

УДК 543.215.2:502.521:631.4(476)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ОБЛАСТНЫХ ЦЕНТРОВ

М. А. Шорец

магистрант кафедры химии,

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова

О. М. Балаева-Тихомирова

кандидат биологических наук, доцент,

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова

Исследования состояния почв Республики Беларусь показали, что в них локально накапливаются тяжелые металлы, концентрации которых неблагоприятно влияют на состояние окружающей среды. В почву тяжелые металлы попадают из атмосферы в виде аэрозолей, входящих в состав воздушных выбросов промышленных предприятий, дорожно-транспортного комплекса и гидросферы, в результате сброса сточных вод в водные ресурсы населенных пунктов.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, железо, медь, цинк, ртуть, свинец, антропогенная нагрузка.

Введение

Состояние почвы городских территорий требует особого внимания, так как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства оказывает постоянную нагрузку на почвенную систему, что приводит к изменению ее компонентов: агрохимических и физических свойств, микробиологических и биохимических показателей. В результате почвенный покров в городах деградирует и теряет способность выполнять экологические функции [1].

Микробиота, биохимические параметры почвы, ее биологическая активность под влиянием антропогенного воздействия изменяются и являются наиболее чувствительными показателями к загрязнению состояния почвенного покрова [2; 3].

Постоянный мониторинг почв осуществляется вблизи промышленных предприятий и в пределах санитарно-защитных зон, так как данные почвы подвержены наибольшему антропогенному влиянию. Мониторинг прибрежной зоны водоемов, парковой зоны и центральной зоны населенных пунктов не осуществляется, так как считается, что почвы этих территорий не подвергаются интенсивному антропогенному воздействию и преобразованию, а, следовательно, уровень загрязнения таких экосистем невысок [4]. Но небольшие по площади рекреационные территории (скверы, бульвары, аллеи), а также окраинные зоны парков и лесопарков в пределах города испытывают сильное техногенное влияние, в результате ухудшается состояние растительности и почвы этих территорий. Лесо-

парки, парки и другие рекреационные территории города при разумной их эксплуатации играют важную роль в оздоровлении окружающей среды городов [5]. Зеленым насаждениям на урбанизированных территориях принадлежат важные рекреационные и санитарно-гигиенические функции. Крупные клинья лесопарков служат мощными проводниками чистого воздуха в центральные районы города, так как воздушные массы очищаются, проходя над данными зонами [6].

Цель – изучить степень загрязнения почвенного покрова Республики Беларусь ионами тяжелых металлов на примере почв областных городов (г. Витебска, г. Могилева и г. Минска).

Основная часть

Объект исследования – почва.

Предмет исследования – концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почве – Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} .

Почвы отбирали в г. Витебске, г. Могилеве и г. Минске, в каждом из мест, было взято по 3 пробы в 3 зонах: прибрежной зоне водоема, центре населенного пункта и парковой зоне.

Модель эксперимента

Название города	Место отбора проб почвы		
	Прибрежная зона водоема	Центр населенного пункта	Парковая зона
г. Витебск	р. Западная Двина	Пересечение ул. Фрунзе, ул. Ленина и ул. Замковая	Парк им. Фрунзе
г. Могилев	р. Днепр	ул. Ленинская	ПКиО имени М. Горького
г. Минск	р. Свислочь	Пр-т Независимости	Лошицкий парк

Пробы почв отбирали в сентябре – октябре. Верхний растительный слой почвы снимали, и на глубине 20 см отбирали опытную пробу, помещали в стеклянный сосуд с притертой крышкой. Пробы почвы в каждой из зон отбирали на расстоянии 10 метров друг от друга. Анализ почвы проводили в течение 3 недель с момента сбора проб, чтобы избежать нарушения почвенного состава.

Почвы исследовали по типу.

Типы почв в местах отбора проб

Название города	Место отбора проб почвы		
	Прибрежная зона водоема	Центр населенного пункта	Парковая зона
г. Витебск	несвязный песок	дерновоподзолистая, среднесуглинистая, слабогумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, слабогумусная, среднесуглинистая
г. Могилев	дерновоглеевая, среднегумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, среднегумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, среднегумусная
г. Минск	дерновоподзолистая, легкосуглинистая	дерновоподзолистая, легкосуглинистая	дерновоподзолистая, легкосуглинистая

Определения железа (III) проводится спектрофотометрическим методом на основании образования окрашенных комплексных соединений сульфосалициловой кислоты с солями железа (III) [7]. Медь (II) определяется спектрофотометрическим методом, основанным на образовании комплексов ионов металла с аммиаком. Определение ионов цинка (II) проводится титриметрическим методом на основании образования комплексов ионов металлов с аминополикарбонowymi кислотами. Определение ионов свинца (II) основано на их осаждении из растворов, содержащих цианиды щелочных металлов. Метод определения ионов ртути (II) основан на разложении ртути в почве смесью кислот с последующим восстановлением хлоридом олова [8].

