



УДК 631.416  
<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.37.101>

## **Изменение фракционного состава тяжёлых металлов при моноэлементном загрязнении аллювиальных почв**

С. Б. Сосорова, Э. Г. Цыремпилов

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*  
E-mail: [soelma\\_sosorova@mail.ru](mailto:soelma_sosorova@mail.ru)

**Аннотация.** На основе схемы последовательного химического фракционирования изучены формы соединений Cd, Pb и Zn в аллювиальных почвах юго-западной части Республики Бурятия. Описаны динамика и причины изменений соотношения форм соединений тяжёлых металлов, наблюдаемых при модельном загрязнении изученных типов почв.

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, фракции, кадмий, свинец, цинк, загрязнение.

**Для цитирования:** Сосорова С. Б., Цыремпилов Э. Г. Изменение фракционного состава тяжёлых металлов при моноэлементном загрязнении аллювиальных почв // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2021. Т. 37. С. 101–110. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.37.101>

### ***Введение***

Показателями состояния химических элементов в почвах служат содержание и соотношение их соединений. Изучение состава соединений тяжёлых металлов (ТМ) в почвах имеет важное значение для исследования закономерностей загрязнения последних, механизмов закрепления ионов ТМ почвенными компонентами, возможностей миграции в другие компоненты биосферы [Панин, Калентьева, 2009].

Техногенное загрязнение почв ТМ сопровождается поступлением в них различных по свойствам соединений. Среди них можно выделить две группы, отличающиеся по растворимости: легкорастворимые соединения, представленные, прежде всего, солями минеральных кислот, и труднорастворимые, в основном представленные оксидами.

Оксиды и соли металлов, попавшие в почву, вероятно, представляют различную потенциальную опасность для окружающей среды и живых организмов. Можно предположить, что при загрязнении оксидами доля подвижных соединений ТМ в почве будет меньше, чем при попадании ТМ в форме легкорастворимых солей, которые сразу включаются в химические реакции и взаимодействуют с почвенными компонентами [Ладонин, Карпухин, 2011].

Ряд выполненных за последние десятилетия исследований разработывают перспективное направление, позволяющее в модельных экспериментах изучать поведение ТМ в почвах после их внесения в виде легкорастворимых соединений [Климова, 2003; Панин, Кушнарёва, 2007; Ладонин, Карпухин, 2011; Калентьева, Панин, 2011; Аккумуляция меди и ... , 2013]. Подход позволяет описать особенности закрепления в почвах разных химических форм

ТМ и оценить роль взаимодействующих с ними различных почвенных компонентов в условиях полиэлементного и моноэлементного загрязнения.

Актуальность таких работ растёт в связи с необходимостью получения адекватной оценки сегодняшнего состояния загрязнённых почв, прогноза их изменения, поиска путей их улучшения [Карпухин, 2009].

Целью настоящего исследования явилось изучение изменений фракционного состава тяжёлых металлов, возникающих при экспериментальном моноэлементном загрязнении ими аллювиальных почв юго-западной части Республики Бурятия.

### ***Материалы и методы***

Исследованы образцы верхних горизонтов широко распространённых и имеющих особое сельскохозяйственное значение почв юго-западной части Республики Бурятия: аллювиальной тёмногумусовой постагрогенной (Закаменский район, N50°40'25", E103°27'22") и аллювиальной дерновой (Иволгинский район, N51°78'46", E107°47'77"). Образцы почв отбирали на участках, не подверженных выраженному техногенному воздействию.

В образцах определяли содержание гумуса по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием, рН водной суспензии потенциометрическим методом со стеклянным электродом, содержание обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Валовое содержание ТМ определяли с использованием атомно-эмиссионного метода (КХА ICP-анализ) на оптико-эмиссионном спектрометре SPECTRO ARCOS (Spectro Analytical Instruments GmbH, Германия) согласно методикам<sup>1</sup>.

Исследованию подвергали также пробы искусственно загрязнённых в лабораторных условиях почв. Для моделирования моноэлементного загрязнения 1 ммоль/кг нитрата свинца в виде водного раствора вносили в предварительно пропущенную через сито с отверстиями 1 мм почву в соотношении почва – раствор 1:10. Время взаимодействия загрязнителя с почвой составляло 24 ч. После почву высушивали до воздушно-сухого состояния и выделяли формы ТМ методом последовательной экстракции одной навески почвы. Содержание ТМ в полученных вытяжках определяли с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра AA-7000 (Shimadzu, Япония).

