

Изучение адсорбции тяжелых металлов черноземом обыкновенным при разном соотношении твердой и жидкой фаз

Т.М. Минкина, Н.В. Громакова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Исследовано поглощение меди, цинка и свинца черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым при меняющемся соотношении твердой и жидкой фаз почвы. Показано, что при увеличении в 2 раза соотношения твердой и жидкой фаз способность к адсорбции и прочность закрепления меди, цинка и свинца на поверхности почвенных частиц возрастает за счет электроселективности.

Ключевые слова: почва, адсорбция, медь, цинк, свинец, соотношение, твердая и жидкая фазы.

Введение

Возрастающее загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) - наиболее актуальная экологическая проблема сохранения окружающей среды [1-2]. ТМ и, как следствие, их доступность и токсичность для живых организмов, зависят от перераспределения металлов между органо-минеральной матрицей почв и почвенным раствором и происходящими между ними процессами взаимодействия [3-6]. В случае испарения почвенной влаги и увеличения отношения почва: раствор возрастает концентрация ионов в жидкой фазе, что увеличивает адсорбцию катионов с более низким зарядом за счет электроселективности [7]. Взаимодействие катионов ТМ с адсорбционными центрами почвы в изменяющихся условиях соотношения фаз является мало изученным вопросом.

Цель работы состояла в изучении адсорбции ТМ почвами при разном соотношении твердой и жидкой фаз.

Объекты и методы

В условиях лабораторного опыта изучали адсорбцию меди, цинка и свинца черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым при соотношении твердой и жидкой фаз 1:5 и 1:10.

Исследуемую почву пропустили через сито с диаметром ячеек 1 мм. Затем к подготовленным образцам почвы приливали растворы нитратных солей ТМ. Интервал используемых концентраций металлов составлял от 5 до 100 мМ/л. Суспензии взбалтывали в течение 1 часа, потом сутки отстаивали и после этого фильтровали. В полученных фильтратах определяли содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС). Количество адсорбированных катионов исследуемых элементов определяли по разности между концентрациями их в исходном и равновесном растворах. Повторность опыта трехкратная.

Результаты и обсуждение

Адсорбция черноземом обыкновенным меди, цинка и свинца была больше при соотношении почва: раствор 1:10, чем 1:5 (рис. 1).

В случае адсорбции свинца и цинка почвой константы прочности удерживания металлов, рассчитанные по уравнению Ленгмюра, имели близкие значения как при соотношении почва: раствор 1:10, так и 1:5. Исключение составила Cu: при соотношении 1:10 константа К была выше в 1,6 раз (табл. 1) выше, чем при более узком соотношении. Значения $C_{\text{макс}}$ для всех исследуемых металлов при соотношении почва : раствор 1:10 более, чем в 2 раза превышают результаты этого показателя для соотношения 1:5.

