

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ЗАПАСОВ СВИНЦА И КАДМИЯ В УРБОПОЧВАХ КУРСКА*

© 2016 Н. П. Неведров¹, Т. А. Выговтова², А. В. Пученкова³

¹канд. биол. наук, ассистент
e-mail: 3202635354@mail.ru

²студент 4 курса естественно-географического факультета

³аналитик, Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск

Курский государственный университет

В работе изложены данные полнопрофильного распределения массовых концентраций Pb, Cd в урбаноземах, функционирующих под травянистыми и древесными фитоценозами. Приведены запасы Pb, Cd в метровой толще почв. Отмечено, что почвы под травянистыми фитоценозами запасают больше металлов, чем почвы лесопарковых сообществ. Произведена оценка качества почв г. Курска с применением традиционных и современных методических подходов.

Ключевые слова: кадмий, свинец, запасы тяжелых металлов, поверхностный горизонт, урбаноземы, качество почв, ресурсный подход.

В последнее время в связи с быстрыми темпами роста промышленного производства и распространения автотранспорта увеличивается содержание загрязняющих веществ в окружающей среде. Среди загрязняющих веществ, которые представляют большой интерес для разных экологических служб, являются тяжелые металлы. В основном это связано с биологической активностью некоторых из них. На животных и человека действие металлов разное и будет зависеть от природы металла, типа соединения, его концентрации. Свыше 90% всех заболеваний людей прямо или косвенно связаны с состоянием окружающей среды, которая может быть или причиной возникновения болезней, или способствует их развитию. Большое содержание тяжелых металлов в организме человека вызывает аллергию, приводит к сердечно-сосудистым заболеваниям [Неведров 2014].

Тяжелые металлы являются приоритетными загрязнителями городских почв. Одним из городов, в котором почвы загрязнены тяжелыми металлами, является Курск.

Тяжелые металлы, которые поступают в почву, накапливаются в её толще, особенно в верхнем гумусовом горизонте, и медленно удаляются при выщелачивании и эрозии. Первый период удаления половины от начальной концентрации тяжелых металлов сильно изменяется в различных элементах и занимает чрезвычайно продолжительный период времени: для Zn – 70–510 лет; Cd – 13–110 лет; Cu – 310–1500 лет; Pb – 770–5900 лет [Самсонова и соавт. 1988; Химия тяжелых металлов... 2006; Ягодина и соавт. 1989].

В условиях техногенеза сформировалась особая группа антропогенно измененных почв. К этой группе относятся городские почвы, изучение которых привлекает внимание современных экологов и почвоведов [Строганова 1992; Герасимова и соавт. 2003].

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд Бортника), договор УМНИК 2-15-11 №0018077.

К основным источникам загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами относятся заводы по переработке аккумуляторных батарей, автомобильный транспорт, предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения [Там же].

Цель исследования: изучить профильное распределение концентраций подвижных форм тяжелых металлов и провести оценку их запасов в метровом слое почвы.

В качестве объекта исследования были выбраны городские почвы, функционирующие под лесопарковыми насаждениями и под травянистой растительностью. Пробы отбирались на шести участках, расположенных в разных районах города: парк «Боева дача», микрорайон «Волокно», СНТ «Химик», Горелый лес, ул. Пучковка, ул. 2-я Рабочая. В качестве контроля использовали почвы косимого участка Стрелецкой степи Центрального черноземного биосферного заповедника им. В.В. Алехина, а также участок заповедника, находящийся под лиственным лесом.

Отбор проб проводился методом конверта. Этот метод является распространенным способом отбора смешанных почвенных образцов и чаще всего применяется для исследования почвы. Отбирают пять образцов почвы. Расположены точки должны быть так, чтобы мысленно соединенные прямые линии образовывали запечатанный квадрат (длина стороны квадрата может составлять 10 м.). Из каждой точки отбирают около 1 кг, но не меньше 0,5 кг почвы. Почвенные образцы упаковывают в полиэтиленовые или полотняные мешочки и прилагают к ним сопроводительные талоны [Неведров 2014]. Отбор проводили в трех повторениях. Площадь каждого исследуемого участка составляла около 5 га. Определение концентраций подвижных форм тяжелых металлов проводилось на базе аккредитованного «Испытательного центра Курского государственного университета» методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА-4. Пробоподготовка и анализ проб выполнены в соответствии с методиками МУ 31-04/04. Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТу 28168-89, 2008. Статистическая обработка данных производилась средствами пакета STATGRAPHICS Plus for Windows 2.1. Подвижные формы ТМ извлекались ацетатно-аммонийным буфером (рН-4,8).

