоны, требующей особого внимания при проведении мониторинговых исследований, можно очертить изолинией содержания цинка 50 мг/кг. Центры ареала концентрации цинка более 50 мг/кг приурочены к населенным пунктам, что свидетельствует о преобладании воздействия источников загрязнения, характерных для селитебных зон. Следует отметить, что уровень ОДК по цинку для почв легкого гранулометрического состава превышен в почвах городов Старый Оскол и Губкин, что требует введения некоторых ограничений на использование этих почв для выращивания сельскохозяйственной продукции.

Для определения общего техногенного загрязнения территории был использован суммарный показатель химического загрязнения (Z_c), который характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами различных классов опасности и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения. Он дает представление о суммарном загрязнении почв комплексом элементов и позволяет дать оценку степени загрязнения. На основании имеющихся показателей была построена карта суммарного загрязнения (рис. 4).

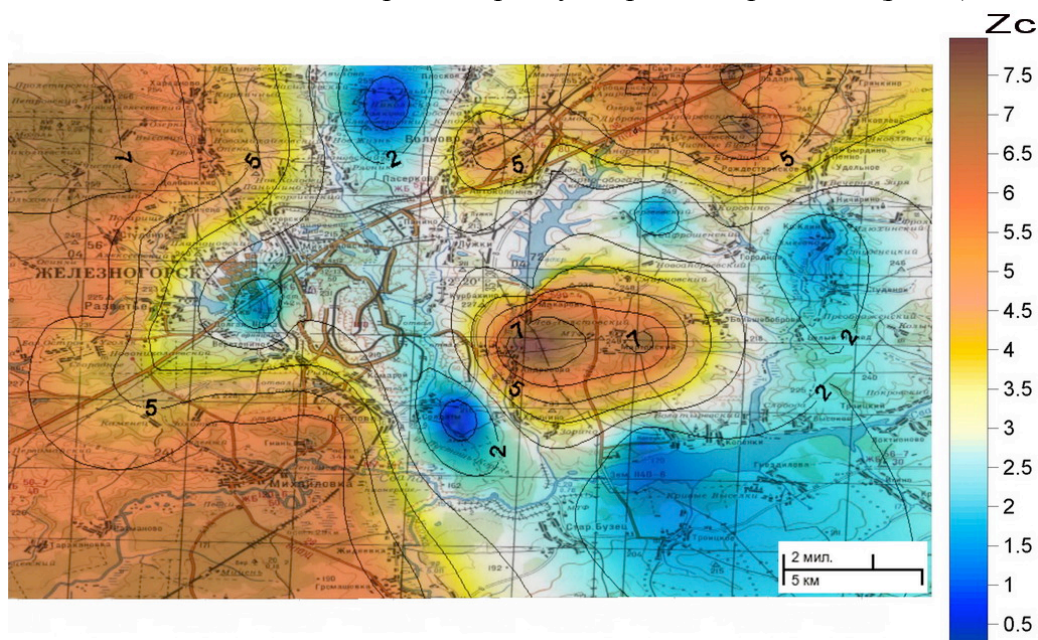


Рис. 1. Территориальное распределение суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами (Z_c) в окрестностях Михайловского ГОКа

При рассмотрении зоны возможного влияния Михайловского ГОКа выделяются следующие основные ареалы загрязнения. Это территория на востоке и северо-западе, а также юго-западе от г. Железногорска, севернее с. Рождественское, и на северо-западе от

п. Андросово. Большая часть значений попадает в рамки допустимых значений для почвенного покрова и только некоторые точки имеют значение умеренно опасное.

Скорее всего, основными источниками загрязнения здесь являются предприятия города и автотранспорт, движущийся как в городской черте, так и за ее пределами. Через Железнодорожный район проходит федеральная автотрасса с большим потоком автомобилей. И непосредственно вдоль нее расположен ареал с максимальными значениями суммарного загрязнения тяжелыми металлами. Можно предположить, что часть тяжелых металлов, обнаруженных в почве в повышенных концентрациях, связана с выбросами автомобильного транспорта и веществами, выделяющимися при износе различных элементов оборудования автомобиля, таких, например, как покрышки. Обычно почвы и растения вблизи автодорог характеризуются повышенным содержанием тяжелых металлов вследствие загрязнения их газопылевыми выбросами автотранспорта [Добровольский 1999].

Анализ карты территориального распределения значений суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами (Zc) на территории Старооскольско-Губкинского промышленного района (рис. 2) показывает, что ареалы повышенных значений (2 и более) данного показателя соответствуют районам промышленного освоения и урбанизированным зонам. Основные ареалы концентрации ТМ приурочены к городам Губкин и Старый Оскол, а также к промплощадкам Лебединского и Стойленского ГОКов и Оскольского электрометаллургического комбината. На территории Старооскольско-Губкинского промышленного района не выявлено значений суммарного показателя загрязнения почв, превышающих 7,5 баллов. Отметим, что значение суммарного показателя загрязнения менее 16 считается допустимым в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03. Таким образом, превышения нормативов Zc на исследованной территории не выявлено.