Данные о содержании разных форм ТМ получены с использованием методики химического фракционирования по схеме Тессьера, модифицированной С. Е. Цыплаковым с соавторами [Ступенчатая десорбция ... , 2010] и включающей пять последовательных этапов.

### ***Результаты и обсуждение***

Полученные в результате анализов основные характеристики исследованных почвенных образцов приведены в таблице.

В ходе исследования фракционного состава соединений ТМ определены процентные доли выделенных фракций ТМ в образцах изучаемых аллювиальных почв (рис. 1–3).

---

<sup>1</sup> ПНД Ф 16.1:2.3.:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 2005. 28 с.

Таблица

Агрохимические свойства исследованных аллювиальных почв юго-запада Республики Бурятия и валовое содержание в них тяжёлых металлов

Почва	Разрез, горизонт	Глубина, см	pH <sub>вод</sub>	Гумус, %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cd	Pb	Zn
					мг/экв на 100 г			мг/кг	
АД пахотная	1И-18, А <sub>пах</sub>	0-25(45)	7,2	1,51	9,6	14,4	<0,5	18,1	66,4
	А <sub>пах</sub> В	25(45)-60	7,1	0,43	4,2	6,3	<0,5	20,9	22,6
АД целинная	2И-18, А	0-15	7,5	1,08	11,8	11,8	<0,5	22,3	47,2
	В	15-26(29)	7,6	0,20	6,2	4,1	<0,5	19,2	20,3
АТ	АU <sub>ра</sub>	0-21(24)	5,9	3,95	13,5	12,2	0,8	18,3	79,3

Примечание: АД – аллювиальная дерновая, АТ – аллювиальная тёмногумусовая.

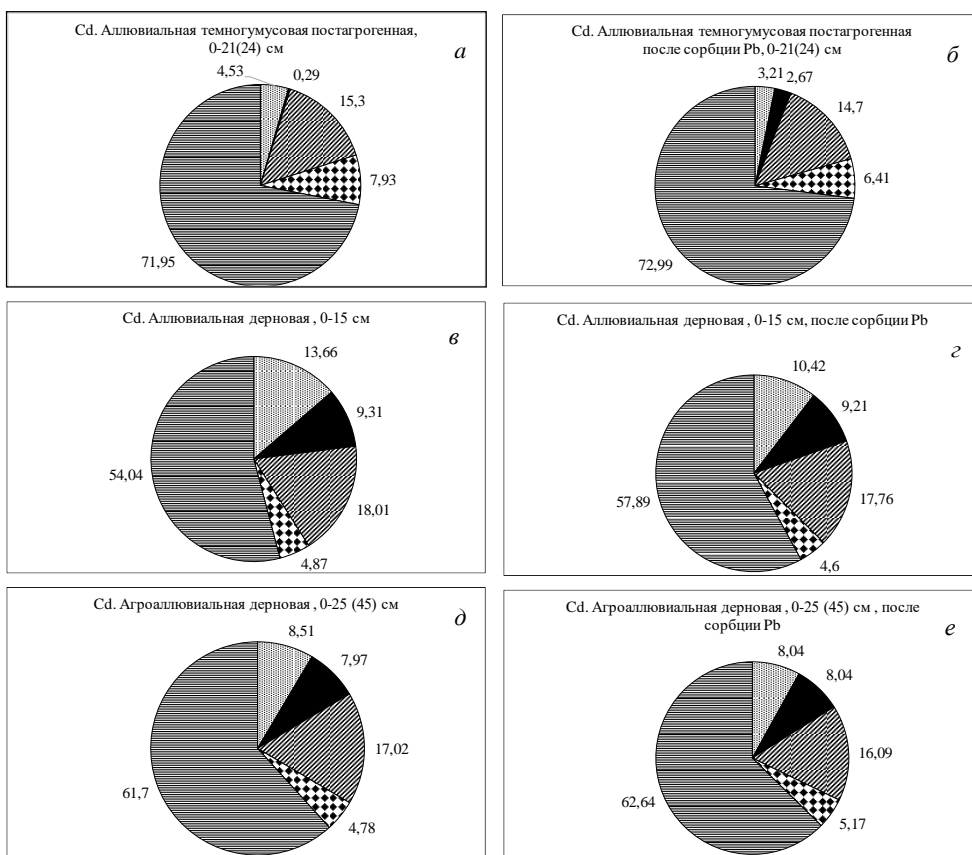


Рис. 1. Относительное (%) распределение по фракциям кадмия в исследованных аллювиальных почвах юго-запада Республики Бурятия

