

Аккумуляция ионов свинца дождевыми червями в суглинистых почвах Южного Казахстана

А.У. Исаева, д.б.н., профессор, Южно-Казахстанский ГУ

Проблема загрязнения почвенных ресурсов различными ксенобиотиками остаётся одной из ведущих для большинства индустриальных стран. Актуальным вопросом является загрязнение почв ионами тяжёлых металлов, которые попадают в окружающую среду в районах добычи и переработки металлосодержащего сырья, с выбросами ТЭЦ и автотранспорта. Появление техногенно загрязнённых районов на юге Казахстана связано с последствиями бурно развивающейся горно-металлургической отрасли во второй половине прошлого века. По антропогенному воздействию на окружающую среду Южно-Казахстанская область (ЮКО) была на первом месте по республике. АО «Южполиметалл» был самым большим предприятием по переработке полиметаллического и

свинцово-цинкового сырья. В процессе переработки отходы занимали всё больше места, пока не превратилась в экологическую проблему региона. В свою очередь, процессы урбанизации привели к тому, что место складирования отходов оказалось в черте города Шымкента. По результатам исследования было определено, что самое загрязнённое место располагается на расстоянии 1500 м на северо-запад от АО «Южполиметалл». В исследованных пяти районах г. Шымкента количество свинца в среднем колебалось в пределах 135,4–2345,6 мг/кг, или 4,2–73,5 ПДК [1]. По результатам химического анализа концентрация свинца на глубине 10 см составила $14496,5 \pm 567,3$ мг/кг, или $453,3 \pm 34,7$ ПДК. На расстоянии 2000 м от террикона концентрация свинца составила $96,6 \pm 8,4$ мг/кг, или $3,0 \pm 0,1$ ПДК. Известно, что тяжёлые металлы представляют серьёзную угрозу для всех звеньев экосистемы из-за их

аккумулирующего эффекта и недеградабельности [2]. С другой стороны, дождевые черви являются одним из компонентов почвенной экосистемы и играют серьёзную роль в трансформации химических элементов [3]. Вследствие переработки органических субстратов люмбрикофауна формирует доступные формы биогенных элементов в почве, тем самым способствуя созданию благоприятных условий для жизнедеятельности почвенного биоценоза [4]. Известен ряд исследований, посвящённых изучению влияния тяжёлых металлов на дождевых червей [5, 6]. Установлена роль дождевых червей в аккумуляции меди, свинца и цинка из загрязнённых почв тропических лесов [7].

Целью данного исследования было изучение аккумуляции ионов свинца аборигенным видом дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* из суглинистых серозёмов юга Казахстана.

Материал и методы исследования. В лабораторных опытах был использован суглинистый серозём, распространённый на территории Южного Казахстана. Содержание в этих почвах гумуса – 1,6–1,8%, общего азота N (по Кьельдалю) – 0,146%, подвижного P₂O₅ – 38 мг/кг почвы. Отбор и подготовка проб почвы осуществлялась согласно ГОСТу 17.4.4.02-84. В модельных экспериментах использовалась нативная почва с территории АО «Южполиметалл».

В качестве контроля использовалась чистая почва. В опытных вариантах использовалась почва, смешанная с листовым опадом в различных соотношениях.

Свинец, в пересчёте на ионы свинца, в опытах вносился в виде водного раствора PbSO₄. Локализация свинецсодержащих конгломератов и определение атомно-весовой доли элементов в тканях червей производились с применением электронно-растрового микроскопа Jeol JSM-2890 (Япония).

В лабораторных экспериментах использовались взрослые особи аборигенных дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* в количестве 100 экз. на вариант.

Биомассу червей определяли взвешиванием их на весах ScoutPro.

При проведении лабораторных экспериментов почвы предварительно просеивались и смешивались с листовым опадом соответственно схеме опыта (табл. 1). Опыты были поставлены в пластиковых ёмкостях объёмом 5 л, в которые помещалось по 3 кг почвенной смеси, в которые вносились ионы свинца в количестве 635,0 мг/кг в виде водного раствора PbSO₄.

Продолжительность эксперимента составляла 60 сут. при температуре +22–24°C.

При проведении опыта, моделирующего естественные условия, была использована нативная почва, отобранная с территории АО «Южполиметалл», содержащая 287 мг/кг Pb⁺². Дождевые черви в почву вносились вместе с 50,0% листовым опадом. В контрольном варианте листовый опад не вносился. Продолжительность эксперимента составляла 14 сут. при температуре +22–24°C.