По завершению опыта, были сопоставлены полученные результаты у групп между собой и с данными литературы по предельно-допустимой концентрации каждого металла.

ПДК цинка 23,0 мг/кг почвы, меди – 3,0 мг/кг почвы, железа – 5,0 мг/кг почвы, ртути – 2,1 мг/кг почвы, свинца – 6,0 мг/кг почвы [9].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2010, STATISTICA 6.0. Достоверность различий учитывали при $p < 0,05$.

При исследовании почв с различной антропогенной нагрузкой, было определено содержание основных металлов, оказывающих воздействие на показатели эколого-функционального состояния почвы

Изучение концентрации подвижных форм железа выявило следующие закономерности.

Концентрация ионов железа в почве (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Места отбора проб почвы	Содержание ионов железа		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
г. Витебск	$4,36 \pm 0,10$ ^{2-4,7,10}	$2,57 \pm 0,15$ ^{5,8,10}	$0,76 \pm 0,05$ ^{2,6,9,10}
г. Могилев	$1,67 \pm 0,01$ ¹⁰	$1,96 \pm 0,02$ ^{4,5,10}	$3,28 \pm 0,02$ ^{4,10}
г. Минск	$4,28 \pm 0,01$ ¹⁰	$3,46 \pm 0,02$ ^{7,10}	$3,76 \pm 0,02$ ^{7,9,10}

Примечание: ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебск; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилеве; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилев; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минске; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минске; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

В прибрежной зоне водоемов наибольшее содержание ионов металла установлено в г. Витебске, а наименьшее – в г. Могилеве, значения отличаются в 2,6 раза. Отличия между г. Витебском и г. Минском не значительны.

В центральной зоне городов наибольшая концентрация железа установлена в г. Минск, а наименьшая – в г. Могилеве, значения отличаются в 1,7 раза. Значение в г. Минске превышает значение в г. Витебске в 1,3 раза.

В парковой зоне городов наибольшее и наименьшее содержание ионов металла установлено в г. Минск и г. Витебск соответственно, данные отличаются в 4,9 раза. Отличия между г. Минском и г. Могилевом не значительны.

Сравнив полученные данные с показателем предельно-допустимой концентрации железа (III), превышение не установлено.

Наибольшая концентрация железа отмечена вблизи прибрежной зоны водоемов, такое содержание ионов железа в почве обусловлено тем, что промышленные предприятия городов используют водоемы в своих целях, в результате чего происходит сброс загрязняющих веществ в водную среду городов, что обуславливает загрязнение береговой зоны водоемов. Парки находятся в оживленной части города, поэтому антропогенное воздействие на почву парковой зоны в городах высоко. В почвах, взятых в центре городов, не наблюдается повышенного значения концентрации ионов железа, т. к. все промышленные предприятия в городах располагаются на периферии, но и нельзя сказать, что значения в этих городах малы, т. к. в центре городов отмечается большое скопление машин, а следовательно, происходит большой выброс выхлопных газов, что влияет на состав почвы. Кроме того, железо поступает в результате коррозии водопроводных конструкций.

При расчете концентрации ионов меди были получены следующие показатели.

Концентрация ионов меди в почве (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Места отбора проб почвы	Содержание ионов меди		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
г. Витебск	1,19 ± 0,17 ^{2,4,7,10}	4,84 ± 0,07 ^{2,5,8,10}	0,79 ± 0,18 ^{2,6,9,10}
г. Могилев	0,44 ± 0,02 ¹⁰	0,48 ± 0,02 ^{4,5,10}	0,30 ± 0,02 ^{4,10}
г. Минск	1,97 ± 0,02 ¹⁰	1,50 ± 0,02 ^{7,10}	1,79 ± 0,02 ^{7,9,10}

Примечание: ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилева; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилеве; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минске; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

Наибольшая концентрация ионов меди (II) в почве прибрежной зоны водоемов установлена в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве, данные отличаются между собой в 4,4 раза. Значение в г. Минске отличается от значения в г. Витебске в 1,6 раза.

В центральной зоне городов наибольшее и наименьшее содержание ионов меди выявлено в г. Витебске и г. Могилеве соответственно, значения отличаются между собой в 10,1 раза. Данные в г. Витебске больше чем в г. Минске в 3,2 раза.

В парковой зоне наибольшая концентрация ионов меди – в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве, данные отличаются между собой в 5,9 раза. Данные в г. Минске выше, чем в г. Витебске в 2,2 раза.

Сравнив полученные данные с предельно допустимой концентрацией меди (П), установлено превышение в центре города Витебска, в остальных городах значения в норме, не превышают ПДК.

