

УДК: 502.65

Субрегиональный природный фон содержания тяжелых металлов и микроэлементов в дерново-подзолистых почвах северо-западной части Припятского Полесья

А.Н. МЯЛИК, М.М. ДАШКЕВИЧ

Представлены результаты изучения дерново-подзолистых почв естественных экосистем северо-западной части Припятского Полесья на предмет содержания в них тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni) и микроэлементов-загрязнителей (Fe, Mn). Установленный субрегиональный природный фон содержания данных элементов позволяет выполнить объективную оценку экологического состояния почв данной территории.

Ключевые слова: тяжелые металлы, дерново-подзолистые почвы, Припятское Полесье.

The results of study of sod-podzolic soils of natural ecosystems of the North-Western part of the Pripjat Polesie for their content of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni) and trace-contaminants (Fe, Mn) are presented. The received subregional natural background content of these elements allows performing objective assessment of ecological state of soils of the area.

Keywords: heavy metals, sod-podzolic soil, Pripjat Polesie.

Введение. В настоящее время тяжелые металлы (ТМ) являются одними из самых распространенных загрязнителей территорий, подвергшихся антропогенному воздействию [1]. О загрязнении судят на основе сопоставления данных по их содержанию с величинами предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Однако такую оценку нельзя считать полной и объективной, поскольку для корректного анализа экологической ситуации определенного региона необходимо найти эталонные показатели состояния почв в различных геохимических условиях на территориях относительно незатронутых техногенным воздействием [2]. К таковым могут быть отнесены некоторые ООПТ (особо охраняемые природные территории), а также другие находящиеся на значительном удалении от источников загрязнения земли. Следовательно, цель настоящей работы – определить субрегиональный природный фон (СПФ) содержания ТМ и микроэлементов-загрязнителей в почвах естественных экосистем северо-западной части Припятского Полесья – важнейшего природного и хозяйственного региона юго-западной части Беларуси.

Материалы и методы исследования. Рассматриваемый субрегион представляет собой естественную природную область с однообразными природными условиями и преобладанием экосистем относительно слабо затронутых техногенным влиянием. Однако для получения качественного и экологически безопасного дикорастущего растительного сырья (пищевого, лекарственного, пряно-ароматического и т. д.) необходимо установить естественный уровень содержания ТМ, как в почвах, так и в растениях произрастающих на них. Для выяснения СПФ содержания ТМ в дерново-подзолистых почвах были выполнены отборы почвенных образцов на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Выгонощанское», а также в других естественных экосистемах (лесных и лугово-болотных) Ганцевичского, Ивацевичского и Пинского районов (таблица 1). Из фитоценоза отбирался усредненный почвенный образец из поверхностного горизонта почв до глубины 10 см. Экспериментальные исследования отобранных образцов проводились в лабораториях ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси». Почва высушивалась до воздушно-сухого состояния, измельчалась и просеивалась до частиц менее 1 мм. С помощью вытяжек 1 М HNO₃ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре SOLAAR MkII M6 Double Beam в пламени ацетилен-воздух было установлено содержание в них подвижных форм следующих ТМ и микроэлементов-загрязнителей: свинца (Pb), кадмия (Cd), меди (Cu), цинка (Zn), никеля (Ni), марганца (Mn), а также железа (Fe). Выбор определения только подвижных форм данных элементов обусловлен тем, что именно эти формы рассматриваются в

качестве наиболее мобильных и доступных для корневого поглощения растениями [3] и оказывают непосредственное влияние на загрязнение растительной продукции. Перечень анализируемых элементов обусловлен как техническими возможностями лабораторий, так и их рассмотрением с природоохранной точки зрения [4]. Не все эти элементы обладают физическими и химическими свойствами «классических» ТМ [5], однако биологическая активность, токсичность для живых организмов, распространенность в природной среде и степень вовлеченности в природные и техногенные циклы позволяет относить эти ТМ к приоритетным загрязнителям.

