

Красочко И.А., доктор ветеринарных наук, доцент*

Нарбутович О.В.**

Машеро В.А.***

*РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского»

**УО «Минский государственный педагогический университет»

***УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Распределение тяжелых металлов в пространстве весьма сложно и зависит от многих факторов, именно почва является главным приемником и аккумулятором техногенных масс тяжелых металлов. Особенно опасны для почв тяжелые металлы, которые аккумулируются в верхних, самых плодородных слоях, растительной продукции, а через нее – организме животных и человека. Избыточное накопление в организме человека и животных некоторых тяжелых металлов существенно тормозит их рост и развитие, нарушает метаболические процессы. Результаты мониторинговых исследований почв в городах Беларуси показывает превышения ПДК тяжелых металлов по кадмию и в некоторых городах цинка. Содержание определяемых металлов в большинстве городов выше фоновых значений, что свидетельствует о постоянно продолжающемся накоплении токсичных элементов

Distribution of heavy metals in space rather difficult also depends on many factors, the soil is the main receiver and the accumulator of technogenic weights of heavy metals. Heavy metals which accumulate in the top, most fertile layers, vegetative production, and through it - an organism of animals and the person are especially dangerous to soils. Superfluous accumulation in a human body and animal some heavy metals essentially brakes their growth and development, breaks metabolic processes. Results monitoring researches of soils in cities of Belarus shows excess of maximum concentration limit of heavy metals on cadmium and in some cities of zinc. The maintenance of defined metals in the majority of cities above background values that testifies to constantly proceeding accumulation of toxic elements

В последнее время все больше возрастает антропогенное воздействие на природную среду. В окружающую среду поступают отбросы, отходы и побочные продукты производства, сбросные воды, шлаки, аэрозоли, газы. Одну из приоритетных групп загрязняющих веществ образуют тяжелые металлы, основная масса которых поступает с выбросами промышленных предприятий в нижние слои тропосферы, и осаждаются на поверхность почвы. На сегодняшний день известно более 40 тяжелых металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: ванадий (V), хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), молибден (Mo), кадмий (Cd), свинец (Pb) и др. [16]. Прежде всего, представляют интерес те металлы, которые в наибольшей степени загрязняют атмосферу ввиду использования их в значительных объемах в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К ним относят свинец, ртуть, кадмий, цинк, кобальт, никель, медь и марганец. Причем, такие из них, как свинец, кадмий и ртуть относятся к так называемым супертоксикантам [3].

Распределение тяжелых металлов в пространстве весьма сложно и зависит от многих факторов, но в любом случае именно почва является главным приемником и аккумулятором техногенных масс тяжелых металлов. Особенно опасны для почв тяжелые металлы, которые аккумулируются в верхних, самых плодородных слоях, в растительной продукции, а через нее – организме животных и человека. Как известно, в небольших концентрациях микроэлементы необходимы для нормального функционирования различных биологических систем, осуществления многих биохимических процессов и защитных реакций клеток

и тканей организма. В то же время ионы тяжелых металлов проявляют себя как высокотоксичные клеточные яды, поскольку в физиологически непереносимых концентрациях они блокируют сульфгидрильные группы ферментов с тиольными связями, амино- и карбоксильные группы нуклеиновых кислот и аминокруппы азотистых оснований [2]. Избыточное накопление в организме человека и животных некоторых тяжелых металлов существенно тормозит их рост и развитие, нарушает метаболические процессы. Большинство тяжелых металлов бес-препятственно проникает через плацентарный барьер и в значительных количествах депонируется в органах и тканях плодов. Накапливаясь в организме животных, тяжелые металлы вызывают нарушение обменных процессов, угнетение активности ферментов, изменение проницаемости клеточных мембран.

Гистологическими исследованиями установлены патологические изменения в системе «мать-плацента-плод». Уже в первую половину стельности в плаценте зарегистрировано утолщение и нарушение эпителизации ворсин. Отмечена вакуолизация стромы ворсин хориона, их разрушение и наличие фибрина между ворсинками. К концу беременности обнаруживается некроз отдельных эпителиальных клеток, не связанный со старением плаценты, т.к. наличие двуядерных клеток свидетельствует о позднем созревании плаценты. Наряду с гиперпластическими процессами в эпителии матки видны обширные периваскулярные отеки, участки с массовым выходом эритроцитов и фибрина, стенки сосудов в состоянии мукоидного набухания, в мышечной ткани - отек, участки некроза, железы в основном содержат слизь с примесью клеток спущенного эпителия, местами эпителий разрушен и базальная мембрана оголена, а на других участках имеются уплотнения с очагами разрастания соединительной ткани. При этом проявляется канцерогенная и мутагенная активность, в результате чего возникают серьезные заболевания, увеличивается количество врожденных уродств [2, 4, 6].