Примечание к рис. 1-3: – катионообменные, – физически сорбированные, – связанные с Fe, Mn, – связанные с органическим веществом, – негидролизующий остаток

Результаты фракционного анализа подтверждают отсутствие загрязнения ТМ, выявленное по данным их валового содержания в исходных почвах (см. табл.). Главной особенностью фракционного состава соединений Cd, Zn и Pb в исследуемых почвах является значительное преобладание остаточной фракции над всеми прочими, что позволяет предположить ведущую роль глинистых минералов в закреплении элементов в почве. В результате исследования установлено, что наименьшее количество подвижных форм ТМ находится в катионообменной и специфически сорбированной фракциях (см. рис. 1–3).

Как подчеркивают Д. В. Ладонин и М. М. Карпухин [2011], фракционное распределение ТМ в незагрязнённых почвах является результатом сочетания природных факторов (состава почвообразующих пород и особенностей почвообразовательных процессов) и химических свойств элементов, определяющих их сродство к различным почвенным компонентам. По их мнению, преобладание остаточной фракции над остальными, при одновременном низком содержании первых двух, наименее прочно связанных с почвой фракций ТМ, подтверждает отсутствие в исходных почвах существенного количества ТМ техногенного происхождения.

Слабощелочное значение рН аллювиальных дерновых почв приводит к снижению подвижности кадмия и, как следствие, к увеличению содержания его катионообменных форм. Кадмий характеризуется невысоким значением константы устойчивости его гуминовых и фульватных комплексов ( $\lg K$  3,02–4,7) [Исидоров, 1999], а также сильным взаимодействием его соединений с оксидами и аморфными соединениями железа, алюминия и марганца [Ступенчатая десорбция ... , 2010], что подтверждается полученными экспериментальными данными по содержанию соответствующих форм. Наибольшее количество кадмия входит в состав негидролизующих комплексов (см. рис. 1, *a–e*).

В аллювиальной темногумусовой постагрогенной почве (см. рис. 1, *a, б*), где реакция среды слабокислая и содержание органического вещества выше, наблюдали несколько иное соотношение фракции кадмия по сравнению с аллювиальной дерновой: меньше доли катионообменной, специфически сорбированной, связанной с оксидами Fe, Mn, и больше доли, связанной с органическим веществом и негидролизующим остатком.

При насыщении почвы свинцом в верхнем гумусовом горизонте выявлено незначительное уменьшение катионообменной, физически сорбированной и увеличение остаточной фракции кадмия. В нижних иллювиальных горизонтах незначительно увеличивается доля катионообменной, связанной с оксидами Fe, Mn, и уменьшение остаточной фракции кадмия.

Суммарное содержание извлеченного свинца из незагрязнённых почв изменяется в диапазоне 16,9–20,5 мг/кг. Наибольшее количество свинца находится в виде негидролизующего остатка или связано с оксидами железа и марганца (рис. 2, *a, в, д*).

В загрязнённых свинцом почвах суммарное содержание свинца колеблется в пределах 919,5–1162,0 мг/кг и его основная часть сорбируется физически (см. рис. 2, *б, з, е*).

