

выми образованиями при относительном накоплении в них тонкодисперсного кварца, плагиоклазов и калиевых полевых шпатов. В нижней части пахотного горизонта, установлено относительное увеличение смешанослойных слюда-сметитов и ила. В почвообразующей породе в составе ила преобладают неупорядоченные сложные иллит-сметитовые образования, которые сопровождаются иллитом, хлоритом, каолинитом. Распределение устойчивы к процессам выветривания кластогенных минералов крупных фракций в профиле менее показательны.

Библиографические ссылки

1. Алексеев В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999. 241 с.
2. Горбунов Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 302 с.
3. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. М., 2005.336 с.
4. Biscaye P.E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans // Geol. Soc. Am. Bull. 1965. V. 76. P. 803–832
5. Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I. Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside // Hayes D.E., Frakes L.A., et al., Init. Repts. DSDP, 28: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 1975. P. 999–1007.

ГЕОХИМИЯ ПОЧВ ОКРУЖЕНИЯ Г. МОЛОДЕЧНО

Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, Е.М. Пятковская

Белорусский государственный университет, Минск

Почвенный покров окружения г. Молодечно занят сельскохозяйственными и природными ландшафтами. Представляет теоретический и практический интерес влияние техногенеза среднего города на формирование биогеохимических эндемий в почвенном покрове, где выращивается сельскохозяйственная продукция.

Одним из путей определения зоны влияния города на окружающие ландшафты является изучение исходящих от города потоков вещества, которые в большинстве случаев служат основными причинами загрязнения почв и растительности тяжелыми металлами. Заметная роль в попадании тяжелых металлов в ландшафты принадлежит атмотехногенному пути – с пылью и атмосферными осадками, поскольку аэрозольные частицы дымовых газов при остывании адсорбируют свинец, кадмий, ртуть и другие элементы, которые впоследствии осаждаются на растительности и почве. Выбросы пыли характерны практически для всех видов промышленной деятельности. Особенно много поступает ее в атмосферу городов

от предприятий черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов с литейными, кузнечнопрессовыми и механическими цехами, заводов по выпуску строительных материалов. Пыль при этом состоит из мельчайших частиц топлива, металлов, обрабатываемых материалов, обогащенных оксидами Fe, Mg, Mn, а также ряда токсичных металлов: Zn, Pb, W, Sb, Ni, Sn, Ag и др. [1]. Заметная доля тяжелых металлов поступает в почвы с выбросами автотранспорта, а также при утечках и пылении грузов при погрузочно-разгрузочных работах на открытых складских площадках.

Наиболее информативным и чувствительным индикатором техногенного загрязнения является состояние почвенного покрова и связанных с ним биоценозов. Чаще всего вывод об экологическом состоянии делается на основе анализа одного или нескольких компонентов ландшафтов.

Почвы исследуемого района имеют довольно большой естественный разброс содержания тяжелых металлов, определяемый заметным разнообразием почвообразующих пород по генезису и гранулометрическому составу (при этом содержание илистой и коллоидной фракции сильно влияет на содержание ТМ [1]), наличие органического вещества (его можно частично оценить по потере от прокаливания, для отобранных образцов – от 1,9 % до 69,14 %), кислотности. В ландшафтном отношении [2] зону влияния города можно разделить на три большие части с более-менее однородными почвенными условиями:

1. Северная часть зоны влияния города (севернее долины р. Уша) – плоско-волнистая, в основном сложена водно-ледниковыми песками и супесями, занята хвойными и смешанными лесами с преобладанием сосны, с небольшими участками пашни, почвы дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные.

2. Северо-западная часть – долина р. Уши (расширяющаяся ниже города) и прилегающие территории, мелиорированная, с преобладанием осушенных аллювиальных иловато-торфяных почв разной степени деградированных, местами с аллювиальными дерновыми заболоченными, под лугами, местами – сосновые леса.

3. Южная часть – среднехолмистая возвышенность, пересеченная ложбинами стока, в значительной мере распаханная с небольшими участками смешанных и лиственных (осиново-березовых) лесов, почвы дерново-подзолистые, местами эродированные, на моренных суглинках и супесях.