В ходе анализа данных по содержанию свинца в почвах под травянистым фитоценозом на участке СНТ «Химик» превышения ПДК не выявлено, содержание свинца находится в пределах фонового значения по Курской области. Однако на данном участке зафиксировано превышение ПДК по кадмию на глубине 0–20 см в 6 раз, на глубине 20–40 см в 1,5 раза, на глубине 40–60 см в 1,9 раза. Для свинца и кадмия характерно накопление в аккумулятивно-гумусовом горизонте, о чем и свидетельствуют наиболее высокие концентрации металла в поверхностных горизонтах (0–20 см) (рис. 1).

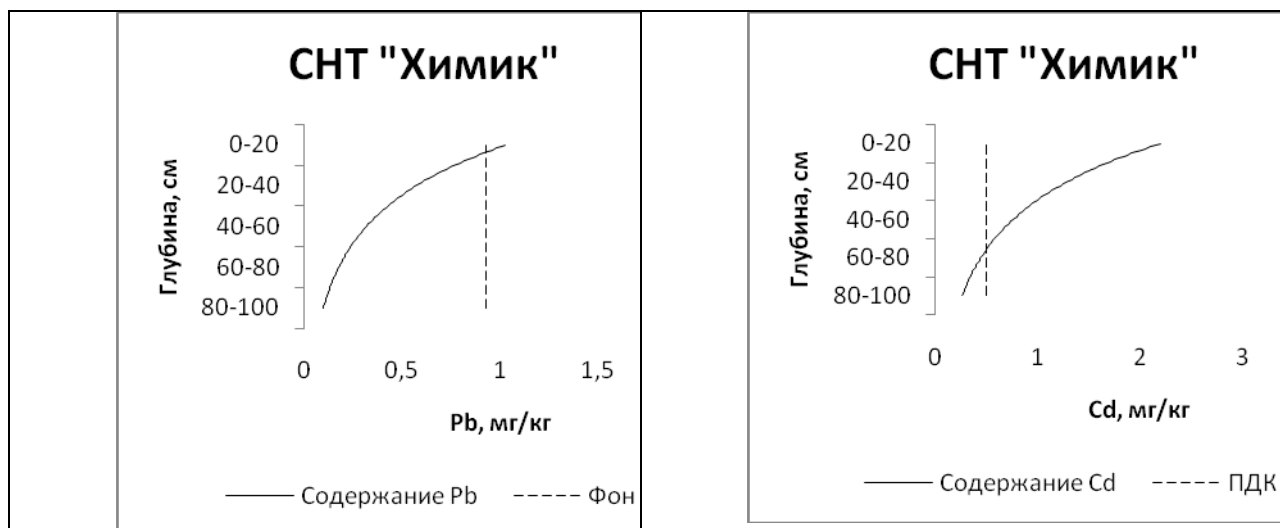


Рис. 1. Пространственное распределение свинца и кадмия в урбаноземе участка СНТ «Химик»

Исследуемый участок в районе «Ул. 2-я Рабочая» имеет чистые почвы относительно содержания свинца и кадмия. Концентрации металлов в поверхностных горизонтах выше фоновых значений. Содержание свинца снижается с глубиной. Кадмий накапливается в аккумулятивно-гумусовом и иллювиальном горизонтах, наибольшие концентрации на глубине 80–100 см (рис. 2).