1. Схема опыта

Вариант	Суглинистый серозём	Pb ²⁺	Листовой опад	Черви
Контроль а	+	+	–	–
Контроль б	+	+	10%	–
Контроль в	+	+	30%	–
Контроль г	+	+	50%	–
Опыт а ₁	+	+	–	+
Опыт б ₁	+	+	10%	+
Опыт в ₁	+	+	30%	+
Опыт г ₁	+	+	50%	+

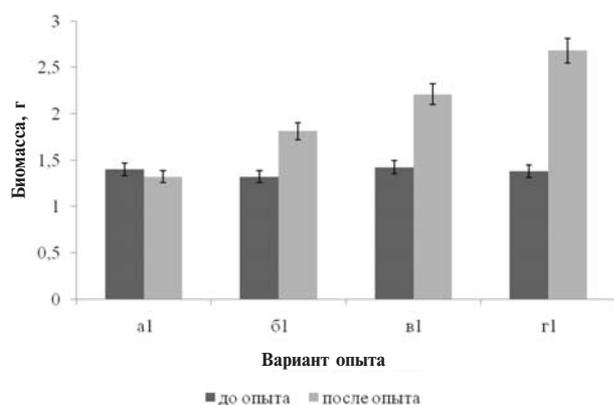


Рис. 1 – Изменение биомассы дождевых червей в зависимости от количества внесённого листового опада

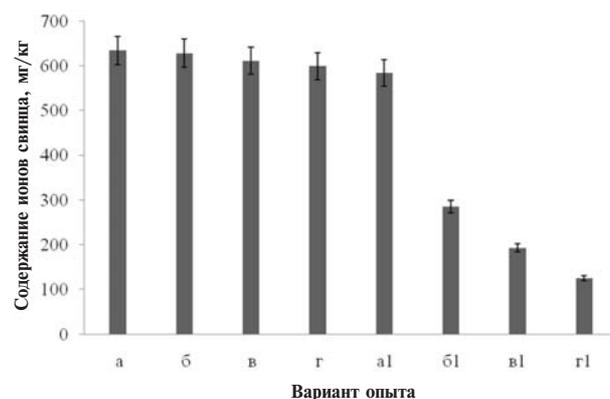


Рис. 2 – Влияние состава почвенной смеси и люмбрикофауны на снижение содержания ионов свинца в почве

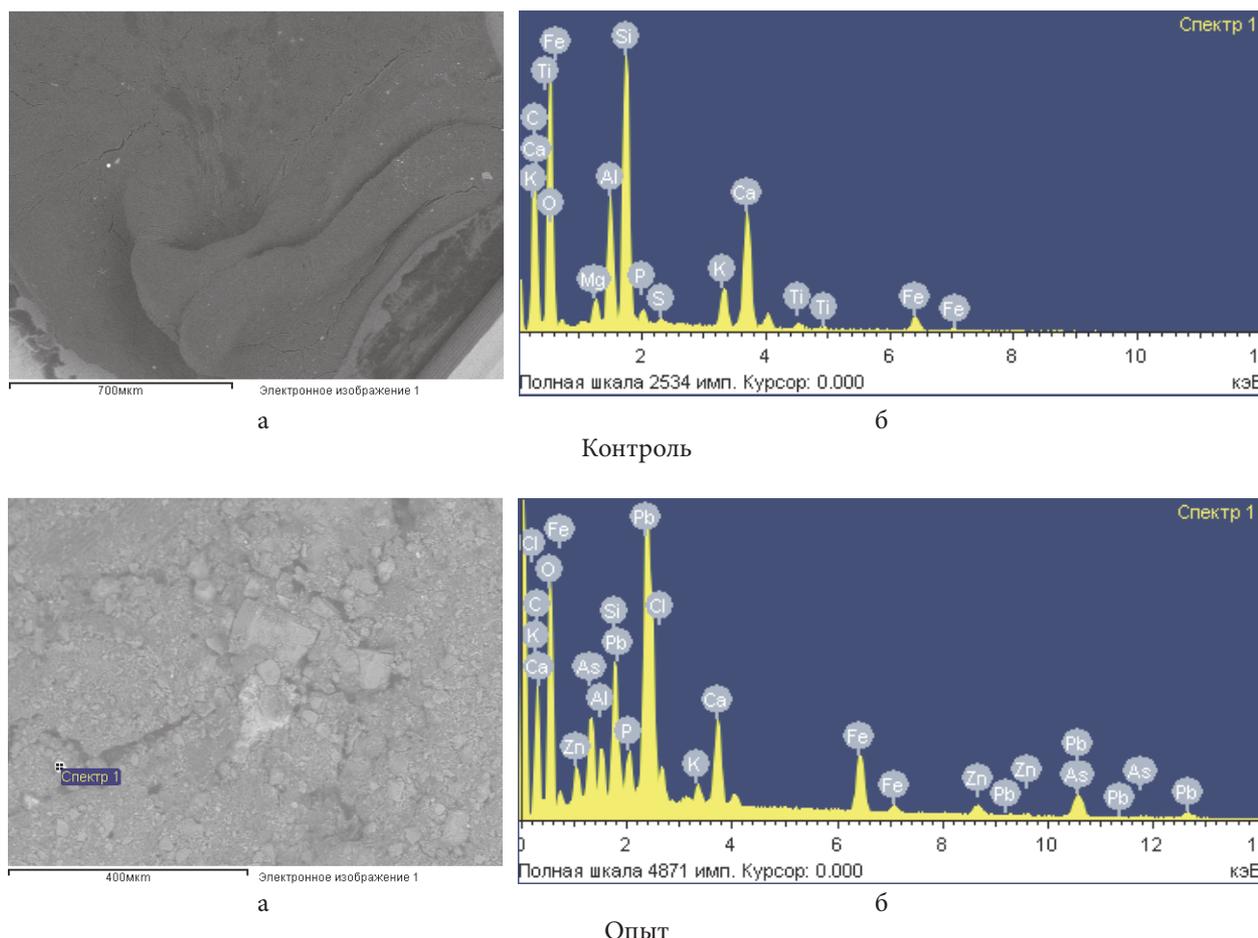


Рис. 3 – Электронный снимок (а) и ИК-спектрограмма (б) гистологических срезов дождевых червей контрольного и опытного вариантов