Таблица 1 – Характеристика мест отбора почвенных образцов

№ образца	Тип почвы	Фитоценоз	Географические координаты
1	дерново-подзолистая	грабняк лещиновый с <i>Allium ursinum</i> в напочвенном покрове	52°28'56.3"N 25°39'33.0"E
2	дерново-подзолистая заболоченная	кленовник дубово-лещиновый с <i>Allium ursinum</i> в напочвенном покрове	52°34'56.2"N 26°07'46.6"E
3	дерново-подзолистая антропогенно-преобразованная	травянистая обочина грунтовой дороги с доминированием <i>Fragaria vesca</i>	52°32'34.3"N 25°50'51.6"E
4	дерново-подзолистая антропогенно-преобразованная	травянистая обочина грунтовой дороги с доминированием <i>Tussilago farfara</i> и <i>Equisetum arvense</i>	52°32'34.3"N 25°50'51.6"E
5	дерново-подзолистая заболоченная	сосняк багульниково-черничный	52°33'06.4"N 25°50'57.9"E
6	дерново-подзолистая	вырубка на месте сосняка чернично-брусничного	52°33'04.7"N 25°51'35.7"E
7	дерново-подзолистая антропогенно-преобразованная	сухая луговина у дороги с доминированием <i>Thymus serpyllum</i>	52°32'42.2"N 25°51'55.0"E
8	дерново-подзолистая	сосняк чернично-орляковый	52°34'31.4"N 25°51'34.5"E
9	дерново-подзолистая заболоченная	умеренно увлажненная разнотравная луговина	52°14'52.0"N 25°59'17.2"E
10	дерново-подзолистая	травянистая опушка смешанного леса	52°36'57.7"N 25°50'48.2"E
11	дерново-подзолистая	разнотравная луговина на песчаном холме в смешанном лесу	52°36'50.4"N 25°50'57.5"E
12	дерново-подзолистая заболоченная	влажная луговина на краю низинного болота	52°36'58.9"N 25°49'49.2"E
13	дерново-подзолистая	разнотравная луговина в смешанном лесу	52°36'59.0"N 25°49'57.5"E
14	дерново-подзолистая	ельник зеленомошный	52°36'44.1"N 25°50'10.0"E
15	дерново-подзолистая	опушка сосняка чернично-брусничного	52°33'05.2"N 25°51'23.9"E
16	дерново-подзолистая	сосняк березово-брусничный	52°32'52.1"N 25°54'42.9"E
17	дерново-подзолистая заболоченная	влажная луговина в заболоченном березняке	52°32'59.8"N 25°55'04.2"E
18	дерново-подзолистая	сосняк березово-крушиновый	52°32'41.6"N 25°53'50.6"E

Всего было отобрано 18 почвенных образцов, из них пробы 1 и 2 были взяты из широколиственных лесов, образцы 5, 6, 8, 14, 15, 16, и 18 из почв хвойных лесов (сосновых и еловых) различных типов, а образцы 10, 11, 12, 13, 17 из естественных лугово-болотных экосистем (лесные поляны, окраины низинных травяных болот, заболоченные луговины). Часть почвенных образцов была взята из экосистем, имеющих средний уровень антропогенной нагрузки: 3, 4, 7, 9 (придорожные луговины, опушки смешанных лесов вблизи автодорог).

Эти особенности учтены далее при выяснении особенностей содержания ТМ в почвах различных фитоценозов. При этом следует отметить, что отбор почвенных образцов проводился в местах массового произрастания и заготовки местным населением хозяйственно-ценных видов растений (*Achillea millefolium*, *Thymus serpyllum*, *Tussilago farfara*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* и др.), что позволит в будущем оценить качество заготавливаемой дикорастущей продукции растительного происхождения [6].

Результаты и их обсуждение. Результаты аналитических исследований почвенных образцов, отобранных с территории северо-западной части Припятского Полесья, представлены в таблице 2. Анализ таблицы показывает, что уровень содержания меди и цинка в почвенной пробе № 6 существенно выделяется на фоне других образцов, ввиду чего можно сделать предположение об антропогенном источнике загрязнения рассматриваемой почвы данными элементами и нецелесообразности дальнейшего использования полученных результатов при расчете фоновых показателей.