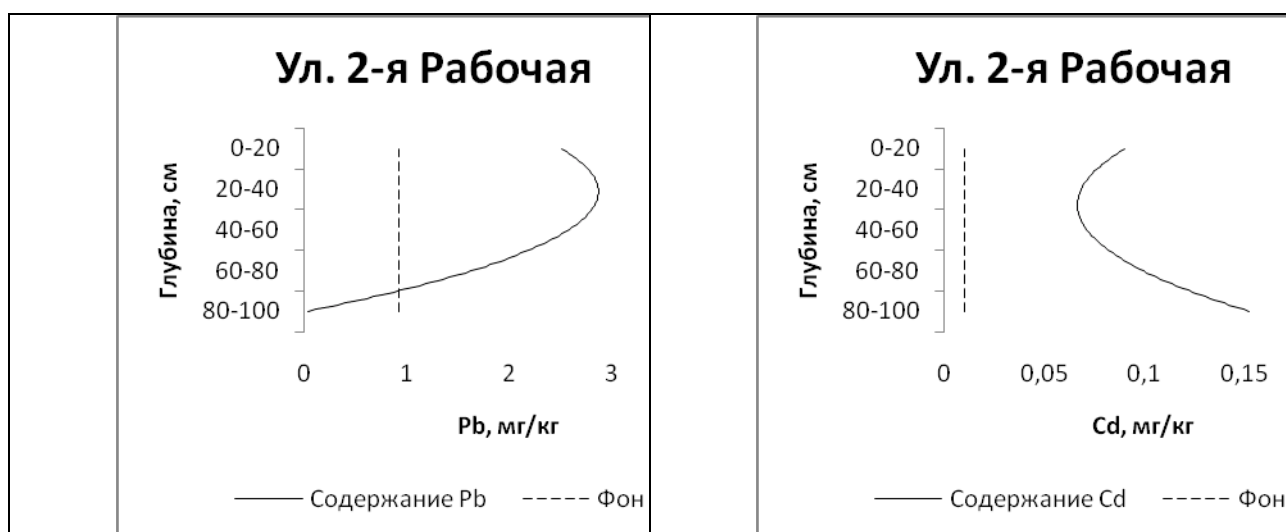


Рис. 2. Пространственное распределение свинца и кадмия в урбаноземе участка «Ул. 2-я Рабочая»

Содержание свинца в почвах на участке по ул. Пучковка превышает ПДК в 1,5 раз на глубине 0–20 см. Содержание кадмия в поверхностном горизонте ниже фоновых значений и в пределах нормы по всему профилю. Свинец концентрируется преимущественно в верхней части почвенного профиля урбанозема, кадмий — в срединной части (рис. 3).

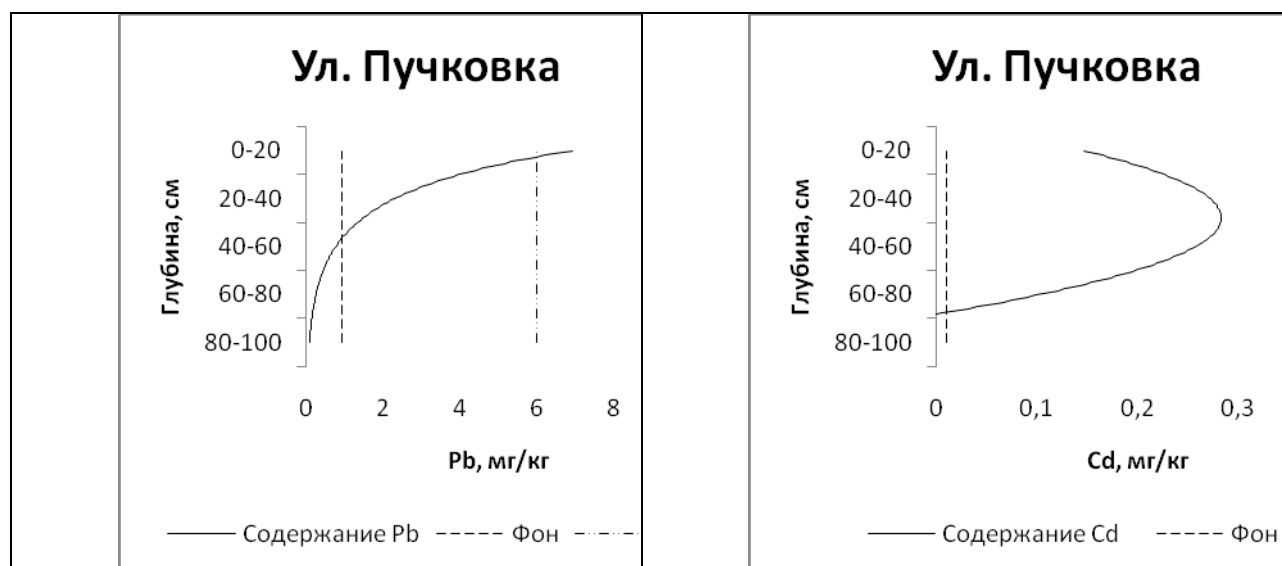


Рис. 3. Пространственное распределение свинца и кадмия в урбаноземе участка по ул. Пучковка