Статистическую обработку полученных результатов проводили вычислением среднего арифметического значения и величины стандартного отклонения. Все определения проводились в 3- и 5-кратной повторностях. Данные обрабатывались с помощью персонального компьютера IBM «Pentium» на базе пакетов прикладных программ «Excel» [8].

Результаты исследования. В результате проведённых лабораторных экспериментов было выявлено, что лиственный опад во всех опытных вариантах был полностью переработан в гумус, а биомасса дождевых червей в варианте б₁ увеличилась на 38,1±0,3%, в варианте в₁ – на 55,6±0,5%, в варианте г₁ – на 94,2±0,7%, в соответствии с рисунком 1. В варианте а₁ биомасса червей снизилась на 5,8±0,5%, что объяснимо отсутствием источника питания в среде. Результаты химических анализов показали максимальное снижение содержания ионов свинца в почве варианта г₁, составившее 80,3±7,8% (рис. 2). При этом выявлено, что введение дождевых червей в чистую почву без листового опада в варианте а₁, загрязнённую ионами свинца, снижает содержание ионов свинца только на 8,0±0,8%.

В модельном эксперименте с почвосмесью из нативной почвы территории АО «Южполиметалл» и листового опада было установлено, что содержание

ионов свинца после введения дождевых червей снижается в среднем на 21,17±2,0%. Результаты электронно-растрового микрофотографирования и ИКС-анализа показали наличие свинецсодержащих конгломератов в тканях червей (рис. 3).

Было установлено, что за 14 сут. эксперимента дождевые черви аккумулируют в своих тканях от 19,35 до 22,99% ионов свинца (табл. 2).

По результатам анализов элементного состава выявлено, что помимо ионов свинца в тканях дождевых червей аккумулируются ионы цинка, железа и мышьяка, что делает представителей люмбрикофауны перспективным объектом для биорекультивационных и экологических целей.

Таким образом, на основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

- введение дождевых червей в почвосмесь из суглинистого серозёма и листового опада в соотношении 1:1, загрязнённого ионами свинца в количестве 635,0 мг/кг, способствует снижению содержания свинца на 80,3±7,8%;

- выявлено, что дождевые черви аккумулируют в своих тканях от 19,35 до 22,99% ионов свинца. При этом установлено, что токсичный металл из загрязнённых почв накапливается в виде свинецсодержащих конгломератов в тканях червей;

2. Весовая доля элементов в тканях дождевых червей контрольного и опытного вариантов, %

Вариант	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe	Cl	As	Zn	Pb
Контрольный	0,79	3,49	7,20	0,51	0,14	1,59	5,24	0,40	1,72	0	0	0	0
Опытный	0	1,32	3,19	1,34	0	0,68	3,56	0	5,97	0,88	4,39	2,36	22,99

– дождевые черви способны к аккумуляции ионов цинка, железа и мышьяка, что делает их перспективным объектом для экобиотехнологических целей.

Литература

1. Бишимбаев В.К., Исаева А.У., Ешибаев А.У. Роль сосудистых растений в биоиндикации и биоремедиации техногенно загрязнённых почв и вод в аридных условиях юга Казахстана. Шымкент: Нурлы бейне, 2010. 368 с.
2. Duruibe J.O, Oguwuegbu, M.O.C, Egwurugwu J.N. Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects // Int. J. Physical Sic., 2007. № 2(5). P. 112–118.
3. Nahmani J., Lavelle P. Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France // European Journal of Soil Biology. 2002. № 38. P. 297–300.
4. Nwuche C.O., Ugoji E.O. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. //Int. J.Environ. Sci. Tech. 2008. № 5 (3). P. 409–414.
5. Kennette D., Hendershot W., Tomlin A., Sauve S. Uptake of trace metals by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. in urban contaminated soils // Applied Soil Ecology. 2002. № 19. P. 191–198.
6. Bangbose O., Odukoya O.O., Arowolo T.O.A. Earthworms bioindicators of metal pollutions in dumpsite of Abeokuta city, Nigeria // Rev. boil trop. 2000. № 48 (1). P. 1–7.
7. Agbaire P.O., Emoyan O.O. Bioaccumulation of heavy metals by earthworm (*Lumbricus terrestris*) and associated soils in domestic dumpsite in Abraka, Delta state, Nigeria // International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2012. Vol. 2, Issue 3. P. 204–209.
8. Schabenberger O., Pierce F.J. Contemporary statistical models for the plant and soil. Sciences: CRC Press, Boca Raton, 2002. 442 p.