Таблица 2 – Содержание подвижных форм ТМ и микроэлементов в почвенных образцах, мг/кг

Почвенный образец	ТМ и микроэлементы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe
1	1,67	<0,02	0,14	1,93	<0,14	3,2	7367
2	2,94	0,16	0,48	6,65	1,89	265,6	925
3	1,70	<0,02	0,93	6,17	0,44	85,1	429
4	1,33	<0,02	1,85	20,29	0,30	55,1	234
5	16,01	0,18	1,12	2,49	0,96	2,7	377
6	5,79	0,05	3,39*	59,06*	0,60	150,3	608
7	2,83	<0,02	1,08	19,82	0,43	88,6	459
8	8,96	0,03	0,69	4,58	0,34	66,2	418
9	2,19	<0,02	1,28	8,53	<0,14	29,0	450
10	2,76	0,03	0,24	8,44	<0,14	24,6	324
11	4,04	<0,02	0,28	2,20	<0,14	29,3	1007
12	7,21	0,15	1,34	3,19	0,45	21,0	2697
13	5,58	0,02	0,59	1,53	<0,14	96,6	534
14	5,60	0,04	0,32	2,03	0,20	27,2	213
15	6,51	0,04	0,67	5,80	0,38	9,4	464
16	6,95	0,03	0,69	1,64	0,25	1,2	434
17	3,51	0,09	0,83	6,35	0,42	123,4	1728
18	14,80	0,10	0,83	3,45	0,75	2,0	673
Субрегиональный природный фон (СПФ)	5,58	0,08	0,79	6,18	0,57	60,04	1074,52

* значения, выделенные курсивом, при расчете СПФ не использованы

Для оценки агроэкологического состояния исследованных почв выполнено сравнение полученных результатов с ПДК и ОДК содержания ТМ и микроэлементов. Эти значения являются разными для каждого ТМ и микроэлемента. Однако наиболее объективная оценка агроэкологического состояния почв может быть получена при сравнении полученных данных со значениями субрегионального и локального фона содержания подвижных форм ТМ и микроэлементов в почвах юго-западной части Беларуси, ее отдельных природных регионов и республики в целом (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание подвижных форм ТМ и микроэлементов в фоновых почвах различных регионов Беларуси, мг/кг

Почва		ТМ и микроэлементы							
		Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cd	Ni	Co
Среднее фоновое содержание для почв Беларуси [7]		5,4	0,3	51,9	-	1,2	0,10	0,3	-
Дерново-подзолистые песчаные юго-западной части Брестской области [8]		3,1	0,9	39,0	-	4,6	0,02	-	0,1
Локальный фон почв региона Беловежской пуци [9]		8,03	1,33	248,8	577,12	4,23	0,08	0,34	0,70
СПФ северо-западной части Припятского Полесья		6,18	0,79	60,04	1074,52	5,58	0,08	0,57	-
ПДК/ОДК	Республика Беларусь [10]	10	5	600	-	10	0,2	4,0	9,0
	Россия [11]	23,0	3,0	300,0	-	6,0	0,18	4,0	5,0
	Гигиенические нормативы [12]	23,0	33,0	-	-	6,0	0,5	4,0	5,0