Проанализировав результаты, полученные с контрольного участка, отметили, что содержание свинца на участке «ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина» (косимый участок) не превышает ПДК. Количество подвижного свинца значительно выше в эллювиально-иллювиальной зоне профиля чернозема типичного. Содержание кадмия на данном участке превышает ПДК на глубине 20–40 см в 1,5 раза, что скорее всего обусловлено воздействием сельскохозяйственных сенокосных машин (рис. 4).

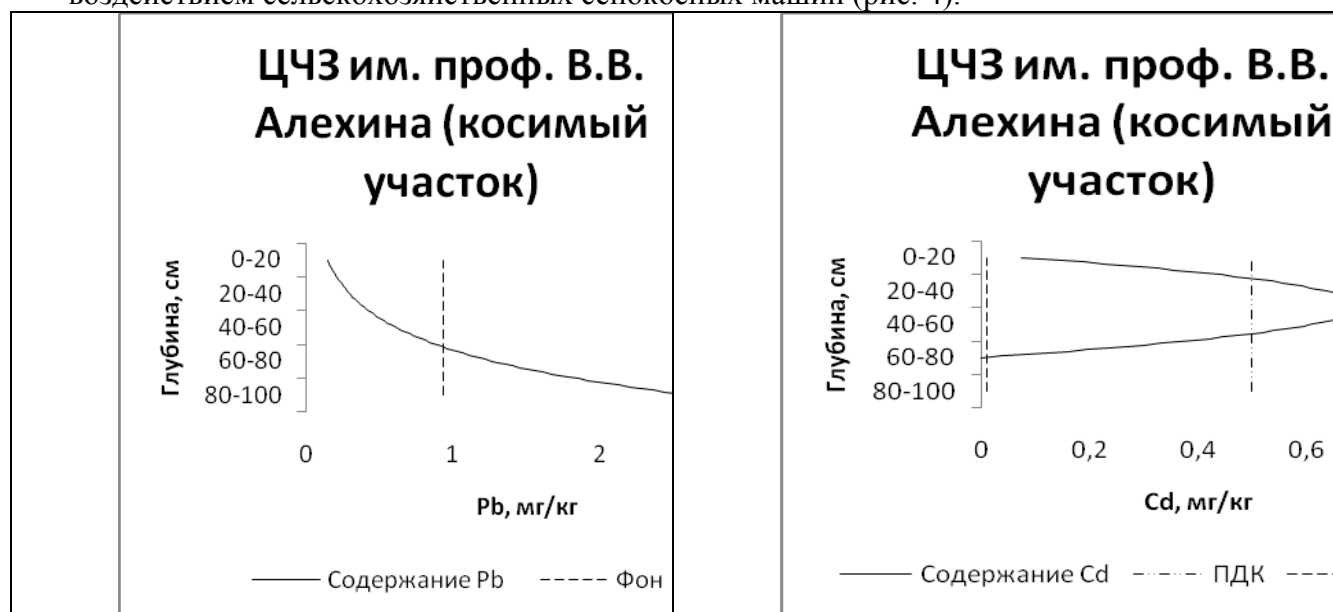


Рис. 4. Пространственное распределение свинца и кадмия в черноземе типичном косимого участка ЦЧЗ им. В.В. Алехина

При изучении профильного распределения концентраций подвижных форм ТМ в почвах, функционирующих под лесопарковыми массивами, были отмечены некоторые особенности поведения свинца и кадмия. Почва исследуемого участка лесопарка микрорайона оказалась чистой по содержанию свинца, но загрязнена кадмием по всей глубине профиля. Содержание кадмия на глубине 0–20 см превышает ПДК в 9 раз, на глубине 20–40 см – в 2 раза, на глубине 40–60 см – в 4,8 раз, на глубине 60–80 см – в 2 раза. Наибольшие концентрации ТМ зафиксированы в гумусово-аккумулятивном горизонте.