Свинец в естественном виде присутствует практически во всех составляющих природной среды. Существенное загрязнение им атмосферного воздуха и почвы происходит при работе автотранспорта, химических и горнодобывающих предприятий. Свинец имеет наибольший коэффициент поглощения, как растениями, так и почвой, накапливается в теле, костях и поверхностных тканях человека, влияет на почки, печень, нервную систему и органы кроветворения. Симптомами свинцового отравления служит серная кайма на деснах («свинцовая кайма»), бледность лица и губ, запоры, потеря аппетита. При остром отравлении появляются сильные боли в области живота («свинцовые колики»), параличи или боли в суставах, судороги, обмороки. [1, 15].

Кадмий – особо токсичный элемент (второе место после ртути), поступающий в почву только благодаря антропогенным источникам, особенно при сжигании твердого и жидкого топлива, работе предприятий цветной и химической промышленности. Соединения кадмия угнетающе действуют на нервную систему, поражают дыхательные пути, вызывают изменение внутренних органов. Избыток кадмия в организме уменьшает продолжительность жизни, вызывает анемию снижает общий иммунитет из-за нарушения функции печени и почек [1, 15].

Цинк, как и кадмий, довольно интенсивно переходит из почвы в растения и накапливается в избыточных количествах во всех наземных органах уже при незначительном загрязнении почв [4]. Цинк участвует во многих биохимических и иммунологических процессах организма, играет важную роль в процессах клеточного деления и дифференцировки, в процессах биосинтеза белка, ДНК и РНК, в регуляции иммунного ответа [2,6]. Перегрузка организма цинком сопровождается повреждением клеток, а, следовательно, нарушением их функций.

Медь – один из важнейших незаменимых микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности человека и животных. Источниками поступления меди в окружающую среду является горнорудная, металлообрабатывающая, деревообрабатывающая, текстильная про-

мышленности, сельскохозяйственное производство (внесение удобрений). Медь сравнительно слабо поглощается растениями (непропорционально увеличению ее концентрации в почве) [4]. Высокое содержание меди снижает репродуктивную функцию, приводит к интоксикации, нарушению психики, анемии и заболеванию гепатитом. Избыток меди также опасен для организма животных. Медные токсикозы могут быть при передозировке солей элемента. Хроническое отравление медью приводит к некрозу клеток печени, метгемоглобинемии, гиперкупремии, билирубинемии и гемолизу эритроцитов. Клинически это проявляется залеживанием, желтушностью, потерей аппетита, жаждой, апатией, учащенным дыханием и сердцебиением. После одышки и судорог часто наступает смерть от печеночной комы [4].

Поступление в атмосферу одного из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды никеля обусловлено главным образом эмиссиями литейного производства, работой автотранспорта, угольной и нефтехимической промышленности. Особенно токсичны для человека соединения никеля с мышьяком, свинцом, хромом и серой. Патогенность никеля заключается в том, что он, являясь ферромагнитным элементом, влияет на метаболизм кобальта и железа, а также усиливает усвоение меди, от избытка которой также возникают анемии и перерождения печени. Никель, легко соединяясь с белками, повреждает генные структуры клеток, в результате чего возникает иммунное воспаление. Постоянное массивное присутствие соединений никеля в крови с длительным накоплением их в организме приводит к никелевой гиперсенсibilизации организма, при которой от иммунного воспаления прежде всего повреждаются кровеносные сосуды – возникают явные или скрытые васкулиты различных органов. Длительно протекающий воспалительно-дегенеративный процесс в сосудах приводит к постепенным деструктивным изменениям тканей органов. У животных при поедании кормов, загрязненных никелем, развивается никелевый токсикоз, выражающийся в снижении упитанности и продуктивности, нарушении обмена веществ, морфологических изменениях в органах и тканях вплоть до падежа [4].