Сравнивая СПФ содержания ТМ в почвах северо-западной части Припятского Полесья со значениями ПДК и ОДК можно отметить, что все рассматриваемые показатели находятся ниже установленных значений. Только уровни содержания свинца (5,58 мг/кг) в некоторых случаях близки к ПДК и ОДК (6,0 мг/кг). В сравнении со средним фоновым содержанием ТМ в почвах Беларуси и дерново-подзолистых почвах юго-западной части Брестской области им свойственно незначительное превышение уровней содержания цинка, свинца и кадмия. В сравнении с локальным фоном региона Беловежской пуци ряд показателей (содержание подвижных форм цинка, меди, марганца) являются более низкими. Значительно выше (почти в 2 раза) содержание в почвах северо-западной части Припятского Полесья железа, поскольку в данном регионе широко распространены заболоченные земли. Содержание подвижных форм кадмия такое же, как и в почвах региона Беловежской пуци – 0,08 мг/кг. Несколько повышенным является фоновый уровень свинца (5,58 против 4,23 мг/кг), содержание которого в почвах естественных экосистем рассматриваемого региона (рисунок 1) колеблется в достаточно широких пределах (от 1,33 до 14,8 мг/кг).

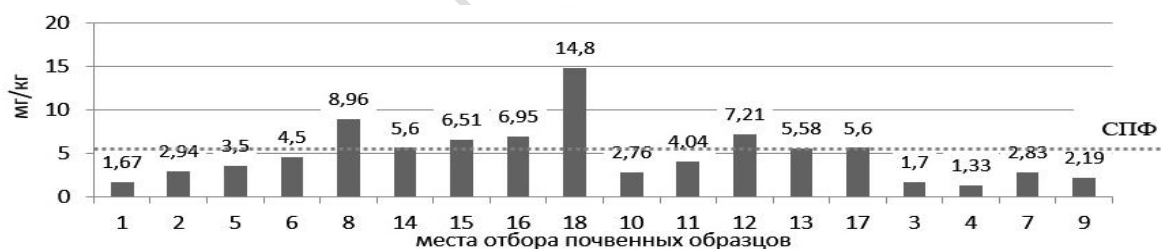


Рисунок 1 – Содержание Pb в почвах северо-западной части Припятского Полесья

При этом для почв экосистем со средним уровнем антропогенной нагрузки (придорожные луговины) свойственно несколько меньшее его содержание (от 1,33 до 2,83 мг/кг), в то время как в почвах естественных экосистем этот показатель достигает 14,8 мг/кг (при СПФ 5,58 мг/кг). Среди лесных экосистем большие уровни свинца свойственны почвам сосновых и еловых лесов. Наиболее чистыми являются почвы, отобранные в широколиственных лесах (грабняки с примесью дуба черешчатого и ясеня обыкновенного), произрастающих на минеральных островах среди торфяников. Относительно низкие уровни содержания свинца свойственны почвам лугово-болотных экосистем (образцы 10, 11) ландшафтного заказника «Выгонощанское».

Содержание подвижных форм кадмия в исследованных почвенных образцах варьирует в широких пределах (от 0,02 до 0,18 мг/кг) вне зависимости от степени антропогенной нагрузки на рассматриваемые экосистемы (рисунок 2), что можно объяснить высокой подвижностью этого ТМ в почвах (особенно в кислых), а также разнообразием их физико-химических и механических свойств.

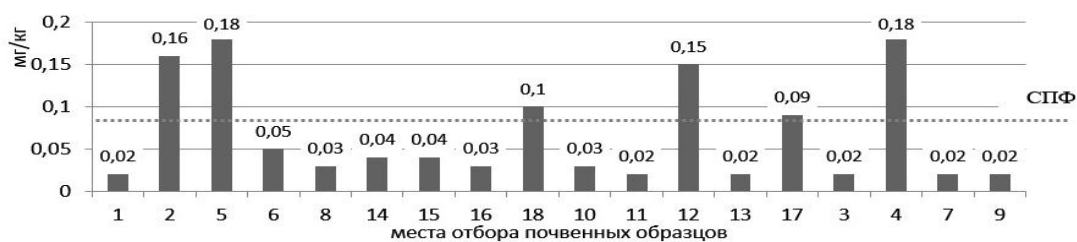


Рисунок 2 – Содержание Cd в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Для цинка (рисунок 3) свойственна закономерность более высокого содержания его подвижных форм в почвах экосистем со средним уровнем антропогенной нагрузки (в них содержание цинка составляет от 6,17 до 20,2 мг/кг, что в некоторых случаях находится на пределе ОДК). В почвах естественных экосистем содержание подвижных форм цинка достаточно равномерное – от 1,53 до 8,44 мг/кг и практически во всех случаях является более низким в сравнении с локальным фоном. Только для почвенного образца № 6 (отобран на вырубке сосняка чернично-брусничного) свойственно высокое содержание этого элемента – 59,06 мг/кг, что вероятно объясняется его антропогенным происхождением.

