

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ СВИНЦА, КАДМИЯ И ЦИНКА В ПОЧВАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Методом параллельного экстрагирования определены региональные особенности содержания и соотношения прочно и непрочно связанных соединений свинца, кадмия и цинка в фоновых, антропогенно преобразованных и загрязненных почвах юга Западной Сибири. Валовая концентрация и содержание непрочно связанных форм соединений тяжелых металлов варьируют в широких пределах. Выявлены отличия в поведении различных металлов. В незагрязненных и антропогенно преобразованных почвах преобладают прочносвязанные соединения Cd и Zn, однако доля непрочно связанных соединений Pb составляет 52-77% от общего содержания. Распределение непрочно связанных форм соединений тяжелых металлов в антропогенно преобразованных почвах соответствует их качественному и количественному составу в фоновых почвах региона. Статистически значимой разницы между формами соединений тяжелых металлов в супесчаных и суглинистых почвах не обнаружено. В обменных формах на долю Cd приходится около половины от суммы всех непрочно связанных соединений; фракция специфически сорбированных соединений, представляющая потенциально доступный запас элементов, является преобладающей для Pb и Zn. Выявлены закономерности изменения группового состава форм соединений Cd, Pb и Zn в техногенно загрязненных почвах. Подтверждена высокая информативность группового состава соединений ТМ для оценки экологического состояния почв. В супесчаных почвах юга Западной Сибири часто наблюдается превышение ориентировочно допустимых концентраций Zn, что вызвано не загрязнением, а региональной геохимической спецификой региона. Более точно выявить загрязнение можно по относительному количеству подвижных форм химических элементов.

Ключевые слова: Западная Сибирь, почвы, тяжелые металлы, формы соединений, непрочно связанные соединения.

Изучение фракционно-группового состава форм соединений тяжелых металлов (ТМ) имеет важное экологическое значение, так как именно форма нахождения элемента в почве определяет его доступность для растений, миграционную способность, подвижность и, как следствие, его токсичность для биоты [1]–[4]. На территории Западной Сибири подобные исследования начаты сравнительно недавно и являются весьма актуальными, особенно с точки зрения выявления региональных особенностей состояния ТМ в почвенном покрове. В данной работе представлены результаты анализа группового состава соединений кадмия, свинца и цинка в почвах юга Западной Сибири.

Пробы почв (0–20 см) были отобраны в южной части Западной Сибири – на Приобской возвышенной равнине, Колывань-Томской возвышенности и в долине р. Оби. В выборку были включены разные типы фоновых и антропогенно преобразованных почв супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды ($n = 80$). Общее содержание ТМ определяли методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа (установка для

проведения исследований включает источник возбуждения спектров – дуговой аргоновый двухструйный плазмотрон (ДДП, Россия), устройство для распыления и подачи в плазменную струю исследуемого тонкодисперсного порошка, спектрометр (PGS-2, Германия), многоканальный анализатор эмиссионных спектров (МАЭС, Россия)). Концентрацию непрочно связанных форм определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Квант-2А, количество прочно связанных форм – по разности между валовым содержанием элемента и его подвижными соединениями. Экстрагирование проводили по методу Г.А. Соловьева [5], широко и успешно применяемого в последние годы Т.М. Минкиной, Г.В. Мотузовой и другими исследователями [6]–[10]. В качестве экстрагентов использовали растворы 1 н NH_4Ac (рН 4,8), 1%-ный раствор ЭДТА в NH_4Ac , 1 н HCl . Извлекаемые ТМ характеризуют содержание обменных соединений (вытяжка 1 н NH_4Ac), комплексных (разность между количествами ХЭ, экстрагируемых второй и первой вытяжкой), специфически сорбированных соединений (разность между количествами ХЭ, экстрагируемых вытяжками 1 н HCl и 1 н NH_4Ac).

Валовое содержание исследованных ТМ в целом не превышает их фонового количества в почвах НСО [11], но варьирует в весьма широких пределах. В супесчаных почвах часто наблюдается превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) валового содержания Zn (по ГН 2.1.7.2511-09). Как уже отмечалось ранее [12], причина данного факта видится не в техногенном загрязнении окружающей среды, а в низких значениях ОДК и региональной геохимической специфике изученной территории. Невершенство нормативов экологической оценки почв, многократно отмечаемое в литературе [3], [4], [13], [14], подтверждает и тот факт, что в загрязненных почвах, где нами было выявлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) подвижных форм для свинца и цинка (по ГН 2.1.7.2041-06), не наблюдается превышения ОДК валового содержания свинца, а для цинка оно отмечается лишь в половине случаев.

В легкосуглинистых почвах валовое содержание ТМ и количество их непрочно связанных форм соединений в целом несколько выше, чем в супесчаных, но статистически значимой разницы не выявлено, поэтому в данной статье представлены обобщенные результаты для супесчаных и легкосуглинистых почв в целом. Поскольку содержание химических элементов в почвах зачастую не подчиняется закону нормального распределения, на рис. 1 приведены медианные значения показателей и указаны пределы варьирования.