Главными источниками загрязнения природных ландшафтов марганцем являются отходы промышленного производства, минеральные удобрения, сточные воды, а также атмосферные осадки, аккумулирующие эмиссии автотранспорта [14]. Высокие концентрации марганца приводят к появлению нейротоксических эффектов, прогрессирующего поражения ЦНС, пневмонии.

Микроэлементы часто отрицательно взаимодействуют между собой: цинк и кальций ведут борьбу за рецепторы при всасывании в кишечник; железо вытесняет медь, марганец – магний и молибден, медь – цинк и молибден. Кадмий химически очень близок к цинку и способен замещать его в биохимических реакциях, например, выступать как псевдоактиватор или, наоборот, ингибитор содержащих цинк белков и ферментов. Кадмий также является антагонистом кальция и железа и способен замещать эти элементы, например, кальций в костной ткани. Поэтому недостаток в организме цинка, железа и кальция может привести к 2-3 кратному повышению усвояемости кадмия из желудочно-кишечного тракта.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории Беларуси являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. В атмосферу выбрасывается около 1329,4 тыс. т загрязняющих веществ, большая часть из которых производится передвижными источниками (прежде всего автотранспортом) – 71,1%, а также стационарными источниками (28,9% от суммарных выбросов) [5]. По данным исследований (Головатый С.Е., 2002 г.) более 0, 8 млн. га территории Республики Беларусь загрязнены тяжелыми металлами.

При характеристике почв очень трудно использовать широко применяемые при оценке воды, воздуха, продуктов питания и кормов понятия, например, предельно допустимые концентрации (ПДК) тех или иных загрязняющих веществ. В числе главных причин –

многообразие форм соединений любых элементов и веществ в почвах, от которых зависит доступность этих компонентов растениям и, следовательно, их возможный токсический эффект. Поэтому при разработке принципов и организации почвенно-химического мониторинга приходится учитывать состав почвы, все ее составляющие, обладающие высокой сорбционной способностью, влияние условий на подвижность и доступность химических веществ растениям. Наиболее значительное влияние оказывает кислотность и щелочность почв, окислительно-восстановительный режим, содержание гумуса, легкорастворимые соли. Для почв с разными механическими составами и содержанием органического вещества уровень токсичности тяжелых металлов будет неодинаков. Сопrotивляемость почв химическому загрязнению также зависит от водного режима, водопроницаемости, преобладания нисходящих или восходящих токов влаги и т.п. Эти показатели наряду с уровнем сорбционной способности почв, отражаются на защитных функциях почвы по отношению к гидросфере и атмосфере, влияют на прогрессирующие накопления в почвах химических загрязняющих веществ. До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека и животных, потребляющих эти растения. В связи с этим, при определении степени загрязнения почв тяжелыми металлами необходимо учитывать как ПДК, так и фоновые значения содержания загрязнителей, характерными для почв региона исследований.

Целью нашей работы являлась оценка степени загрязнения почв Республики Беларусь тяжелыми металлами.

Нами были изучены и проанализированы данные о загрязненности тяжелыми металлами почв Республики Беларусь за 2000-2005 гг. Оценка загрязнения почв городских территорий тяжелыми металлами выполнена для 43 городов из всех областей Республики Беларусь. Степень загрязнения почв определялась путем сопоставления полученных данных с предельно допустимой концентрацией элементов-загрязнителей и фоновыми показателями, выражаемыми в мг/кг сухой почвы (Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень, 2000-2005 гг.).

Анализ результатов показывает, что почвы городских территорий в той или иной степени загрязнены (табл.1). Основным загрязнителем городских почв является кадмий, превышение ПДК которого характерно для всех областей Республики Беларусь. Максимальные значения кадмия зарегистрированы в Могилеве (1,11 мг/кг), Бобруйске (0,88 мг/кг), Солигорске (0,84 мг/кг), Лунинце (0,83 мг/кг), Полоцке (0,73 мг/кг). Причем в Могилеве среднее значение кадмия превышает ПДК в 2,2 раза (рис. 1). Значения, превышающие ПДК цинка в почве, отмечены в Мстиславле (1,6 ПДК), Гродно (1,4 ПДК), Бобруйске (1,1 ПДК) (рис.2). Средние содержания свинца, меди, никеля и марганца не выходят за пределы ПДК (рис. 3-6). Наибольшее содержание тяжелых металлов в почвах городов зарегистрировано: по цинку (84,8 мг/кг) и марганцу (310 мг/кг) – Мстиславле; по свинцу (26,7 мг/кг) – Гродно; по меди (11,5 мг/кг) – Слуцке; по никелю (8,8 мг/кг) – Полоцке (табл.2).

