

МИГРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Особенно большое значение имеет профильная миграция загрязняющих веществ, которая наиболее интенсивно протекает весной, осенью и летом при выпадении большого количества осадков, когда имеют место интенсивные нисходящие потоки почвенной влаги. Миграцию тяжелых металлов ограничивают процессы осаждения их на геохимических барьерах. Изучение профильной миграции и аккумуляции тяжелых металлов показало, что металлы имеют неодинаковый характер поведения в почвах, отмечается изменение их содержания по профилю.

В статье рассматривается динамика распределения подвижных форм тяжелых металлов в различных почвах Оренбургской области, приводятся результаты определения pH в этих почвах. Разработан метод оценки интенсивности миграции тяжелых металлов по профилю черноземных и темно-каштановых почв с помощью построенных регрессионных уравнений и величины α , которая является постоянной и зависит от типа почв и химического элемента. Выявлено, что для чернозема южного по профилю происходит увеличение концентрации таких тяжелых металлов, как свинец, никель, хром, медь, кадмий, кобальт, цинк, марганец. Для чернозема неполноразвитого щебневатого наблюдается снижение профильной концентрации таких элементов, как: свинец, никель, медь и кобальт. Темно-каштановая почва: происходит увеличение концентрации свинца по профилю почвы и снижение цинка по профилю. Для чернозема типичного по профилю происходит уменьшение концентрации цинка. Для чернозема обыкновенного наблюдается снижение концентрации марганца по профилю почвы.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, биогеоценозы, уравнения регрессии, миграционная способность.

Необходимость изучения подвижных форм тяжелых металлов обусловлена их высокой миграционной активностью и способностью аккумулироваться в биообъектах. В качестве объекта исследований были взяты следующие почвы Оренбургской области: черноземы: южные, типичные, обыкновенные, неполноразвитые щебневатые и темно-каштановая почва целины и агроценоза, а также взяты пробы растений на тех же участках, что и пробы почв. Почвенные и растительные образцы со всех участков подвергались лабораторным анализам на содержание подвижных форм тяжелых металлов. Изучение профильной миграции и аккумуляции тяжелых металлов показало, что металлы имеют неодинаковый характер поведения в почвах, было отмечено изменение их содержания по профилю.

Для меди и марганца наблюдается уменьшение их концентрации в почвах с меньшим pH. Соединения меди очень отзывчивы на реакцию среды. Наибольшее содержание меди в агроценозах и целине приходится для темно-каштановых почв 0,46 мг/кг. Для кобальта наименьшая концентрация отмечена в черноземах типичном и обыкновенном. Повышение pH уменьшает доступность кобальта растениям в связи с малой растворимостью его в нейтраль-

ной и щелочной среде. В черноземе типичном с pH=6,3 содержание подвижного цинка несколько выше, чем в других обследованных почвах. Для никеля характерна наиболее высокое содержание в почвах с щелочной средой (pH=7,8). Так максимальное содержание никеля отмечено в темно-каштановой почве. Наименьшее содержание свинца отмечено в черноземе обыкновенном (1,3 мг/кг), (pH=7,2), при этом наблюдается максимальное его содержание в черноземах южном и неполноразвитом щебневатом при pH=8,5–8,9. Содержание кадмия увеличивается в черноземе южном и темно-каштановых почвах с щелочной средой pH=7,8–8,5. Максимальное содержание хрома отмечено в черноземе неполноразвитом щебневатом имеющего щелочную среду. Наименьшее содержание мышьяка наблюдается в черноземе южном. Содержание ртути во всех рассматриваемых почвах в агроценозах и на целине, довольно равномерно, т. к. он менее чувствителен к изменению химического состава почв [1].

Для оценки динамики концентрации тяжелых металлов по почвенному профилю (табл. 1), нами были получены, эмпирическим путем, уравнения регрессии экспоненциального вида:

$$C = C_0 \cdot e^{-\alpha x}, \quad (1)$$

где C_0 – концентрация подвижных форм тяжелых металлов на поверхности, мг/кг; α – показатель экспоненты, характеризующий интенсивность миграции по профилю и зависит от физико-химических свойств почв; x – мощность почвенного профиля, см [2].