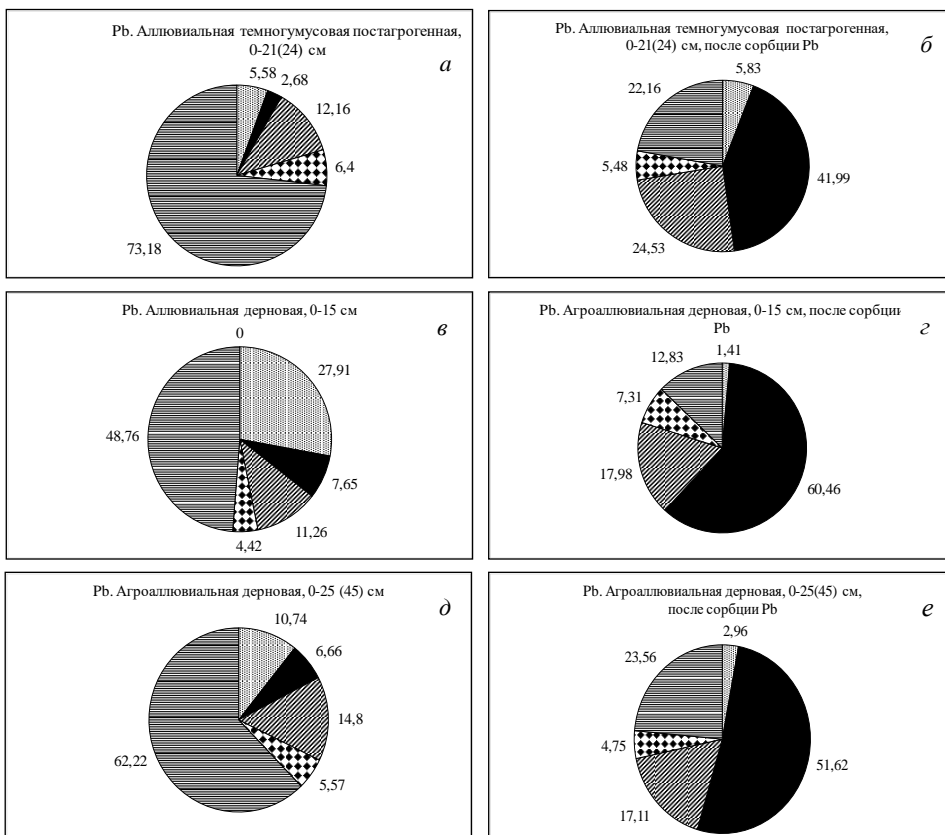


Рис. 2. Относительное (%) распределение по фракциям свинца в исследованных аллювиальных почвах юго-запада Республики Бурятия

Увеличение общего содержания свинца в почве сопровождалось уменьшением прочности связи Рв с почвенными компонентами. Следует отметить, что при поглощении почвой свинца увеличиваются абсолютные значения всех его фракций, однако наблюдается относительное уменьшение катионообменной и негидролизуемой фракций.

Ряд исследователей отмечают, что в процессе загрязнения почвы исходное соотношение форм соединений элемента меняется [Никифорова, Кошелева, 2009; Калентьева, 2013]. Например, в антропогенно загрязнённых дерново-подзолистых почвах Москвы и Подмосковья выявлено повышение содержания свинца во всех фракциях, за исключением той, которая связана с гидроксидами Fe, Mn, Al [Никифорова, Кошелева, 2009].

Е. В. Климова [2003] отмечает, что в незагрязнённой почве свинец прочно связан с минеральным и органическим компонентами почвы. При загрязнении он образует комплексные соединения с органическим веществом почвы и связывается практически полностью, почти не переходя в водную вытяжку и обменную фракцию.

Константа устойчивости фульватных комплексов свинца ( $\lg K$  6,5) выше, чем для кадмия ( $\lg K$  4,7) и цинка ( $\lg K$  5,36) [Исидоров, 1999], поэтому роль комплексообразования в фиксации данного элемента достаточно велика.

При исследовании фракционного состава ТМ в чернозёмах обыкновенных Нижнего Дона [Бурачевская, 2015] выявлено, что для незагрязнённой почвы характерно высокое содержание свинца в железистой фракции. В загрязнённых почвах роль свинца, связанного с Fe-Mn-оксидами, снижается, что свидетельствует о его преимущественном связывании органическим веществом. Суммарное содержание цинка в незагрязнённой почве изменяется в диапазоне 16,7–28,3 мг/кг. Наибольшее его количество присутствует в виде негидролизуемого остатка, а также форм, связанных с оксидами Fe, Mn (рис. 3, а, в, д). Подобное распределение отмечают Л. В. Переломов с соавторами [Тяжелые металлы ..., 2020] для аллювиальных луговых почв в зоне влияния предприятия чёрной металлургии.