Исследование различия содержания исследуемых элементов в почвах города Молодечно и прилегающих территорий может позволить выявить техногенное влияние на ландшафты. В результате эмиссионно-спектрального анализа проб почв было установлено содержание валовых форм Cu,

Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в воздушно-сухой почве города Молодечно, представленное в таблице 1, данные для зоны влияния города приведены в таблице 2. Геохимическая оценка загрязнения производилась путем сравнения валового содержания исследуемых элементов их с фоновым содержанием в почвах Беларуси и с установленными санитарно-гигиеническими нормативами (ОДК/ПДК) [3, 4, 5].

Таблица 1

Основные статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах г. Молодечно

Показатели	Химические элементы, мг/кг воздушно-сухой почвы						
	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	6,6	3,1	149	2,3	0,6	479	9,9
Максимум	46,4	72,9	843	63,3	11,1	3580	108,2
Среднее	17,5	18,7	460	11,0	3,6	1986	36,5
Медиана	14,3	15,6	445	8,4	3,2	2028	33,9
Коэффициент вариации (V)	51,3	59,7	36,4	87,6	51,3	41,4	43,0
Фон	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК	33	32	1000	20	–	–	100
Стандартная ошибка среднего арифметического	1,36	1,68	25,2	1,46	0,28	123,9	2,36
Эксцесс	2,049	12,297	-0,255	19,975	5,101	-1,033	9,392
Асимметричность	1,454	2,863	0,258	3,925	1,870	0,071	2,275

Таблица 2

Основные статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах зоны влияния г. Молодечно

	Химические элементы, мг/кг воздушно-сухой почвы						
	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	4,0	3,1	91	1,4	0,5	630	7,2
Максимум	24,9	27,6	798	27,9	6,8	2845	45,8
Среднее	11,7	14,5	433	8,6	2,5	1804	30,3
Медиана	9,5	14,8	379,5	8,0	2,5	1689,4	31,1
Коэффициент вариации (V)	49,3	35,5	46,2	61,6	47,4	35,5	33,2
Фон	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК	33	32	1000	20	–	–	100
Стандартная ошибка среднего арифметического	1,01	0,89	34,8	0,92	0,21	111,3	1,75
Эксцесс	0,097	0,477	-1,020	4,729	4,092	-1,313	-0,564
Асимметричность	0,956	0,201	0,208	1,775	1,150	-0,139	-0,522

Сравнение почв города и прилегающих территорий показывает заметное различие между ними как по среднему содержанию, так и по другим статистическим показателям. Среднее содержание всех исследуемых элементов в зоне влияния г. Молодечно ниже, чем в почвах города, при этом для Cu, Pb, Sn и Cr разница является статистически значимой с использованием критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha=0,05$. Превышения ПДК зафиксированы только дважды для Ni из-за очевидного техногенного влияния.

Максимальные содержания всех исследуемых элементов выше для города, чем для района, особенно велика эта разница для Pb, Cr, Ni и Cu, что указывает на возможную техногенную природу формирования геохимических аномалий [6]. Ввиду неоднородности исходного объекта по почвенным условиям, осложненной техногенным влиянием, для большинства элементов заметны отклонения от нормального распределения.

По сравнению с городом для района характерен меньший размах варьирования валового содержания элементов. Разница между максимальным и минимальным содержанием исследуемых химических элементов колеблется от 4,5 раз для титана до 20,2 раз для никеля (в городе – от 5,6 раз для марганца до 27,7 для никеля), при этом максимальное накопление никеля в районе отмечено для территории, расположенной прямо у городской черты, т.е. и здесь имеет место техногенное влияние, без которого разброс концентраций был бы ниже. Как итог – коэффициенты вариации (V) для валового содержания элементов в почвах района также несколько ниже, хотя также достигают высоких значений (33,2–49,3 %), очень высокая вариация характерна для никеля ($V = 61,6 \%$). Все эти данные свидетельствуют о существенно меньшем техногенном влиянии по мере удаления от города.