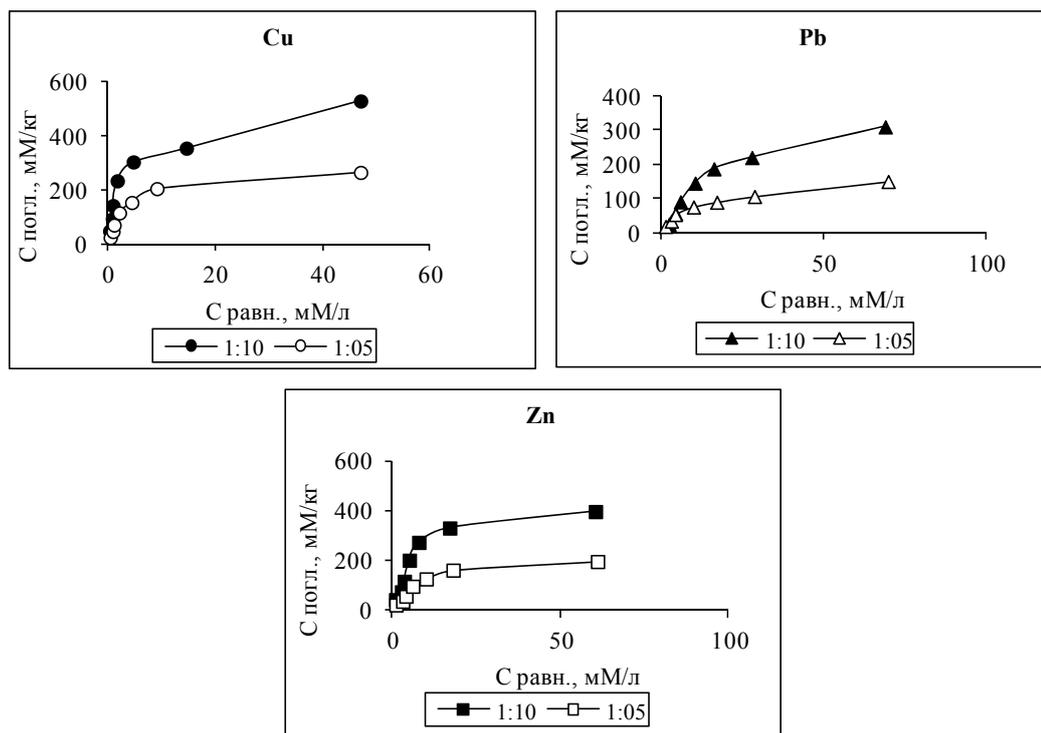


Рис. 1 Изотермы адсорбции уксуснокислых солей меди, цинка и свинца черноземом обыкновенным при различных соотношениях почва: раствор

Таблица № 1

Максимальная адсорбционная емкость ($C_{\text{макс.}}$) и константа прочности удерживания (K) меди, свинца и цинка черноземом обыкновенным при соотношении почва : раствор 1:10 и 1:5 в диапазоне концентраций металла от 5 до 100 мМ/л

Параметры	медь		свинец		цинк	
	1:10	1:5	1:10	1:5	1:10	1:5
$C_{\text{макс.}}$, мМ/кг	495,9±43,7	264,5±28,8	465,5±42,6	169,2±14,3	405,9±29,0	203,3±22,3
K , л/мМ	0,41±0,1	0,25±0,08	0,13±0,03	0,13±0,05	0,05±0,01	0,04±0,01
R^2	0,94	0,93	0,95	0,91	0,98	0,97

Влияние соотношения почва: раствор на протекание процессов адсорбции металлов в загрязненных почвах к настоящему времени не выявлены. Практически не влияет разбавление почвенного раствора на

ионообменные процессы с участием металлов для пар ионов с одинаковой замещающей способностью и валентностью. При этом, в случае катионных пар с различной замещающей способностью и валентностью, разбавление значительно влияет на ионный обмен [8]. Это связано с концентрационно-валентностным эффектом: при увеличении объема жидкой фазы снижается концентрация легкорастворимых солей переходящих в раствор из почвы и, соответственно, увеличивается адсорбирующая способность почвы. Согласно теории Ю.А. Кокотова [7] разбавление внешнего раствора увеличивает адсорбцию ионов с большим зарядом. В результате этого увеличивается избирательность почвы к ионам ТМ в растворах с соотношением почва: раствор 1:10.

В работе Д.Л. Пинского [9] показано, что при увеличении соотношения твердая: жидкая фаза серых лесных почв от 1:1 до 1:20 увеличивается величина $C_{\text{макс}}$ почвы по отношению к Cd. Обратная закономерность выявлена Е.И. Каравановой и С.Ю. Шмидтом [10] при увеличении соотношения лесная подстилка: раствор от 1:10 до 1:30. Авторы отмечают, что уменьшение жидкой фазы почвы приводит к увеличению поглощенных меди и цинка: от 3,56 до 4,38 мг/г в случае с медью и от 1,03 до 1,19 мг/г в случае с цинком.

Следовательно, при более широком соотношении почва: раствор способность к адсорбции ($C_{\text{макс}}$ и K) меди, цинка и свинца почвой возрастает.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ), проект № 16-14-10217.

