

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

С. С. Манджиева¹, Т. М. Минкина¹, Г. В. Мотузова², О. Г. Назаренко³,
Т. В. Бауэр¹, Л. Ю. Маштыкова¹, А. В. Кушнарева¹

¹ Южный федеральный университет

Россия, 344006, Ростов-на-Дону, Б. Садовая, 105/42

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12

³ Донской государственный аграрный университет

Россия, 346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский

E-mail: msaglara@mail.ru

Поступила в редакцию 07.05.13 г.

Показатели экологического состояния почв при химическом загрязнении. – Манджиева С. С., Минкина Т. М., Мотузова Г. В., Назаренко О. Г., Бауэр Т. В., Маштыкова Л. Ю., Кушнарева А. В. – Предложена система показателей экологического состояния почв, основанная на групповом составе соединений металлов. Она включает расчет подвижности тяжелых металлов в почвах, накопления их в растениях, оценивает защитные функции системы почва – растения и суммарный показатель загрязнения почв.

Ключевые слова: почва, растения, загрязнение, тяжелые металлы, групповой состав, показатели экологического состояния.

Indicators of soil ecological condition under chemical pollution. – Mandzhieva S. S., Minkina T. M., Motuzova G. V., Nazarenko O. G., Bauer T. V., Mashtykova L. Yu., and Kushnareva A. V. – A system of environmental indicators of soil based on the group composition of metal compounds is proposed. It includes calculation of the heavy metals mobility in soils and their accumulation in plants and evaluates safety functions of the soil – plant system and the total index of soil contamination.

Key words: soil, plants, pollution, heavy metals, group composition, environmental indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка антропогенного воздействия на почву является составной частью комплексной оценки состояния природных ресурсов определенных территориальных выделов, организации экологического (агроэкологического) мониторинга и прогнозирования. Систематический мониторинг позволяет давать прогнозную оценку динамики развития негативных процессов в ландшафте и своевременно принимать необходимые меры для их приостановления.

В настоящее время наиболее актуальным вопросом является разработка системы показателей, адекватно отражающей степень загрязнения почв и в то же время пригодной для использования в процессе эколого-экономической оценки земель.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При оценке экологического состояния почв необходимы сведения о прочности удерживания металлов почвами. На этом основании в почвах выделялись две группы соединений тяжелых металлов (ТМ): прочно связанные (ПС) и непрочно связанные (НС) с почвой. Для определения содержания металлов в составе этих групп применялась комбинированная схема фракционно-группового фракционирования соединений металлов, основанная на сочетании параллельных и последовательных экстракций и использовании расчетных приемов (Минкина и др., 2008). Ее назначение: оценить предполагаемое участие почвенных компонентов как в прочном, так и в непрочном удерживании металлов.

Нами предложена система показателей экологического состояния почв, основанная на групповом составе соединений металлов.

1. Показатель подвижности (Кп), рассчитываемый по формуле

$$Кп = НС/ПС, \quad (1)$$

где НС и ПС – группы непрочно и прочно связанных соединений. Кп может использоваться в качестве критерия степени загрязненности почв и возможной транслокации металлов в растения. Кп зависит от уровня антропогенной нагрузки, природы металлов и свойств почвы (Минкина и др., 2008).

2. Коэффициент накопления по непрочно связанным соединениям (КНнс):

$$КНнс = Сраст/НС, \quad (2)$$

где Сраст – концентрация металла в растениях, мг/кг; НС – группа непрочно связанных соединений, мг/кг.

Данный показатель основан на формуле Р. Р. Брукса (1996): $КН = Сраст/Сподв$, где Сподв – содержание обменных форм металла в почве, мг/кг. Расчет КНнс является более объективным, поскольку нашими исследованиями установлена тесная связь между содержанием металлов в растениях и количеством всех их подвижных соединений в почве ($r = 0.68 \pm 0.26 - 0.87 \pm 0.17$). КНнс можно использовать в качестве количественной меры защитной функции системы почва – растение, так как, с одной стороны, он характеризует изменения подвижности металлов в почве, а с другой – отклик на это растений.

3. Коэффициент защитных свойств почв (КЗнс):

$$КЗнс = 100 - НС/Собщ \times 100\%, \quad (3)$$

где Собщ – общее содержание металла в почве, мг/кг.

Показатель КЗ разработан А. И. Карпухиным и Н. Н. Бушуевым (2007) для установления защитных возможностей почв по отношению к ТМ, где вместо НС использовались кислоторастворимые соединения. Однако кислоторастворимые соединения металлов состоят из обменных и специфически сорбированных форм и не включают комплексные соединения, доступные растениям.