Наиболее технофильным элементом в городах является свинец, который распространяется и за пределы города [7]. На примере распространения этого элемента можно судить о степени загрязнения окружения г. Молодечно.

Для свинца отмечено некоторое превышение среднего содержания (14,5 мг/кг) над фоновым (12 мг/кг), которое наблюдается для 73 % отобранных образцов (рис. 1). В отличие от города, где была отмечена существенная положительная асимметрия распределения, в почвах зоны влияния города характер распределения элементов наиболее близок к гауссовому (низкие асимметрия и эксцесс), что обычно соответствует природному распределению большинства микроэлементов [1]. Превышение ПДК не зафиксировано.

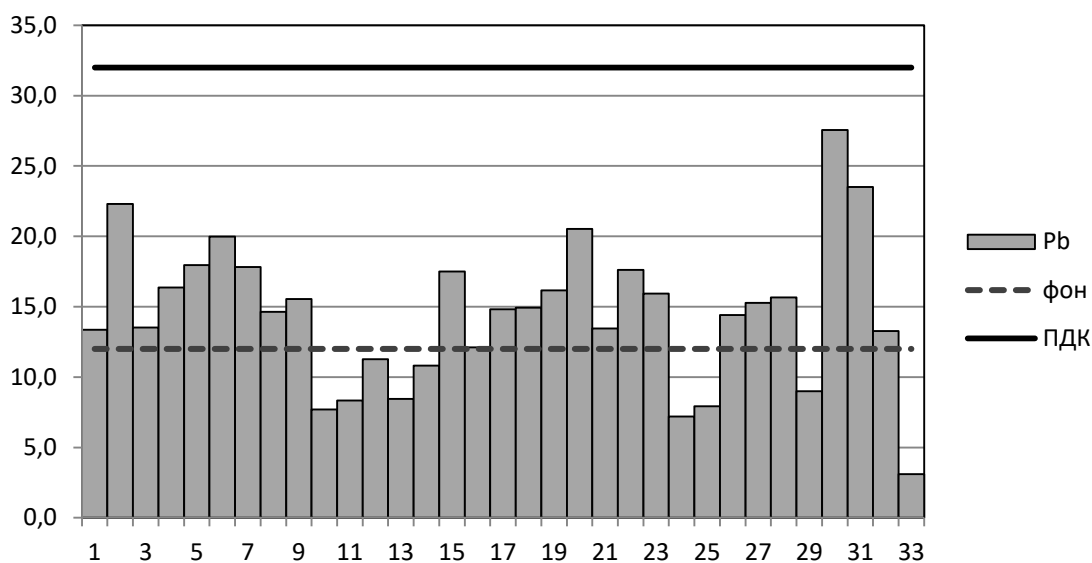


Рис. 1 – Содержание свинца в почвах зоны влияния г. Молодечно, мг/кг

В целом распределение Рb по почвам довольно однообразно (рис. 2), с отдельными локальными участками накопления вблизи автомобильных дорог.

Основным источником свинца в почве являются выбросы автотранспорта [3], поэтому превышения фона связаны не с прямым влиянием города, а с наличием дорог и уровнем автотранспортной нагрузки. Однако, при условии снятия или насыпки верхнего горизонта почв (при строительстве, планировке поверхности и т.д.), порой отмечается достаточно низкая концентрация свинца даже в непосредственной близости от дорог.

Универсальным и доступным способом геохимической адаптации растений к техногенному воздействию в условиях Беларуси (по результатам наших исследований) является внесение в почву известковых материалов (известь, доломит), отчасти карбонатной глины [8]. Их присутствие нейтрализует реакцию почвы, при которой оксиды металлов осаждаются, из-за чего становятся почти недоступными для корневой системы растений, а наличие глинистых частиц приводит к необменной сорбции части металлов, что также снижает поступление металлов в растения.