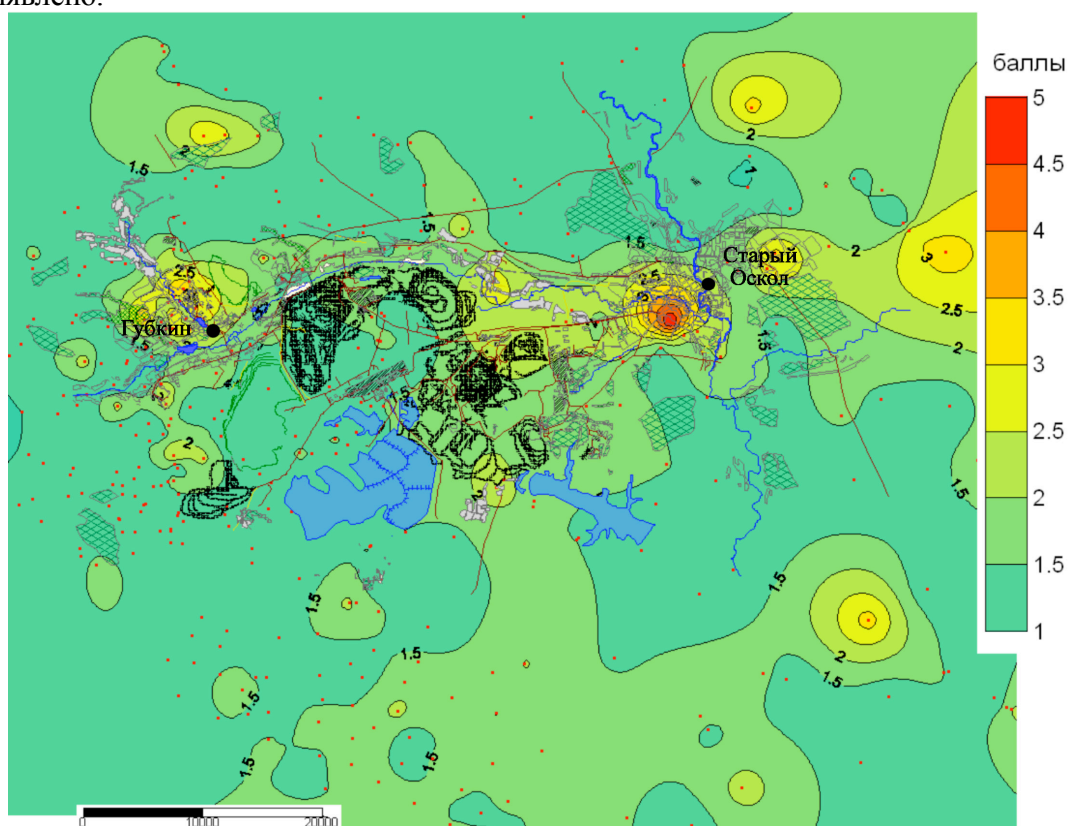


Рис. 2. Территориальное распределение суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами (Zc) на территории Старооскольско-Губкинского промышленного района

В заключение следует отметить, что на обоих изученных объектах открытой добычи железных руд КМА пространственное распределение тяжелых металлов в почвах не имеет прямой связи с объектами горнорудной промышленности. При оценке загрязнения не выявлено его концентрации возле карьеров, отвалов, хвостохранилищ и по направлению преобладающих ветров на данной территории. Также нет корреляции между пространственным распределением различных металлов. Так, геохимические аномалии с повышенным содержанием свинца тяготеют к автомагистралям и населенным пунктам, что укладывается в существующие представления об источниках поступления этого элемента в окружающую среду. В то же время картограммы суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами позволяют сделать вывод о приуроченности основных зон загрязнения к промышленным центрам.

Библиографический список

Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. 142 с.

Безуглова О. С., Орлов Д. С. Биогеохимия. Ростов-н/Д.: Феникс, 2000. 320 с.

Гонеев И. А., Кумани М. В. Экологические последствия пылевых выбросов Михайловского ГОКа // Месторождения природного и техногенного сырья: геология, геохимия, геохимические и геофизические методы поиска, экологическая геология: материалы междунар. конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. 745с. С. 282–284

Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.

Жмакин В. М. Отчет о результатах работ по глубинному геологическому картированию докембрия в м-бе 1:200000 в районе Новоялтинско-Михайловского рудного поля на территории листов N-36-131-А,В; 143-Б; 144-А (Курская и Орловская области) за 1982-1988 г.г. Курск: ЮЗГРЭ, 1988. 295 с.

Иванов В. И. Геологический отчет о разведке и пересчете запасов железных руд Михайловского месторождения КМА по состоянию на 01.01.1985 г. Курск: ЮЗГРЭ, 1985. 362 с.

Котенко Е. А., Морозов В. Н., Кушнеренко В. К., Анисимов В. Н. Геоэкологические проблемы КМА и пути их решения // Горная промышленность. 2003. № 2. С. 12–16.

Кумани М. В. Почвенные исследования, геоэкологическое опробование и оценка загрязненности почв и грунтов. Курск: Изд-во КГУ, 2008. 58 с.

Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта: учеб. пособие. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.

Лисецкий Ф. Н., Свиридова А. В., Кухарук Н. С., Голусов П. В., Чепелев О. А. Аккумуляция тяжелых металлов в растениеводческой продукции зоны техногенеза // Вестник ОГУ / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2008. № 10(92). С. 142–149.

Лисецкий Ф. Н., Голусов П. В., Кухарук Н. С., Марциневская Л. В., Чепелев О. А., Свиридова А. В. Почвенно-экологический мониторинг в зоне влияния крупных промышленных центров // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы II Междунар. науч. конф. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. С. 232–238.

Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.

Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под. ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2003. 195 с.

Мотузова Г. В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.

Петрик А. И. Геоэкологические исследования масштаба 1:50 000 в Михайловском горнопромышленном районе КМА. Москва: Агрохимбезопасность, 2004. 327 с.

Саен Ю. Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. М.: Наука, 1982. 168 с.

Орлов Д. С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992. 400 с.

Смольянинов В. М., Русинов П. С. Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. аграр. ун-та, 1996. 126 с.

Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Некоторые подходы к экологической оценке загрязнения земельных угодий // Почвоведение. 2004. № 10. С. 1264–1267.