Наибольшая концентрация ионов меди наблюдается в центральной зоне городов, поступление меди в почву происходит вследствие выброса при высокотемпературных процессах: черной и цветной металлургии, обжиге цементного сырья, сжигании минерального топлива. Воздушными потоками выбросы переносятся на большие расстояния (до 10 км), причем большая их часть выпадает на расстоянии 1-3 км от эпицентра.

Изучение концентрации подвижных форм цинка выявило следующие закономерности.

Концентрация ионов цинка в почве (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Места отбора проб почвы	Содержание ионов цинка		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
г. Витебск	$46,04 \pm 2,36$ ^{2,4,7,10}	$87,20 \pm 3,01$ ^{5,8,10}	$60,66 \pm 4,43$ ^{2,6,9,10}
г. Могилев	$47,26 \pm 0,01$ ¹⁰	$27,08 \pm 0,02$ ^{4,5,10}	$31,96 \pm 0,03$ ^{4,10}
г. Минск	$125,14 \pm 0,05$ ¹⁰	$118,26 \pm 0,02$ ^{7,10}	$126,79 \pm 0,07$ ^{7,9,10}

Примечание: ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилева; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилева; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минска; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

Наибольшее содержание ионов цинка (П) в прибрежной зоне водоема установлено в г. Минске, а наименьшее – в г. Витебске, данные отличаются между собой в 2,7 раза. Значение в г. Минске больше значения в г. Могилеве в 2,6 раза.

Наибольшая и наименьшая концентрация ионов цинка в центральной части населенных пунктов установлена в г. Минске и г. Могилеве соответственно, значения отличаются между собой в 4,3 раза. Данные в г. Минске выше, чем в г. Витебске в 1,3 раза.

В парковой зоне городов наибольшее содержание ионов цинка выявлено в г. Минске, а наименьшее – в г. Могилеве, данные отличаются между собой в 3,9 раза. Значение в г. Минске больше значения в г. Витебске в 2,0 раза.

Сравнив полученные данные с предельно допустимой концентрацией ионов цинка (П), установлено превышение во всех отобранных пробах почвы.

Цинк поступает в придорожное пространство в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин, за счет ис-

пользования в маслах присадок, содержащих этот металл. После отказа от использования соединений кадмия в процессах вулканизации резины и замены их соединениями цинка истирание автомобильных шин также стало одним из источников накопления этого металла вдоль дорог.

Концентрация ионов ртути в почве (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Места отбора проб почвы	Содержание ионов ртути		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
г. Витебск	$0,02 \pm 0,01$ ^{2,4,5,6,10}	$0,03 \pm 0,02$ ^{3-6,10}	$0,02 \pm 0,01$ ^{2-4,10}
г. Могилев	$0,01 \pm 0,01$ ^{1,2,3,10}	$0,02 \pm 0,01$ ^{1-3,10}	$0,01 \pm 0,01$ ^{1-3,10}
г. Минск	$0,03 \pm 0,02$ ^{1-6,10}	$0,03 \pm 0,02$ ^{1,3-6,10}	$0,03 \pm 0,01$ ^{4-6,10}

Примечание: ¹P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилеве; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилеве; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минска; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

Наибольшая концентрация ионов ртути (II) в почве парковой зоны и прибрежной зоны водоема установлена в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве, данные отличаются друг от друга в 3 раза. Значение в г. Минске, отличается от значения в г. Витебске в 1,5 раза.

В центральной зоне городов наибольшая концентрация ионов ртути выявлена в г. Витебске и г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве, наибольшая концентрация отличается от наименьшей в 1,5 раза.

Сравнив полученные данные с предельно-допустимой концентрацией ртути, превышений не установлено, все значения в норме.

Концентрация ионов свинца в почве (мг/кг почвы) ($M \pm m$)

Места отбора проб почвы	Содержание ионов свинца		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
г. Витебск	$1,98 \pm 0,13$ ^{2,4,5,6,10}	$1,78 \pm 0,11$ ^{3-6,10}	$1,36 \pm 0,08$ ^{2,4,10}
г. Могилев	$1,64 \pm 0,06$ ^{1,2,3,10}	$1,43 \pm 0,07$ ^{1-3,10}	$1,11 \pm 0,05$ ^{1-3,10}
г. Минск	$2,12 \pm 0,02$ ^{1,3-6,10}	$1,97 \pm 0,08$ ^{1,3,4,10}	$1,94 \pm 0,09$ ^{4,5,10}

Примечание: ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилеве; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилеве; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минска; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

В почвах прибрежной зоны водоема наибольшая концентрация ионов свинца (II) установлена в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве. Отличия концентраций между г. Минском и г. Могилевом установлены, г. Минске и г. Витебске отличия не значительны.