Значительная вариабельность содержания исследуемых форм соединений ТМ приводит к тому, что разница между их содержанием в фоновых и антропогенно преобразованных в основном статистически незначима, однако четко прослеживаются отличия в содержание непрочно связанных форм соединений ТМ в загрязненных почвах (рис. 1).

Статистически значимых изменений в групповом составе непрочно связанных соединений ТМ при увеличении антропогенной нагрузки и загрязнении почв не выявлено – вероятно, из-за уже отмеченного широкого диапазона варьирования. Доля обменных форм кадмия составляет около половины от суммы всех непрочно связанных соединений, комплексообразование менее всего проявилось у цинка, фракция специфически сорбированных соединений является преобладающей у свинца и цинка (рис. 2).

Доля непрочно связанных соединений цинка в почвах при увеличении антропогенной нагрузки возрастает – от 11–13% в фоновых почвах до 12–38% в антропогенно преобразованных и 61–69% в загрязненных (рис. 2).

В фоновых и антропогенно измененных почвах количество непрочно связанных форм Cd и Pb в валовом содержании статистически значимо не отличается и составляет в среднем около 22 и 70% соответственно (рис. 2). Данный показатель весьма нестабилен и значительно варьирует – 14–35% для Cd и 52–77% для Pb. В загрязненных почвах доля непрочно

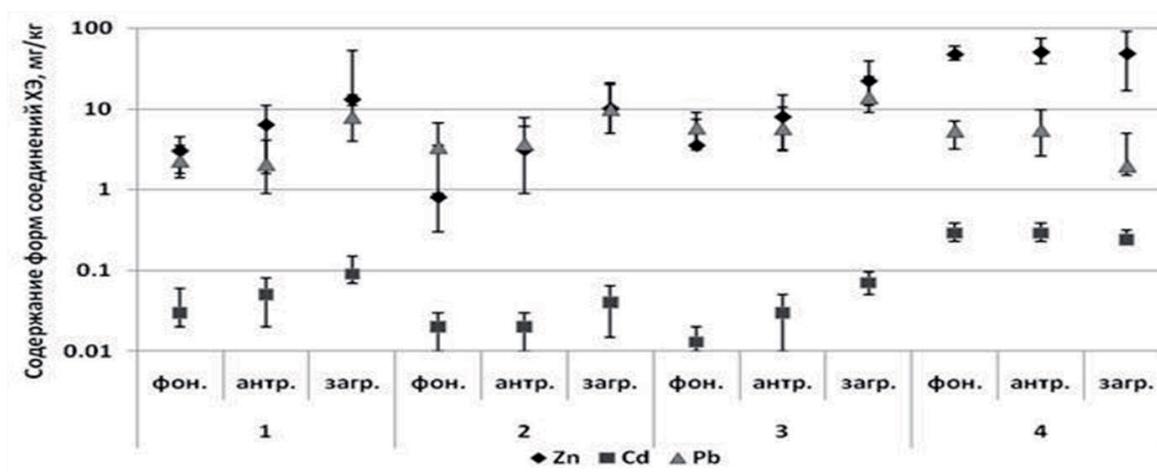


Рисунок 1 – Содержание форм соединений ТМ в почвах, мг/кг
(Здесь и далее: 1 – обменные, 2 – комплексные, 3 – специфически сорбированные, 4 – прочно связанные формы соединений; фон. – фоновые, антр. – антропогенно преобразованные, загр. – загрязненные почвы)

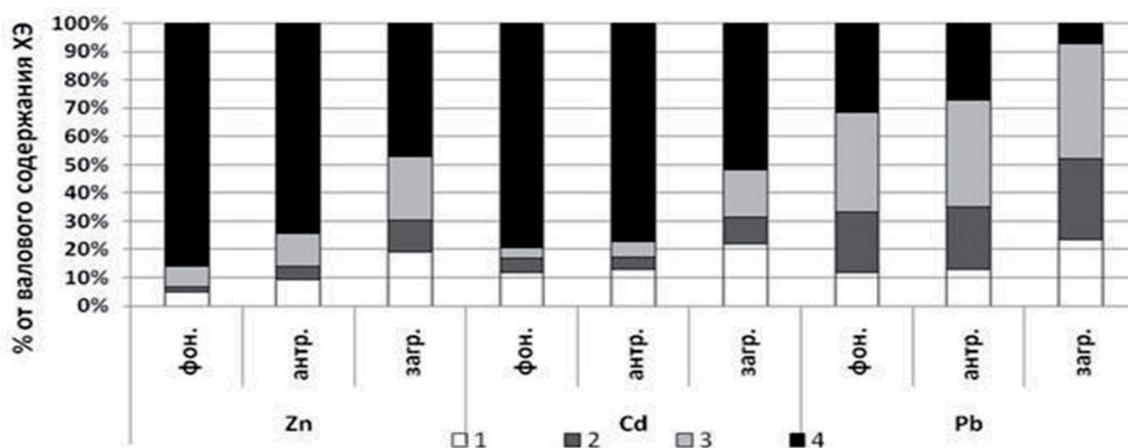


Рисунок 2 – Относительное содержание форм соединений ТМ в почвах с различной антропогенной нагрузкой, % от валового

связанных соединений Cd составляет 44–63%, Pb – 92–94% от общего содержания.