Данное уравнение позволяет оценить миграционную способность тяжелого металла по величине показателя α . Как показывают данные, представленные в таблице 1, видно, что подвижность тяжелых металлов в разных типах почв по профилю не одинакова.

Цинк. Концентрация цинка по почвенному профилю незначительно уменьшается в черноземе типичном ($\alpha=-0,187$), в черноземе неполноразвитом щебневатом ($\alpha=-0,15$) и в темно-каштановой почве ($\alpha=-0,119$) и увеличивается в черноземе южном ($\alpha=0,108$). Уравнения регрессии, характеризующие изменение концентрации с глубиной: $C(x)=1,414 \cdot \exp(0,018 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=1,907 \cdot \exp(-0,187 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=1,295 \cdot \exp(-0,119 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,695 \cdot \exp(0,108 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=1,646 \cdot \exp(-0,15 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Марганец. Отмечается общее снижение концентрации марганца с глубиной во всех обследованных почвах (α от $-0,015$ до $-0,368$), кроме чернозема южного ($\alpha=0,162$), в котором максимальная концентрация марганца обнаружена на глубине 30–40 см (72,7 мг/кг). Динамику содержания марганца по почвенному профилю отражают следующие уравнения регрессии: $C(x)=23,611 \cdot \exp(-0,368 \cdot x)$ чернозем обыкно-

венный; $C(x)=50,854 \cdot \exp(-0,308 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=18,787 \cdot \exp(-0,095 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=17,393 \cdot \exp(0,162 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=12,796 \cdot \exp(-0,015 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Мышьяк. Содержание мышьяка для всех обследованных почвах варьирует от 5,0 мг/кг до 6,6 мг/кг по профилю. В пахотном горизонте максимальное содержание мышьяка отмечено в темно-каштановой почве (6,4 мг/кг). $C(x)=5,526 \cdot \exp(-0,006 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=5,681 \cdot \exp(-0,007 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=6,492 \cdot \exp(-4,225 \cdot 10^{-4} \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=5,476 \cdot \exp(-0,008 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=5,83 \cdot \exp(0,014 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Медь. Отмечен статистически значимый рост содержания меди по профилю в темно-каштановой почве ($\alpha=0,055$) и черноземе южном ($\alpha=0,099$) до глубины 50 см. При этом минимум концентрации приходится на глубине 5–20 см. В черноземе обыкновенном ($\alpha=0,023$), в черноземе неполноразвитом щебневатом ($\alpha=0,049$) и черноземе типичном ($\alpha=0,021$) отмечается незначительное изменение концентрации меди по профилю. Максимальные концентрации меди в пахотном горизонте отмечаются в темно-каштановой почве (1,5 мг/кг). $C(x)=0,261 \cdot \exp(0,023 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=0,314 \cdot \exp(-0,021 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=0,382 \cdot \exp(0,055 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,247 \cdot \exp(0,099 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=0,406 \cdot \exp(-0,049 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Таблица 1. Коэффициенты уравнений регрессии $c = C_0 \cdot e^{\alpha x}$

Элементы	Почва									
	Чернозем южный		чернозем типичный		чернозем обыкновенный		темно-каштановая		чернозем неполноразвитый щебневатый	
	C_0	α	C_0	α	C_0	α	C_0	α	C_0	α
Pb	1,398	0,17	1,2	0,028	1,729	0,02	1,396	0,155	3,329	-0,105
Ni	0,699	0,199	0,989	0,006	1,012	-0,002	1,182	0,181	1,459	-0,027
Cr	0,921	0,026	0,957	0,004	1,022	0,012	0,941	0,004	1,182	0,018
Cu	0,247	0,099	0,261	0,023	0,314	-0,021	0,382	0,055	0,406	-0,049
Cd	0,077	0,177	0,077	0,056	0,098	-0,005	0,112	0,08	0,099	0,021
Co	0,07	0,227	0,084	0,044	0,068	0,027	0,233	0,041	0,358	-0,085
Hg	0,025	-0,099	0,022	0,035	0,025	0,025	0,038	-0,112	0,017	0,02
Zn	0,695	0,108	1,414	0,018	1,907	-0,187	1,295	-0,119	-0,15	-0,15
Mn	17,393	0,162	23,611	-0,368	50,854	-0,308	18,787	-0,095	-0,015	-0,015
As	5,476	-0,008	5,526	-0,006	5,681	-0,007	16,492	-4,225 · 10 ⁻⁴	0,014	0,014