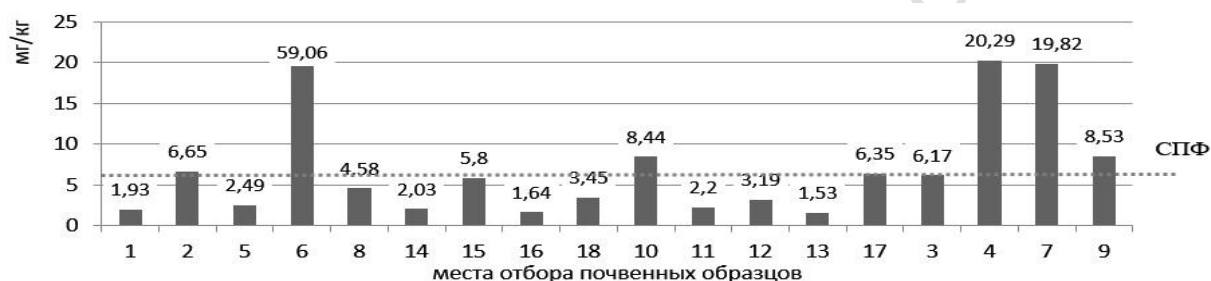


Рисунок 3 – Содержание Zn в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Больше всего подвижных форм меди (рисунок 4) содержится в почвах экосистем со средним уровнем антропогенной нагрузки – до 1,85 мг/кг. Данные значения значительно ниже ОДК (5,0 мг/кг), однако существенно превышают установленный СПФ. Высокое содержание меди (3,39 мг/кг), как и цинка, свойственно почвенному образцу № 6. Рассматривая почвы естественных экосистем можно отметить широкое варьирование содержания данного ТМ – от 0,14 до 1,34 мг/кг. Наиболее чистыми (до 0,48 мг/кг) являются почвы широколиственных лесов, расположенных на минеральных островах (пробы 1 и 2), а также почвы луговых экосистем (10, 11) в пределах ландшафтного заказника республиканского значения «Выгонощанское».

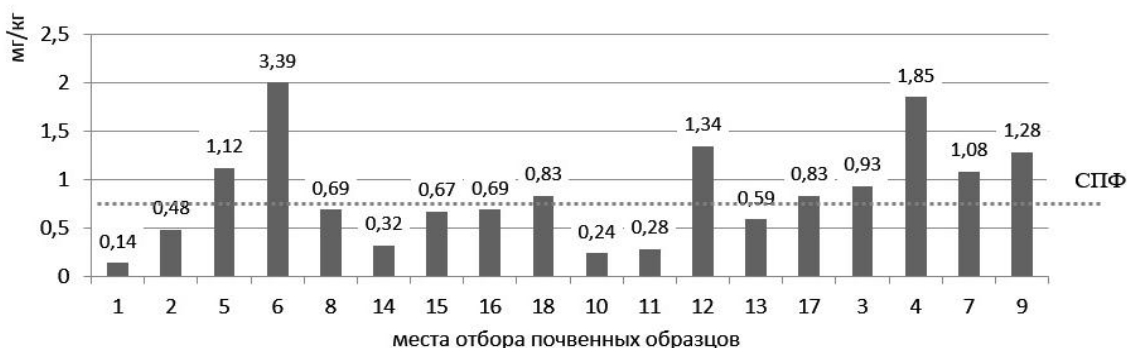


Рисунок 4 – Содержание Cu в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Подвижные формы никеля в исследуемых почвах содержатся в широких пределах – от 0,14 до 14,37 мг/кг (рисунок 5) вне зависимости от степени техногенного воздействия на экосистемы.