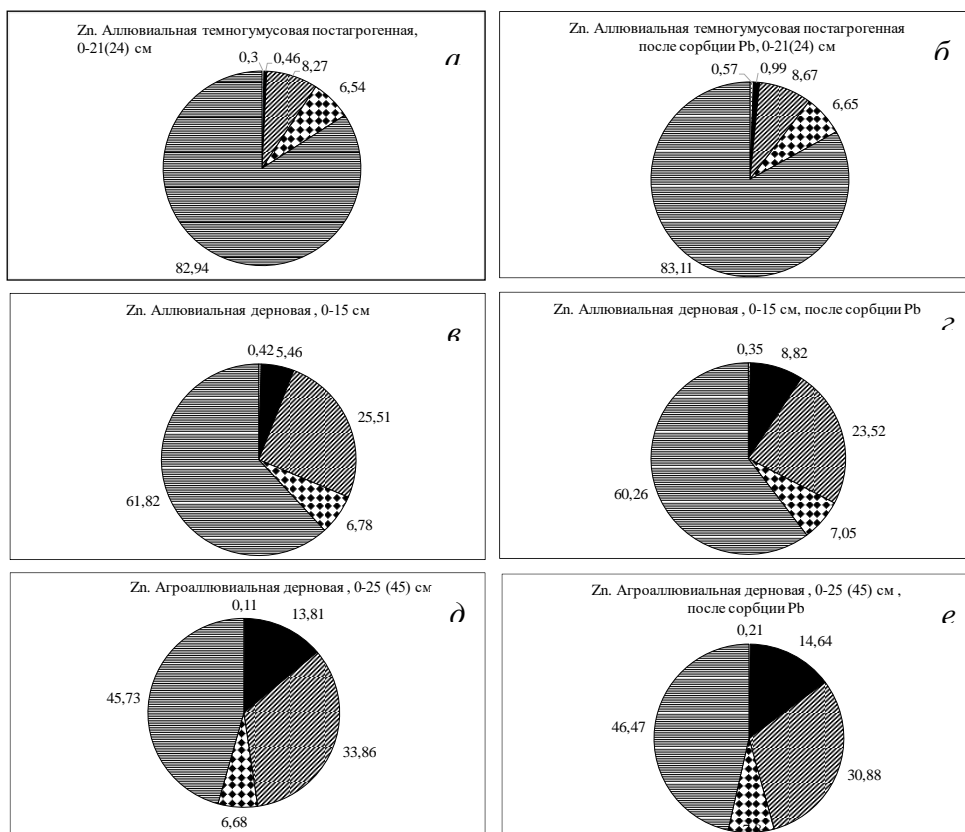


Рис. 3. Относительное (%) распределение по фракциям цинка в исследованных аллювиальных почвах юго-запада Республики Бурятия

Увеличение содержания цинка в верхнем горизонте пахотной почвы обусловлено значительным ростом его содержания в остаточной фракции. Малоподвижные соединения цинка, вероятно, образуются за счёт его взаимодействия с минералами групп монтмориллонита, аллофонов и аллофанов и в меньшей степени за счёт обменных химических реакций с карбонатами и фосфатами.

После сорбции свинца почвой суммарное содержание цинка изменяется в пределах 17,0–30,2 мг/кг и отмечается незначительное увеличение фракции катионообменной и физически сорбированной и уменьшение остаточной фракции (см. рис. 3, б, г, е), что связано с изменением подвижности его соединений. Сходный вариант увеличения подвижности цинка при свинцовом загрязнении светло-каштановой почвы отмечался в исследовании Н. В. Калентьевой и М. С. Панина [2011].

На основе модельного опыта методом последовательного фракционирования установлено, что основная доля металлов в почвах сосредоточена в кристаллических решетках первичных и вторичных минералов.

М. В. Бурачевская [2015] подчёркивает, что с ростом загрязнения ТМ накапливаются в составе компонентов собственно почвенного происхождения, в связи с чем их относительное содержание в первичных минералах уменьшается.

Соединения ТМ, поступившие в почву из техногенных источников, постепенно трансформируются и перераспределяются между теми почвенными компонентами, взаимодействии с которыми наиболее характерно для данного ТМ [Ладонин, 2016].

### ***Заключение***

Проведённые исследования подтвердили, что в незагрязнённых почвах исследуемые ТМ находятся преимущественно в прочно связанном состоянии: во фракции, связанной с Fe, Mn, и негидролизуемом остатке.

При искусственном загрязнении почв нитратом свинца в лабораторных условиях установлено, что исходное соотношение форм соединений Cd и Zn незначительно меняется: увеличивается доля фракции негидролизуемого остатка и уменьшается доля фракции, связанной с Fe, Mn. Основная часть ионов Pb сорбируется физически, наблюдается относительное уменьшение доли катионообменной и негидролизуемой фракций. Отмечено повышение подвижности ТМ, что, вероятно, связано с подкислением почв при загрязнении нитратом свинца.

*Исследование выполнено в рамках темы бюджетного проекта № 121030100228-4.*

### **Список литературы**

Аккумуляция меди и цинка в черноземе обыкновенном в форме различных соединений при техногенном загрязнении / Т. В. Бауэр, Т. М. Минкина, С. С. Манджиева, С. Н. Сушкова, В. А. Чаплыгин // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 91(07). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/80.pdf>.

Бурачевская М. В. Фракционный состав соединений тяжёлых металлов в черноземах обыкновенных Нижнего Дона : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2015. 25 с.