Механизм действия известки состоит в следующем. При $pH = 6,0$ и выше в присутствии CO_2 происходит поглощение свинца и образование мало растворимого карбоната свинца (минерал церуссит). Растворимость церуссита в воде при $pH 6,0$ составляет 29 мг/дм^3 воды, для почвы фон подвижной формы свинца составляет $2-5 \text{ мг/кг}$. Аналогичная ситуация происходит при замене свинца на магний в доломите.

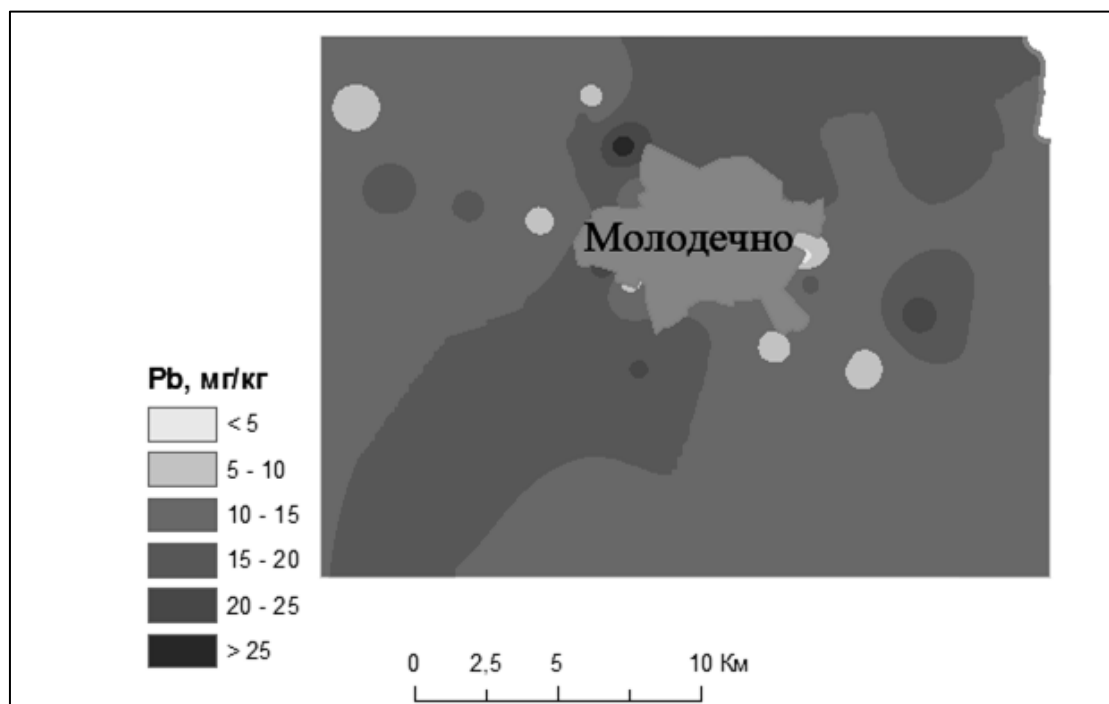


Рис. 2 – Распределение свинца в почвах зоны влияния г. Молодечно, мг/кг

Библиографические ссылки

1. Чертко Н.К., Ковальчик Н.В., Хомич В.С., Карпиченко А.А., Жумарь П.В., Тимофеева Т.А. Геохимия ландшафта. Минск: БГУ, 2011. 303 с.
2. Марцинкевич Г.И., Счастливая И.И., Усова И.П. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. Масштаб 1:500 000. Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, РУП "Белкартография", Минск, 2014.
3. Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск, 2004. 260 с.
4. Петухова Н.Н. Геохимия почв Белорусской ССР. Минск. 1987. 231 с.
5. Петухова Н.Н., Кузнецов В.А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Доклады АН Беларуси. 1992. Том 26. №5. С. 461–465.
6. Добровольский В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.
7. Чертко Н.К., Карпиченко А.А. Теория, методика и практика геохимических исследований урболовандшафтов // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2016. № 3. С. 129–132.
8. Чертко Н.К., Карпиченко А.А. Геохимические способы оптимизации содержания элементов в почвах // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., 15–17 ноября 2005 г. Горки, 2006. С. 285–288.