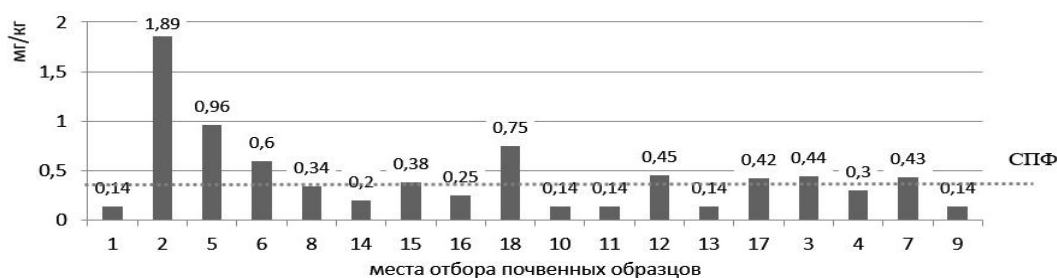


Рисунок 5 – Содержание Ni в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Для почв антропогенно-преобразованных экосистем (пробы 3, 4, 7 и 9) уровни содержания никеля являются более низкими, чем в почвах некоторых естественных фитоценозов. Среди последних, как и по ряду других ТМ, наиболее чистыми являются почвы, отобранные в пределах лугово-болотных фитоценозов заказника «Выгонощанское».

Марганец в исследованных почвах (рисунок 6) содержится в очень широких пределах – от 2 до 297,8 мг/кг. В целом какая-либо закономерность между уровнями содержания подвижных форм данного микроэлемента и степенью антропогенного воздействия на рассматриваемые экосистемы отсутствует. Широкое варьирование значений содержания данного микроэлемента можно объяснить различными физико-химическими, механическими и водными свойствами изучаемых почв.

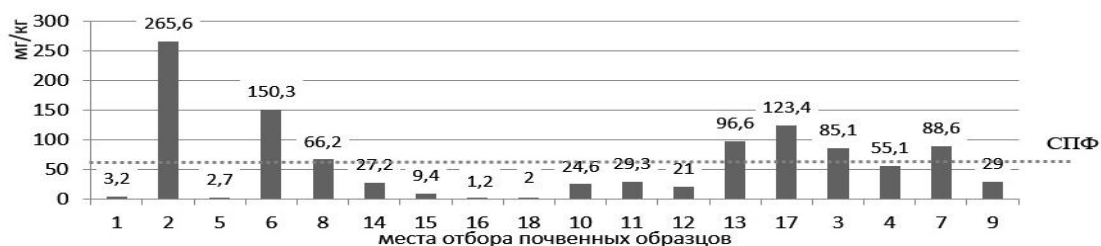


Рисунок 6 – Содержание Mn в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Железо в почвах также содержится в очень широких пределах – от 213 до 7367 мг/кг вне зависимости от степени техногенного воздействия на экосистемы (рисунок 7). Наиболее высокое содержание подвижных форм этого элемента характерно для почвенных образцов (1, 12, 17) отобранных из влажных фитоценозов, сформированных на заболоченных дерново-подзолистых почвах. Для всех остальных почвенных образцов не зависимо от места их отбора характерно относительно равномерное содержание этого микроэлемента – от 213 до 1007 мг/кг.