Кадмий. Отмечено увеличение содержания кадмия по профилю в черноземе южном ($\alpha=0,177$) и темно-каштановой почве ($\alpha=0,08$). Уравнения регрессии: $C(x)=0,077 \cdot \exp(0,056 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=0,098 \cdot \exp(-0,005 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=0,112 \cdot \exp(0,08 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,077 \cdot \exp(0,177 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=0,099 \cdot \exp(0,021 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Кобальт. Содержание кобальта в почвенном профиле варьирует от 0,08 мг/кг в черноземе обыкновенном ($\alpha=0,044$) до 0,35 мг/кг в черноземе южном ($\alpha=0,227$). В остальных обследованных почвах концентрация кобальта или снижается (чернозем неполноразвитый щебневатый ($\alpha=-0,085$)) или незначительно меняется. Уравнения регрессии: $C(x)=0,084 \cdot \exp(0,044 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=0,086 \cdot \exp(0,027 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=0,233 \cdot \exp(0,041 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,07 \cdot \exp(0,227 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=0,358 \cdot \exp(-0,085 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Ртуть. Содержание ртути во всех обследованных почвах по профилю варьирует от 0,01 до 0,04 мг/кг. Уравнения регрессии: $C(x)=0,022 \cdot \exp(0,035 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=0,025 \cdot \exp(0,025 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=0,38 \cdot \exp(-0,112 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,025 \cdot \exp(-0,099 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=0,017 \cdot \exp(0,02 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Свинец. Отмечено увеличение содержания свинца по профилю в черноземе южном ($\alpha=0,17$) и темно-каштановой почве ($\alpha=0,155$) и уменьшение в черноземе неполноразвитом щебневатом ($\alpha=-0,105$). Уравнения регрессии: $C(x)=1,2 \cdot \exp(0,028 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=1,729 \cdot \exp(0,02 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=1,396 \cdot \exp(0,115 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=1,398 \cdot \exp(0,17 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=3,329 \cdot \exp(-0,105 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Никель. Концентрация никеля по профилю увеличивается в черноземе южном ($\alpha=0,199$) и темно-каштановой почве ($\alpha=0,181$). Максимальное значение 2,5 мг/кг отмечено на глубине 40–50 см в черноземе южном при концентрации в профиле 0–5 см равной 1,05 мг/кг. Уравнения регрессии: $C(x)=0,989 \cdot \exp(0,06 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=1,012 \cdot \exp(-0,02 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=1,182 \cdot \exp(0,081 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,699 \cdot \exp(0,199 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=1,459 \cdot \exp(-0,027 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

Хром. Содержание хрома в профиле варьирует от 0,92 до 1,35 мг/кг по всем обследованным почвам. Уравнения регрессии: $C(x)=0,957 \cdot \exp(0,004 \cdot x)$ чернозем обыкновенный; $C(x)=1,022 \cdot \exp(0,012 \cdot x)$ чернозем типичный; $C(x)=0,941 \cdot \exp(0,004 \cdot x)$ темно-каштановая почва; $C(x)=0,921 \cdot \exp(0,026 \cdot x)$ чернозем южный; $C(x)=1,182 \cdot \exp(0,018 \cdot x)$ чернозем неполноразвитый щебневатый.

22.09.2015

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – Оренбургская область №14-05-97004

Список литературы:

1. Горшенина Е.Л., Рахимова Н.Н. Распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах Оренбургской области. Материалы научной конференции по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – Томск, 2008. – С. 111-1114.
2. Ефремов И.В., Горшенина Е.Л., Пуйто Л.В. Оценка динамики концентрации тяжелых металлов по почвенному профилю. Всероссийская научно-методическая конференция с международным участием «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». – Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 125– 128.

Сведения об авторах:

Ефремов Игорь Владимирович, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук, доцент
Горшенина Екатерина Леонидовна, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент
Рахимова Наталья Николаевна, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук
Хисматуллин Шаукат Шагидуллиевич, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: 372-541, e-mail: bgd@mail.osu.ru