Результаты сравнения степени загрязнения почв с фоновыми значениями показали превышения этих значений по всем областям. При этом среднее содержание кадмия в почвах Солигорска в 2,2 раза, Могилева в 2,1 раза выше фонового. Значения цинка в почвах Мстиславля выше фоновых значений в 6,7 раза, Бобруйска – в 5 раз, Гродно – в 4,1 раза. В Орше и Барановичах значения содержания марганца в почвах выше фоновых в 2,5 раза.

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах РБ

Область	Содержание тяжелых металлов, (среднее значение), мг/кг											
	Cd		Zn		Pb		Cu		Ni		Mn	
	сред- нее	фоно- вое	сред- нее	фоно- вое	сред- нее	фоно- вое	сред- нее	фоно- вое	сред- нее	фоно- вое	среднее	фо- новое
Минская	0,64	0,37	31,72	19,1	13,21	11,2	8,13	2,3	6,56	1,6	220,42	165
Брестская	0,53	0,58	23,52	19,4	10,87	14,3	6,06	6,5	5,07	6,2	139,17	106
Гродненская	0,54	0,40	39,33	18,7	17,02	11,2	7,77	1,7	5,75	1,9	154,50	214
Витебская	0,49	0,51	35,46	22,4	14,18	14,1	7,68	8,8	6,30	5,5	204,00	116
Гомельская	0,32	0,42	27,18	13,7	11,70	11,0	6,36	4,3	4,52	4,8	137,97	151
Могилев- ская	0,66	0,54	41,5	12,6	12,01	5,5	7,30	3,6	5,40	5,0	211,72	317
ПДК	0,5		55		30		33		20		1500	

Таблица 2

Максимальное содержание тяжелых металлов в почве

Содержание тяжелых металлов в почве (среднее значение), мг/кг					
Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
Могилев 1,11	Мстиславль 84,8	Гродно 26,5	Слуцк 11,5	Полоцк 8,8	Мстиславль 310
Кричев, Бобруйск 0,88	Гродно 75,9	Слоним 24,7	Лепель, 11,4	Гродно 8,7	Орша 287
Солигорск 0,84	Бобруйск 61,1	Гомель 22,8	Гродно 11,4	Солигорск 8,2	Гомель 229
Лунинец 0,83	Слуцк 49,7	Полоцк 22,6	Гомель 10,6	Горки 6,6	Слоним 229

Таблица 3

Минимальное содержание тяжелых металлов в почве

Содержание тяжелых металлов в почве (среднее значение), мг/кг					
Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
Светлогорск 0,25	Новополоцк 17,6	Чечерск 7,8	Новогрудок 3,7	Буда-Кошелево 2,7	Лунинец 73
Барановичи, Буда-Кошелево 0,30	Барановичи 18,0	Барановичи, Буда-Кошелево 8,3	Светлогорск 3,7	Новогрудок, Светлогорск 3,3	Калинковичи 80
Осиповичи, Борисов, Пинск 0,31	Борисов 18,9	Волковыск 8,4	Буда-Кошелево 3,8	Лунинец 3,4	Буда- Кошелево 100
Новополоцк 0,33	Чечерск 19,0	Новополоцк 9,0	Барановичи 4,7	Борисов 3,9	Борисов, Новополоцк 137
Лепель, Орша 0,34	Волковыск 19,1	Чаусы 9,3	Славгород 4,8	Костюковичи 4,0	Новогрудок 139

Наибольшее превышение фоновых значений зафиксированы: по свинцу – в Мстиславле (в 3,1 раза), по меди – в Гродно (в 6,7 раза), по никелю – в Солигорске (в 5,1 раза) (рис.1-6).

К городам с наименьшим содержанием тяжелых металлов в почве можно отнести: Светлогорск, Новогрудок, Чечерск, Буда-Кошелево, Лунинец. Причем в Буда-Кошелево и Борисове содержание всех элементов не превышает ПДК.