Литература

1. Мазанко М.С., Денисова Т.В., Колесников С.И., Вернигорова Н.А., Чернокалова Е.В., Никитенко К.А., Бубнова А.А. Устойчивость чернозема

обыкновенного к сочетанному загрязнению свинцом и электромагнитным полем // Инженерный Вестник Дона. 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1793

2. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2005. 110 с.

3. Минкина Т.М., Бауэр Т.В., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Сушкова С.Н., Чаплыгин В.А. Закономерности процесса трансформации цинка в черноземе обыкновенном в присутствии различных анионов // Инженерный Вестник Дона. 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1793

4. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Манджиева С.С. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах степной зоны // Почвоведение. 2008б. № 7. С. 810-818.

5. Фатеев А.И., Самохвалова В.Л. Формы соединений тяжелых металлов почвенной системы как критерии ее экологического состояния // Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М., 2002. С. 29.

6. Околелова А.А., Минкина Т.М., Мерзлякова А.С., Кожевникова В.П. Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ. 2014. № 101(07). URL: ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/27.pdf

7. Кокотов Ю.А. Иониты и ионный обмен. Л.: Химия, 1980. 152 с.

8. Minkina T.M., Pinsky D.L., Mandzhieva S.S., Bauer T.V., Sushkova S.N., Kushnareva A.V. Effect of an attendant anion on the balance of cations in the soil-solution system with an ordinary chernozem as an example // Eurasian Soil Science. 2014. Vol. 47 № 8. pp. 772–780.

9. Pinski D.L. Effect of solid to liquid phase ratio on the adsorption of cadmium by grey forest soil // Proceedings of 6-th Int. Conf. of ICOBTE-2001

“Biogeochemistry of Trace Elements”. July 29 - August 2. Guelf, Ontario, Canada: 2011. P. 46.

10. Караванова Е.И., Шмидт С.Ю. Сорбция водорастворимых соединений меди и цинка лесной подстилкой // Почвоведение. 2001. № 9. С. 1083-1091.

References

1. Mazanko M.S., Denisova T.V., Kolesnikov S.I., Vernigorova N.A., Chernokalova E.V., Nikitenko K.A., Bubnova A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1793

2. Vodjanickij Ju.N. Izuchenie tjazhelyh metallov v pochvah [The study of heavy metals in soils]. M.: Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva RASHN, 2005. 110 p.

3. Minkina T.M., Baujer T.V., Mandzhieva S.S., Nazarenko O.G., Sushkova S.N., Chaplygin V.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1793

4. Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G., Kryshhenko V.S., Mandzhieva S.S. Pochvovedenie. 2008b. № 7. P. 810-818.

5. Fateev A.I., Samohvalova V.L. Formy soedinenij tjazhelyh metallov pochvennoj sistemy kak kriterii ee jekologicheskogo sostojanija. Vseros. konf. «Ustojchivost' pochv k estestvennym i antropogennym vozdeystvijam»: trudy (All-Russian Conference «The stability of soils to natural and anthropogenic influences»). Moscow, 2002. pp. 29.

6. Okolelova A.A., Minkina T.M., Merzljakova A.S., Kozhevnikova V.P. Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo



gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU).
Krasnodar: KubGAU. 2014. № 101(07). URL: ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/27.pdf

7. Kokotov Ju.A. Ionity i ionnyj obmen [Ion exchangers and ion exchange]. L.:
Himija, 1980. 152 p.

8. Minkina T.M., Pinsky D.L., Mandzhieva S.S., Bauer T.V., Sushkova S.N.,
Eurasian Soil Science. 2014. Vol. 47 № 8. pp. 772–780.

9. Pinski D.L. Effect of solid to liquid phase ratio on the adsorption of
cadmium by grey forest soil. Proceedings of 6-th Int. Sonf. of ICOBTE-2001
“Biogeochemistry of Trace Elements”. July 29 - August 2. Guelf, Ontario, Canada:
2011. P. 46.

10. Karavanova E.I., Shmidt S.Ju. Pochvovedenie. 2001. № 9. pp. 1083-
1091.