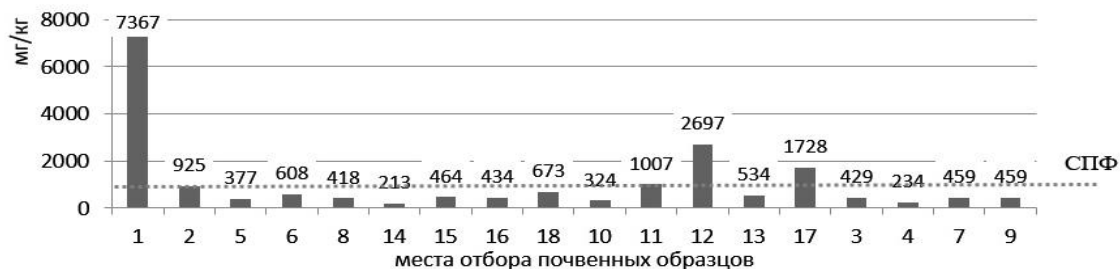


Рисунок 7 – Содержание Fe в почвах северо-западной части Припятского Полесья

Заключение. Анализ полученных результатов показывает, что содержание различных ТМ и микроэлементов-загрязнителей в дерново-подзолистых почвах северо-западной части Припятского Полесья изменяется в широких пределах, как по отдельным элементам, так и по различным почвенным пробам, что обусловлено антропогенными и природными факторами (особенности подстилающих пород, гранулометрического состава почв, их кислотности, со-

держания гумуса и т. д.). Биогеохимический ряд ТМ и микроэлементов-загрязнителей для рассматриваемых дерново-подзолистых почв ($Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd$) позволяет говорить об их благоприятном агроэкологическом состоянии. Только нахождение свинца впереди некоторых биофильных элементов (меди) может свидетельствовать о некотором техногенном воздействии на эти почвы. Однако в целом, несмотря на относительно высокое содержание некоторых ТМ в отдельных почвенных образцах, лишь в единичных случаях установлены значения близкие к ПДК и ОДК. Для ряда элементов (свинец, кадмий, медь, никель) свойственны минимальные значения в почвах лугово-болотных экосистем ландшафтного заказника «Выгонощанское» – крупнейшего лесоболотного массива Беларуси, незатронутого антропогенным воздействием. Эти показатели (с определенной долей вероятности) могут рассматриваться как естественные уровни содержания данных элементов в дерново-подзолистых заболоченных почвах юго-западной части Беларуси.

Литература

1. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва – растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск : СО РАН, 2012. – 220 с.
2. Захаров, В.Д. Основные направления прикладных экологических исследований сообществ животных и растений в Челябинской области / В.Д. Захаров, А.В. Лагунов // Проблемы экологии Южного Урала. – 1995. – № 1 – С. 59–62.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А.В. Кузнецов. – М. : ЦИНАО, 1992. – 53 с.
4. Duffus, J.H. «Heavy metals» – a meaningless term? (IUPAC Technical Report) / J.H. Duffus // Pure Appl. Chem. – 2002. – V. 74, № 5. – P. 793–807.
5. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Оценка природно-хозяйственного потенциала и разработка направлений экологической реабилитации нарушенных и деградированных земель в западной части Полесья на основе рационального использования неопасных отходов : отчет о НИР (заключ.) / Полесский аграрно-экологический ин-т НАН Беларуси ; рук. Н.В. Михальчук. – Брест, 2013. – 223 с.
7. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2010 г. / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2011. – 398 с.
8. Оценка природно-хозяйственного потенциала и разработка направлений экологической реабилитации нарушенных и деградированных земель в западной части Полесья на основе рационального использования неопасных отходов : отчет о НИР (заключ.) / Полесский аграрно-экологический ин-т НАН Беларуси ; рук. Н.В. Михальчук. – Брест, 2013. – 223 с.
9. Комплексная оценка агроэкологического состояния территорий 7 агроэкоусадеб Каменецкого района Брестской области и производимой ими фитопродукции в рамках реализации проектной инициативы «Органическое производство и продвижение экопродукта «Водар Белавежжа» : отчет о НИР (заключ.) / Полесский аграрно-экологический ин-т НАН Беларуси ; рук. А.Н. Мялик. – Брест, 2016. – 133 с.
10. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.] ; под ред. В.В. Лапа. – Минск : Беларус. навука, 2007. – 390 с.
11. Большаков, В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко [и др.]. – М. : ВНИИИиТЭИсельхоз, 1978. – 54 с.
12. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве : Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. – Минск, 2004. – 26 с.