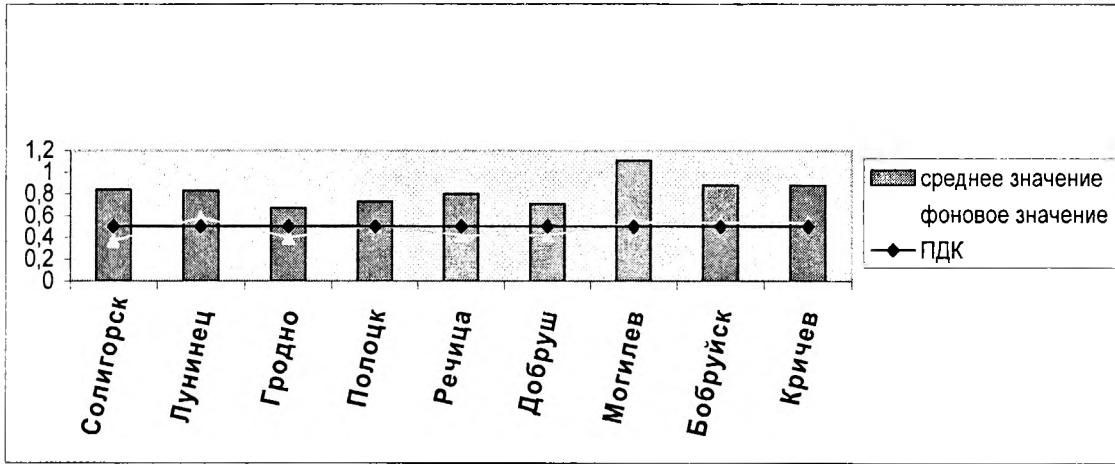


Рисунок 1 - Максимальное содержание в почвах городов кадмия, мг/кг

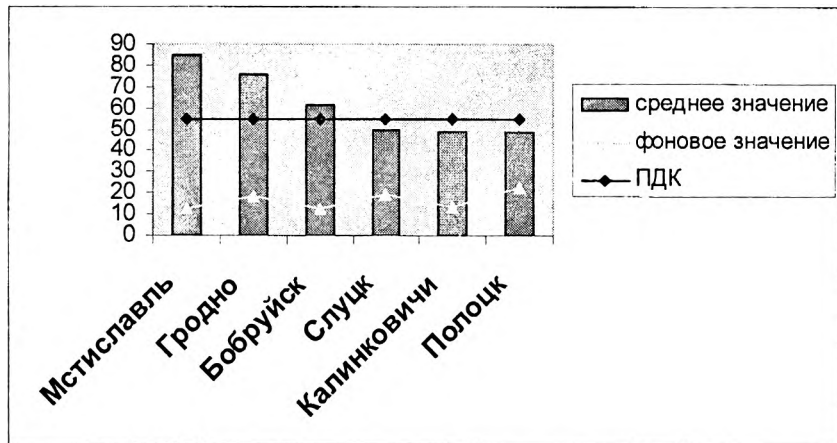


Рисунок 2 - Максимальное содержание в почвах городов цинка, мг/кг

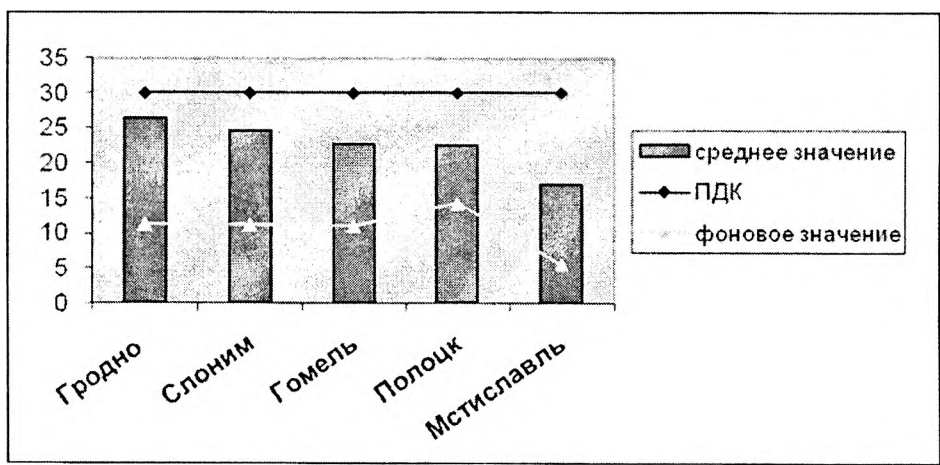


Рисунок 3 - Максимальное содержание в почвах городов свинца, мг/кг

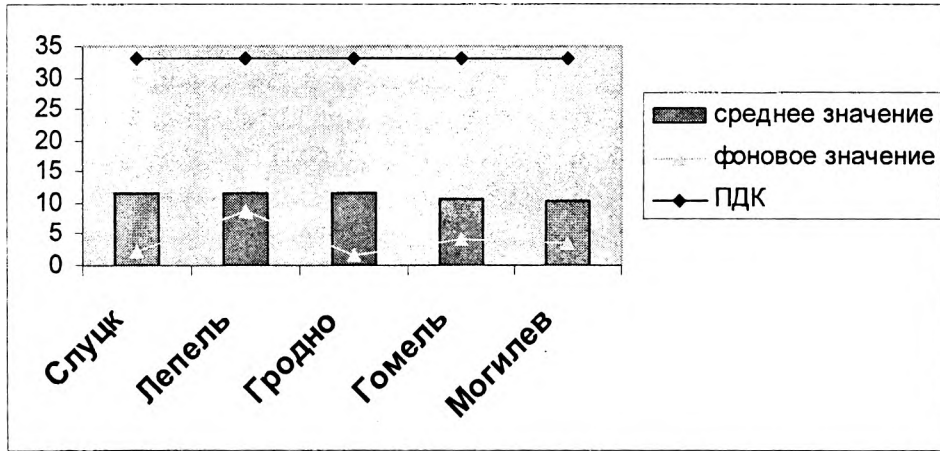


Рисунок 4 - Максимальное содержание в почвах городов меди, мг/кг

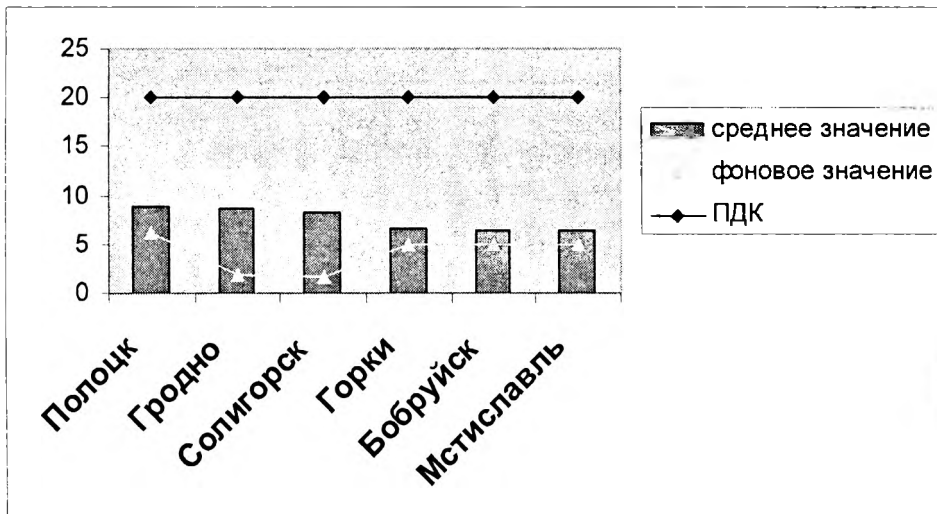


Рисунок 5 - Максимальное содержание в почвах городов никеля, мг/кг

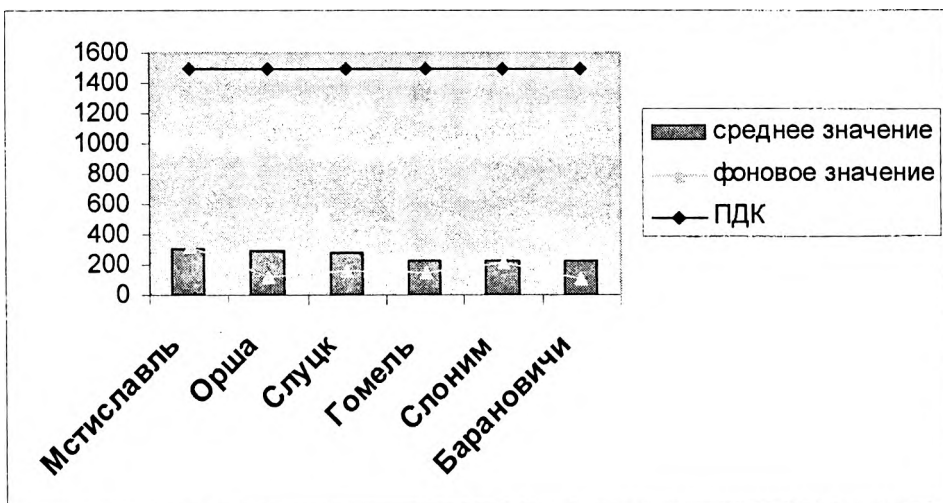


Рисунок 6 - Максимальное содержание в почвах городов марганца, мг/кг

Выводы. Основным загрязнителем почв Беларуси является особо токсичный элемент кадмий. Самые высокие концентрации кадмия наблюдаются в городах Могилевской области. Обусловлено это, вероятно, сосредоточением в городах крупных предприятий химической и машиностроительной промышленности, а также автотранспорта (в Могилеве – «Могилевхимволокно», химкомбинат «Заря», «Могилевтрансмаш» и другие; Бобруйск – узел железных и автодорог). Высокое загрязнение почв Солигорска тяжелыми металлами (особенно кадмием и никелем) объясняется расположенным там крупнейшим производственным объединением «Беларуськалий». В Полоцке находится 16 крупных предприятий, в основном химической, нефтехимической, машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности, с чем вероятно и связаны высокие концентрации металлов в почвах данного города. Наибольшие показатели содержания свинца выявлены в Гродно и Гомеле – перекрестках автомагистралей и крупных центрах химической промышленности.