В центральной части городов наибольшая концентрация ионов свинца установлена в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве. Концентрации в г. Минске и г. Могилеве отличаются, г. Минске и г. Витебске концентрация не имеет существенных отличий.

В парковой зоне городов наибольшая концентрация ионов свинца установлена в г. Минск, а наименьшая – в г. Могилев, концентрации отличаются между собой в 1,7 раза. Значение в г. Минск отличается от значения в г. Витебск в 1,4 раза.

Сравнив полученные данные с ПДК, превышений свинца не установлено.

Заклучение

Было исследовано по 3 зоны (прибрежная зона водоема, центр города, парк) в областных городах Республики Беларусь – Витебске, Могилеве и Минске. Приоритетными загрязнителями почв областных городов являются цинк и медь, в меньшей степени железо, ртуть и свинец.

Наибольшая концентрация ионов тяжелых металлов отмечена в г. Минск, который по количеству выбросов загрязняющих веществ в воздух от стационарных источников по итогам последних лет находится на втором месте в Белоруссии после Новополоцка. С каждым годом растет количество автотранспорта в городе. Экологическая проблема в Минске усугубляется получившей широкое распространение практикой “уплотнения” – производится плотная застройка ранее уже сформировавшихся районов. Данная практика позволяет удешевить строительство за счет отсутствия необходимости вкладывать средства в инфраструктуру: подвод к новым зданиям коммуникаций – трубопроводов, дорог, объектов торговли и т. п. Но при этом генерация автомобильных выхлопных газов на 1 км² площади города резко возрастает ввиду увеличения плотности застройки, а рассеивание ухудшается из-за плохой продуваемости города. При этом уплотняемые участки города, ранее являвшиеся участками рассеивания выхлопных газов и прочих загрязнений воздуха, сами становятся очагами генерации загрязнений.

Превышение предельно допустимой концентрации цинка (II) является особо острой проблемой на данный момент, т.к. концентрация ионов цинка достигает высоких значений. Концентрация ионов меди (II) в норме, за исключением лишь центра г. Витебска, а содержание ионов железа (III) в почве во всех отобранных пробах не превышает ПДК.

В г. Могилеве состояние почв по всем исследуемым нами показателям, в норме, за исключением содержания ионов цинка – концентрация ионов цинка в почвах г. Могилева превышает ПДК.

Следует проводить ежегодный мониторинг состояния почв, чтобы следить за изменениями в состоянии почвенного покрова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Гельцер, Ю. Г.* Показатели биологической активности в почвенных исследованиях / Ю. Г. Гельцер // Почвоведение. – 1990. – № 9. – С. 47–60.
2. *Рубенчик, Л. И.* Микроорганизмы – биологические индикаторы / Л. И. Рубенчик. – Киев : Изд-во “Наукова Думка”, 1972. – 165 с.
3. *Скворцова, И. Н.* Изменение состава микробных сообществ как один из показателей при экологическом мониторинге / И. Н. Скворцова, М. Н. Строганова, М. Г. Агаркова // Всесоюзная конференция “Экологические проблемы охраны живой природы”. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 84 с.
4. *Габбасова, И. М.* Агроэкологическая оценка почв парков мегаполисов / И. М. Габбасова, Р. Ш. Афзалов // Вестник Оренбургского Университета. – 2006. – № 10. – С. 362–367.
5. *Фомина, Н. В.* Микробиологическая характеристика почв рекреационных зон г. Красноярска / Н. В. Фомина // Проблемы современной аграрной науки : материалы Междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск : Труды КрасГАУ, 2012. – С. 9–11.
6. *Аринюшкина, Е. В.* Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринюшкина. – Москва : Изд-во МГУ, 1970. – 471 с.
7. *Воробьева, Л. А.* Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – Москва : МГУ, 1998. – 273 с.
8. *Дабахов, М. В.* Тяжелые металлы в парковых почвах города / М. В. Дабахов, Е. В. Чеснокова // Экология урбанизированных территорий. – 2007. – № 3. – С. 41–46.
9. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. (2004), Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве, Минск, 26 с.

Поступила в редакцию 06.04.2017 г.

Контакты: margarita-shorec@mail.ru (Шорец Маргарита Андреевна)

Shorets M., Balayeva-Tikhomirova O. SOIL POLLUTION BY HEAVY METALS IN THE REPUBLIC OF BELARUS (ON THE EXAMPLE OF REGIONAL CENTRES).

The studies of the soil state in the Republic of Belarus have shown that the soil locally accumulates heavy metals, the concentrations of which adversely affect the state of the environment. Heavy metals penetrate into the soil from the atmosphere in the form of aerosols being a part of air emissions of industrial enterprises, road transport complex and hydrosphere, as a result of sewage discharge into the water resources of settlements.

Keywords: soil, heavy metals, iron, copper, zinc, mercury, lead, anthropogenic load.