Высокая вариабельность форм соединений ХЭ отмечается и в литературе [4]–[10], [15]. На формы и характер закрепления элементов в почве более значимо влияет не тип почв, а их физико-химические свойства, агрохимические показатели, степень антропогенной нагрузки и т. п. Так, например, по данным И.Н. Семенова [8], доля прочно связанных форм соединений цинка в почвах Восточно-Европейских и Западно-Сибирских катен максимальна по сравнению с другими ХЭ. Но в фоновых почвах около г. Архангельска Л.Ф. Поповой и др. [9] выявлена весьма высокая подвижность Zn. Доля непрочно связанных форм соединений ХЭ в фоновых почвах (каштановые и черноземы) Нижнего Дона не превышает 15 % от общего содержания [6], при этом в пойменных почвах Нижнего Дона картина совершенно иная – со-

держание непрочно связанных соединений ХЭ составляет в среднем 30–83% от общего содержания [7].

Интересно отметить, что даже при таких высоких показателях подвижности превышение ПДК отмечается лишь в единичных случаях [7]. Аналогичная картина и в исследуемом регионе – большая доля непрочно связанных форм соединений свинца (52–77%) в фоновых и антропогенно преобразованных почвах не приводит к превышению ПДК подвижных форм. Таким образом, доля обменных (подвижных) соединений ТМ, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8, содержание которых нормируется по ГН 2.1.7.2041-06, позволяет более четко отследить загрязнение почв – при том, что превышение ОДК может наблюдаться и в фоновых почвах, а ПДК подвижной формы может соответствовать нормативам.

19.09.2017

Список литературы:

1. Adriano D.C. Trace Elements in the Terrestrial Environment. – Springer-Verlag: New York, 1986. – 534 p.
2. Heavy Metals in Soils / edited by B.J. Alloway. – Blackie Academic & Professional, 1995. – 368 p.
3. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 s.
4. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг. – Москва: «Либроком», 2013. – 168 с.
5. Соловьев Г.А. Использование комплексных вытяжек для определения доступных форм микроэлементов в почвах // Мониторинг фоновое загрязнение природных сред. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып. 56. – С. 216-227.
6. Minkina T.M. et al. Combined Approach for Fractioning Metal Compounds in Soils // Eurasian Soil Science. – 2008. – Т. 41. – № 11. – P. 1171-1179.
7. Minkina T.M. et al. Specific features of the accumulation and distribution of heavy metals in soils of the floodplain and deltaic landscapes of the Don river // American Journal of Applied Sciences. – 2015. – Т. 12 (11). – P. 885-895. doi:10.3844/ajassp.2015.885.895
8. Семенов И.Н. Формы нахождения металлов в суглинистых тундровых, таежных, подтаежных и лесостепных почвенно-геохимических катенах. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Москва, 2016. – 24 с.

9. Попова Л.Ф. Комплексная эколого-химическая оценка и нормирование качества почвенно-растительного покрова городских экосистем (на примере Архангельска). Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Петрозаводск, 2015. – 36 с.
10. Mandzhieva S.S. et al. Effect of natural and technogenic factors on the mobility and transformation of metal compounds in soil // Biogeosystem Technique. – 2016. – № 4 (10). – P. 317-327.
11. Ильин В.Б. и др. Фоновые концентрации тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 550-556.
12. Мяделец М.А., Сиромля Т.И. Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5; URL: www.science-education.ru/128-22706 (дата обращения: 19.11.2015)
13. Vodyanitskii Y.N. Standards for the Contents of Heavy Metals and Metalloids in Soils // Eurasian Soil Science. – 2012. – Т. 45. – № 3. – P. 321-328.
14. Сысо А.И. Российские нормативы оценки качества почв и кормов: проблемы их использования // «Экологический мониторинг окружающей среды». – НГАУ, 2016. – С. 153-168.
15. He Q. et al. Assessment of trace and heavy metal distribution by four sequential extraction procedures in a contaminated soil // Soil & Water Res. – 2013. – № 8. – P. 71-76.

Сведения об авторе:

Сиромля Татьяна Ивановна, научный сотрудник лаборатории биогеохимии почв
Института почвоведения и агрохимии СО РАН, кандидат биологических наук
E-mail: tatiana@issa.nsc.ru
630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 8/2, тел. (383) 3639015