4. Фактор стабильности (RFпс):

$$RF_{пс} = C_{ост} \times 100\% / PC, \quad (4)$$

где $C_{ост}$ – концентрация металла в «остаточной» фракции, мг/кг, PC – группа прочно связанных соединений, мг/кг.

Фактор стабильности (recalcitrant factor), предложенный А. Кноксом (Knox et al., 2000), показывает долю металла в составе кристаллической решетки первичных и вторичных минералов от его общего содержания в почве. Это та часть соединений металла, которая не способна высвободиться в почвенный раствор в реально обозримое время. $RF_{пс}$ более наглядно отражает изменения металлов в «остаточной» фракции при изменении техногенной нагрузки на почву.

5. Суммарный показатель загрязнения ($Z_{снс}$), зависящий от набора и количества поллютантов:

$$Z_c = \sum K_{снс} - (n-1), \quad (5)$$

где $K_{снс}$ – коэффициент концентрации ряда химических элементов в среде, для которых этот коэффициент > 1 , n – число учитываемых химических элементов с $K_{снс} > 1$. Расчет коэффициента концентрации ($K_{снс}$) следующий:

$$K_{снс} = HC / HC_{фон}, \quad (6)$$

где $HC_{фон}$ – содержание непрочно связанных соединений элемента в почве, принятой за фоновый аналог загрязненной почвы.

Выявленная взаимосвязь между аккумуляцией металлов в растениях и их подвижностью в почвах явилась основанием для того, чтобы модифицировать суммарный индекс загрязнения почв, предложенный Ю. Е. Саетом (Геохимия..., 1990), а именно коэффициент концентрации элемента в почве предложено находить не по общему содержанию элемента в почве, а по содержанию HC .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемые способы оценки состояния ТМ в почве могут служить важным критерием индикации степени загрязненности почв и возможной миграции металлов в сопредельные среды.

Техногенный прессинг на почву ослабляет ее защитные возможности по отношению к загрязняющим веществам. Это находит отражение в предложенных показателях: в условиях аэротехногенного загрязнения увеличивается показатель K_p , а коэффициенты $K_{Знс}$, $K_{Ннс}$ и $RF_{пс}$ снижаются (Минкина и др., 2011).

Загрязнение чернозёма обыкновенного в условиях полевого опыта ацетатом цинка привело к увеличению показателя K_p и снижению $K_{Знс}$, $K_{Ннс}$ и $RF_{пс}$ (таблица). Обратная закономерность в изменении данных показателей установлена при внесении мелиорантов, способствовавших прочному закреплению металла в почве.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Таким образом, разработанная система показателей экологического состояния почв, подвергающихся техногенному воздействию, основанная на групповом составе соединений металлов, позволяет объективно оценить степень загрязнения почв и защитные возможности системы почва – растения.

Показатели экологического состояния почв
модельного эксперимента, основанные
на групповом составе соединений цинка в почвах

Варианты	Кп	КЗнс, %	RFпс, %
Без внесения	0.1	87	89
Цинк (10000 мг/кг)	6.1	14	22
Цинк + 25 т/га СаСО ₃	0.7	59	54
Цинк + 20 т/га глауконита	0.9	53	60

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-05-33078_мол_а_вед).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Брукс Р. Р.* Биологические методы поисков полезных ископаемых / пер. с англ. М. : Недра, 1996. 201 с.
- Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
- Карпунин А. И., Бушуев Н. Н.* Влияние применения удобрений на содержание тяжелых металлов в почвах длительных полевых опытов // *Агрохимия*. 2007. № 5. С. 76 – 84.
- Минкина Т. М., Мотузова Г. В., Назаренко О. Г., Крыщенко В. С., Манджиева С. С.* Комбинированный прием фракционирования почвенных соединений металлов и его информативность // *Почвоведение*. 2008. № 11. С. 40 – 49.
- Минкина Т. М., Назаренко О. Г., Мотузова Г. В., Манджиева С. С., Бурачевская М. В.* Групповой состав соединений тяжелых металлов в почвах агроценозов, загрязненных аэрозольными выбросами Новочеркасской ГРЭС // *Агрохимия*. 2011. № 6. С. 68 – 77.
- Knox A. S., Seaman J., Adriano D. C., Pierzynski G.* Chemophytostabilization of metals in contaminated soils // *Bioremediation of contaminated soil* / eds. D. L. Wise, D. J. Trantolo, E. J. Cichon, H. I. Inyang, U. Stottmeister. New York ; Basel : Marcel Dekker Inc., 2000. P. 811 – 836.