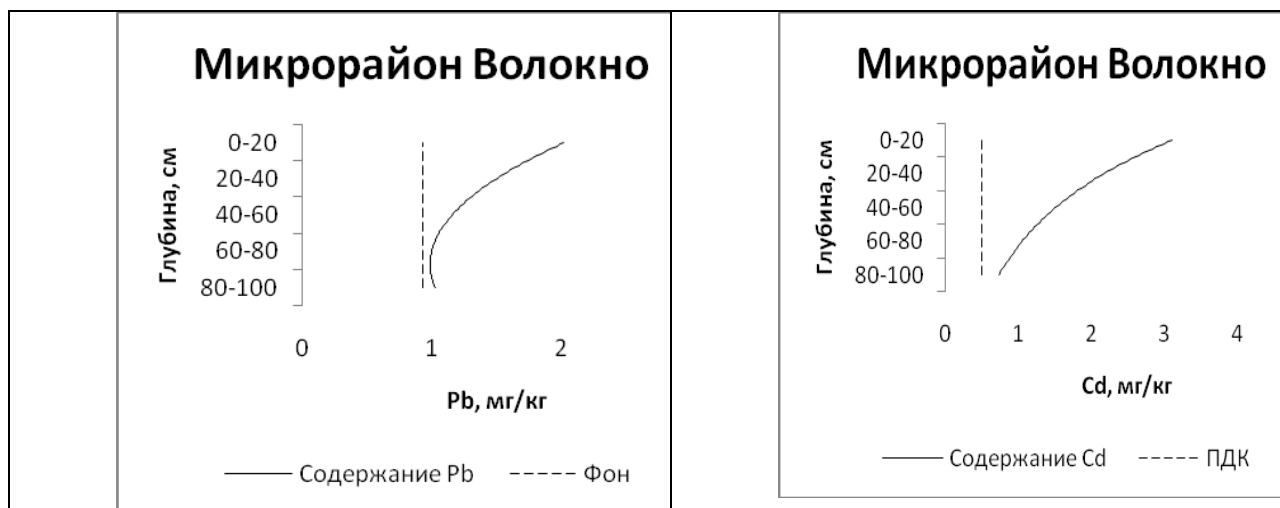


Рис. 5. Пространственное распределение свинца и кадмия в серой лесной почве лесопарка «Волокно»

Содержание как свинца, так и кадмия в почвах участка парка «Боева дача» соответствует санитарным нормам, но заметно превосходит фоновые значения. Зафиксированы снижения концентраций подвижных форм ТМ вниз по почвенному профилю (рис. 6). На данном участке отсутствуют застройки и хозяйственная деятельность человека, однако «Боева дача» ландшафтно не защищена от поверхностного городского стока, поэтому, скорее всего и отмечаются явные превышения над фоном.