Относительно чистыми можно назвать города, расположенные вдалеке от железных дорог и крупных автомагистралей, а также с небольшим количеством промышленных предприятий (Чечерск, Новогрудок). Минимальные значения тяжелых металлов в почвах Буда-Кошелево, Барановичах и Лунинце обусловлено, вероятно, их расположением вблизи лесных зон (Буда-Кошелево окружен лесами) и особо охраняемых территорий.

Анализ результатов мониторинговых исследований почв в городах Беларуси показывает превышения ПДК тяжелых металлов по кадмию и в некоторых городах цинка. Содержание определяемых металлов в большинстве городов выше фоновых значений, что свидетельствует о постоянно продолжающемся накоплении токсичных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш [и др]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Бондаренко, В.М. Микроэлементы и инфекция / В.М. Бондаренко, В.Ф. Чубуков, В.М. Бондаренко // Микробиология, эпидемиология и иммунобиология. – 1987 – № 11. – С. 118-125.
3. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах. – Мн.: «РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 240 с.
4. Кучинский, М.П. Биоэлементы – фактор здоровья и продуктивности животных: монография / М.П. Кучинский. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 372 с.
5. Окружающая среда Республики Беларусь / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Бел. науч.-исслед. центр "Экология"; сост.: Бельый О.А. [и др.]; редкол.: Подоляко В.М. (председатель) [и др.]. — Мн. : Арт-Пресс, 2004. – 125, [1] с.
6. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: «Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
7. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2000 г./под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2001. – 230 с: ил.
8. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2001 г./под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2002. – 232 с: ил.
9. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2002 г./под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2003. – 248 с.: ил.
10. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2003 г./под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2004. – 264 с: ил.
11. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2004 г. /под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2005. – 285 с: ил.
12. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2004 г. /под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Минсктиппроект, 2005. – 285 с: ил.
13. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2005 г. / под ред. В.Ф.Логинова.

- Мн. : Минсктиппроект, 2006. – 324 с: ил.

14. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси / Е.Г. Бусько, Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова [и др]; под ред. Е.А. Сидоровича. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 319 с.

15. Трахтенберг, И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.П. Луковенко. – Мн.: Наука и техника, 1994.– 285 с.

16. Орлов, Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник / Д. С. Орлов, М. С. Малинина, Г. В. Мотузова и др. – М. : Агропромиздат, 1991. – 303 с.: ил.