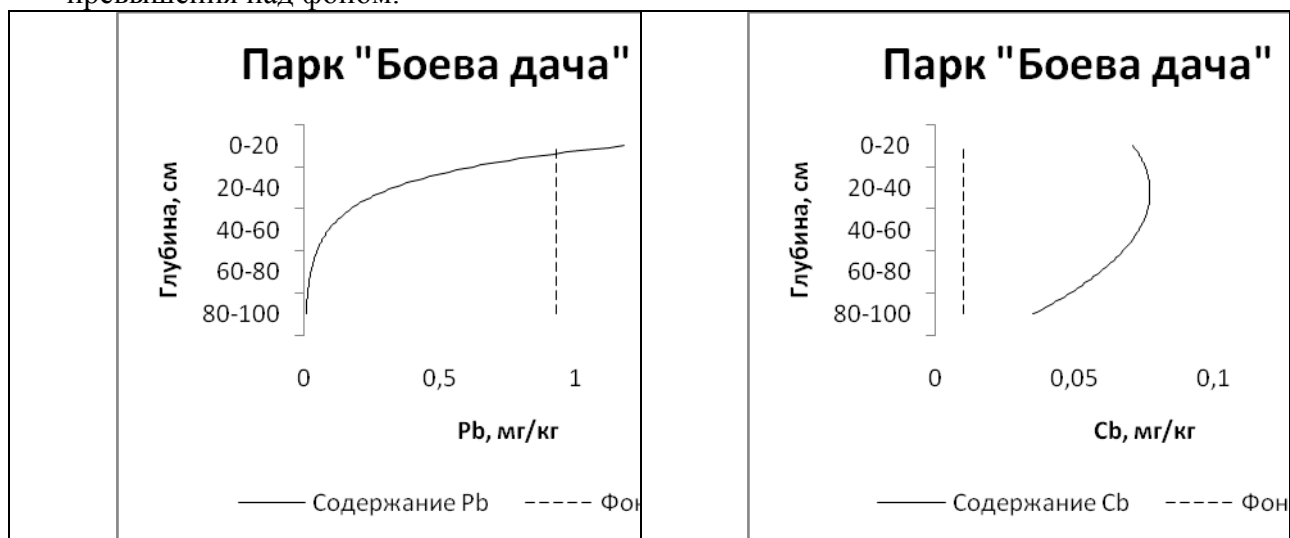


Рис. 6. Пространственное распределение свинца и кадмия в серой лесной почве парка «Боева дача»

Содержание свинца на участке Горелый лес не превышает ПДК. Для кадмия характерно превышение ПДК на глубине 0–20 см в 1,1 раза, на глубине 20–40 см – в 1,9 раза. В поверхностном горизонте содержание ТМ выше фоновое уровня. Для изучаемых металлов на участке Горелый лес характерно накопление в гумусово-аккумулятивном горизонте почвы (рис. 7). Загрязнение кадмием обусловлено нахождением урочища в непосредственной близости с промышленными и военными объектами.

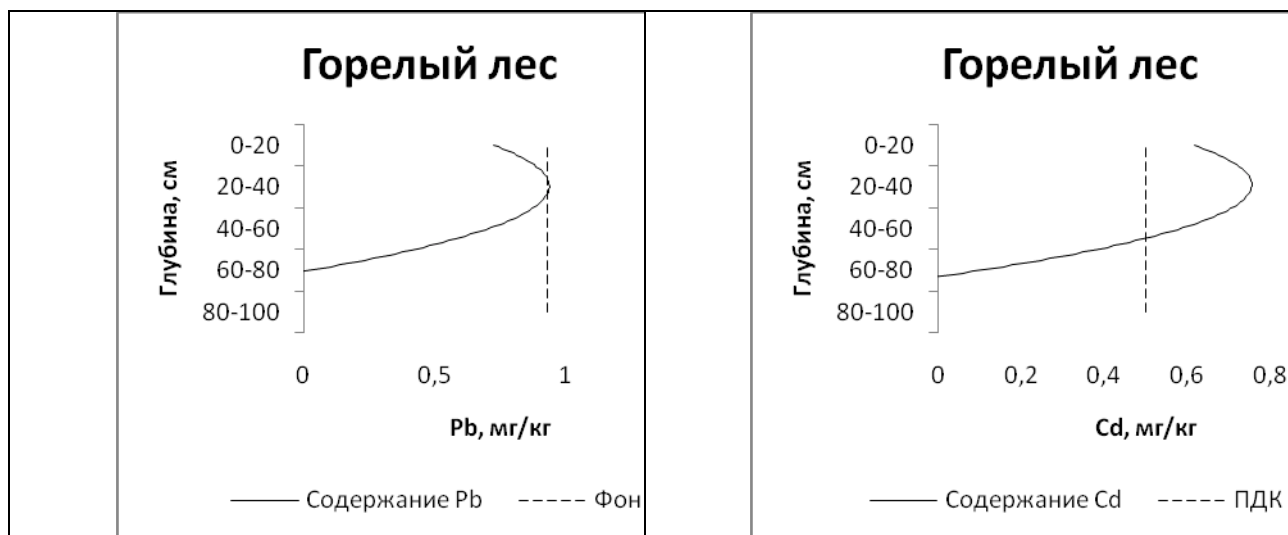


Рис. 7. Пространственное распределение свинца и кадмия в серой лесной урочища Горелый лес

Превышений предельно допустимых значений массовых концентраций подвижных свинца и кадмия на участке «ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина (лес)» не обнаружено. Содержание кадмия выше фонового уровня по области (рис. 8).

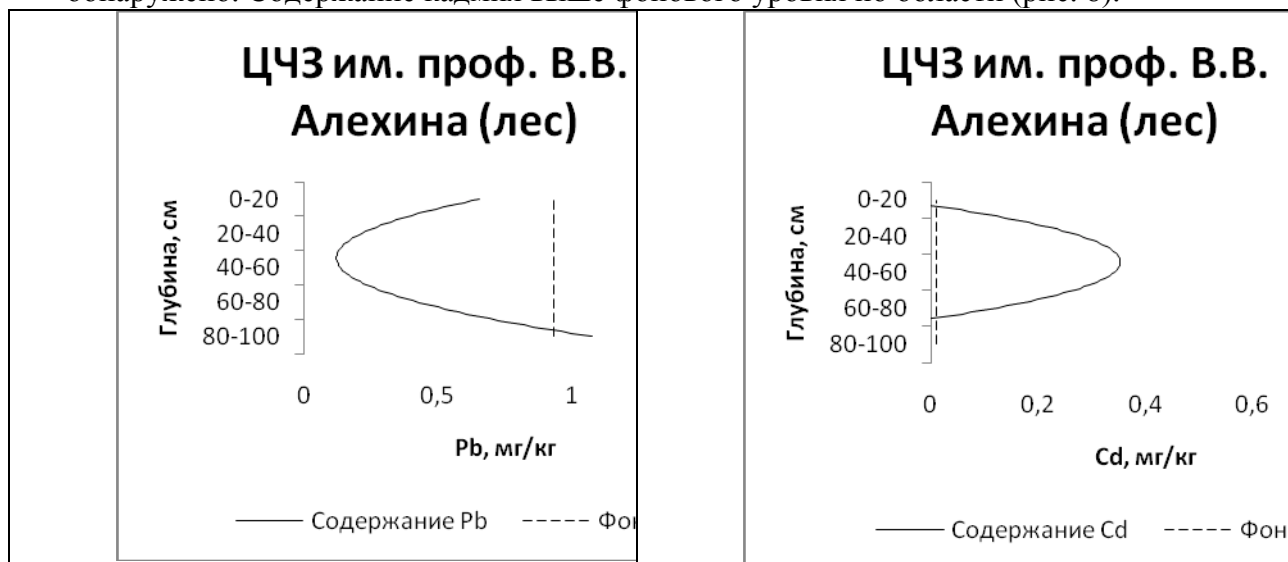


Рис. 8. Пространственное распределение свинца и кадмия в черноземе типичном на участке «ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина (лес)»

Для чернозема типичного характерны эллювиально-иллювиальные процессы накопления изучаемых металлов, что обусловлено микроклиматическими и фитоценоотическими условиями лесного сообщества – обилие влаги и подкисление почвенного раствора увеличивает мобильность ТМ и способствует их миграции вниз по профилю.

В почвах, развивающихся под лесными биоценозами, наблюдается отчетливый рост подвижности кадмия и свинца в глубине почвенного профиля (40–80 см), расположена корнеобитаемая зона древесных форм, которые в процессе своей жизнедеятельности выделяют эксудаты (органические кислоты), мобилизующие ТМ.

В настоящее время для проведения экологической оценки качества почвенного покрова фиксируют содержание химических элементов в поверхностном горизонте почвы и сравнивают их с нормативами ПДК, относя почву к категории либо соответствующей, либо не соответствующей нормам. Применение данного подхода

объясняется расположением корнеобитаемой зоны растений именно в поверхностных горизонтах. Существует так называемый ресурсный подход в оценке качества почв, который учитывает не массовые концентрации загрязняющего вещества только в поверхностном горизонте, а запасы элемента в метровой толще почвы на единицу площади, то есть объемные концентрации. Его используют как дополнительный критерий, учитывающий специфику почвы как природного объекта [Смагин и соавт. 2008].

В нашей работе мы провели расчет запасов элементов в изучаемых почвах и сравнили его с запасами так называемого ПДК г/м^2 , полученного расчетным путем пересчета общепринятых ПДК в единицу измерения г/м^2 . Для пересчета взяли среднюю плотность минеральных почв $1,5 \text{ г/см}^3$ (1500 кг/м^3).

Из данных, приведенных в таблице, видим, что ни в одном из участков не обнаружено превышения расчетного норматива ПДК г/м^2 по свинцу. Это говорит о том, что исследуемые участки почв, согласно ресурсному подходу Смагина, не загрязнены свинцом.

Запасы свинца и кадмия в почвах г. Курска, отличающихся по гранулометрическому составу и типу продуцируемого сообщества (мг/м^2)

Глубина отбора проб	Лесные биоценозы				Луговые биоценозы			
	Легкие почвы		Тяжелые почвы		Легкие почвы		Тяжелые почвы	
	Парк «Боева дача»	Горелый лес	Микрорайон «Волокно»	ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина (лес)	Ул. 2-я Рабочая	Ул. Пучковка	СНТ «Химик»	ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина (косимый участок)
Свинец								
0-100	347	549,8	1423,4	246	2436,6	2441	578,2	773,4
ПДК мг/м ²	5520							
Кадмий								
0-100	71,8	493,8	2275,6	162,8	94,4	204	1262,2	318,4
ПДК мг/м ²	460							

Запасы кадмия превышают расчетный норматив в почвах следующих участков: лесопарк Волокно в 4,9 раза, СНТ Химик в 2,7 раза, Горелый лес в 1,1 раза. В остальных участках ресурсного загрязнения почвенного профиля не обнаружено.

Таким образом, почвы г. Курска испытывают техногенную нагрузку. В местах сосредоточения промышленных предприятий обнаружены превышения ПДК подвижных форм свинца и кадмия в поверхностных горизонтах. Концентрации свинца достигают $9,1 \text{ мг/кг}$, а кадмия $4,5 \text{ мг/кг}$. Повсеместно концентрации ТМ превосходят фоновое значение. Почвы, функционирующие под травянистыми фитоценозами, обладают большим запасом тяжелых металлов, чем почвы под древесно-кустарниковыми насаждениями, так как часть запасов элементов в лесных фитоценозах сосредоточена в древесине, что хорошо наблюдается на примере обследованных нами участков ЦЧЗ им. В.В. Алехина. Запасы ТМ в почвах, продуцирующих травянистую растительность, сосредоточены преимущественно в поверхностных горизонтах и убывают вниз по профилю. Запасы почв лесопарков и лесов сосредоточены как в

поверхностных горизонтах, так и в эллювиально-иллювиальной морфофункциональной зоне почвенного профиля.

Согласно традиционному подходу в оценке качества почв выявлены не соответствующие нормам по содержанию подвижного кадмия участки: СНТ «Химик», микрорайон Волокно, урочище Горелый лес. Эти же участки являются загрязненными кадмием согласно ресурсному подходу Смагина. В случае со свинцом в выводах наблюдались некоторые расхождения. Так, по традиционной методике почвы в районе улицы 2-я Рабочая загрязнены свинцом, но если брать в учет объемные концентрации элемента, то превышения ПДК г/м² не обнаружено.

Из вышесказанного следует, что для экологической оценки качества почвенного покрова в условиях города помимо традиционной методики, включающей только исследования поверхностного горизонта, необходимо проводить анализ профильного распределения поллютантов и оценивать их запасы в метровой толще почвы на единицу площади. Такой подход дает наиболее полное представление об экологической ситуации в городской среде.

Библиографический список

Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М.: Ойкумена, 2003. 266 с.

Неведров Н.П. Экологическая оценка загрязненных тяжелыми металлами почв Курской агломерации и приемов их селективной фиторемедиации: дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014, 147 с.

Самонова О.А., Кулешова Н.А., Асеева Е.Н., Кудерина Т.М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья. Казань, 1988.

Смагин А.В. Основные требования и применяемые технологии при создании плодородного слоя почв при проведении земляных работ в ходе создания и реконструкции объектов благоустройства // Городские почвы: проблемы и решения. М.: НИиПИЭГ. «Прима Пресс», 2004

Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москвы). М.: Изд-во МГУ, 2008. 360 с.

Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере юго-западной части г. Москвы) // Вестн. МГУ. Сер. 17. 1992. №7. С. 16–24.

Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. М.: Изд. МГУ, 1985. 206 с.

Ягодин Б.А., Смирнов А.В. Агрохимия / под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1989. 527 с.