Исидоров В. А. Введение в химическую экотоксикологию. СПб. : Химиздат, 1999. 144 с.

Калентьева Н. В. Свинец в темно-каштановой почве в условиях моно- и полиэлементного загрязнения // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, вып. 3. С. 970–973.

Калентьева Н. В., Панин М. С. Формы соединений цинка в светло-каштановой почве при моно- и полиэлементном видах загрязнения // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 753–763.

Карпухин М. М. Трансформация и фракционный состав соединений Ni, Zn, Cu, Pb в дерново-подзолистой почве и черноземе выщелоченном в модельном эксперименте : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 21 с.

Климова Е. В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав соединений меди, цинка, кадмия и свинца в некоторых типах почв // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2003. № 4. С. 868.

Ладонин Д. В. Формы соединений тяжёлых металлов в техногенно-загрязнённых почвах : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2016. 42 с.

Ладонин Д. В., Карпухин М. М. Фракционный состав соединений никеля, меди, цинка и свинца в почвах, загрязнённых оксидами и растворимыми солями металлов // Почвоведение. 2011. № 8. С. 953–965.

Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е. Фракционный состав соединений свинца в почвах Москвы и Подмосковья // Почвоведение. 2009. № 8. С. 940–951.

Панин М. С., Калентьева Н. В. Формы соединений цинка в почвах Семипалатинского Прииртышья при полиэлементном и цинковом видах загрязнения // Сибирский экологический журнал. 2009. № 1. С. 9–16.

Панин М. С., Кушнарева А. Ю. Формы соединений цинка в темно-каштановой почве при моно- и полиэлементном загрязнении // Агрехимия. 2007. № 6. С. 68–73.

Ступенчатая десорбция различных форм тяжёлых металлов из чернозема выщелоченного / С. Е. Цыплаков, С. А. Соколова, К. Е. Стекольников, В. В. Котов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10, вып. 3. С. 339–347.

Тяжелые металлы в аллювиальных луговых почвах реки Упа в зоне индустриального воздействия / Л. В. Переломов, Д. Л. Пинский., И. В. Переломова, Ю. М. Атрощенко // Агрехимия. 2020. № 12. С. 64–70. <http://doi.org/10.31857/S0002188120120078>

## Changes in the Fractional Composition of Heavy Metals under Monoelemental Contamination of Alluvial Soils

S. B. Sosorova, E. G. Tsyrempilov

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation*

**Abstract.** The forms of Cd, Pb, and Zn compounds in alluvial soils were studied on the basis of sequential chemical fractionation according to the modified Tessier scheme. It is established that most of the studied elements are fixed in the composition of strongly bonded compounds. When lead is contaminated, the initial ratio of the forms of Cd, Zn elements changes slightly, and Pb - significantly. Their accumulation in the most mobile forms is noted. The different ability of the studied soils to fix lead is shown. It is revealed that the main mechanism of lead fixation in polluted soils is ion exchange absorption.

**Key words:** heavy metals, fractions, cadmium, lead, zinc, pollution.



**For citation:** Sosorova S.B., Tsyrempilov E.G. Changes in the Fractional Composition of Heavy Metals under Monoelemental Contamination of Alluvial Soils. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2021, vol. 37, pp. 101-110. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.37.101> (in Russian)

### References

Bauer T.V., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N., Chaplygin V.A. Akkumul'yatsiya medi i tsinka v chernozeme obyknovennom v forme razlichnykh soedinenii pri tekhnogennom zagryaznenii [Accumulation of copper and zinc in ordinary chernozem in the form of various compounds under technogenic pollution]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Sci. J. Kuban' St. Agric. Univ.], 2013, no. 91(07). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/80.pdf>. (in Russian)

Burachevskaya M.V. *Fraktsionnyi sostav soedinenii tyazhelykh metallov v chernozemakh obyknovennykh Nizhnego Dona* [Fractional composition of heavy metal compounds in ordinary chernozems of the Lower Don: Candidate in Biology dissertation abstract]. Voronezh, Voronezh St. Univ., 2015, 25 p. (in Russian)

Isidorov V.A. *Vvedenie v khimicheskuyu ekotoksikologiyu* [Introduction to chemical ecotoxicology]. St-Petersb., Khimizdat Publ., 1999. 144 p. (in Russian)

Kalent'eva N.V. Cvinets v temno-kashtanovoi pochve v usloviyakh mono- i polielementnogo zagryazneniya [Lead in dark chestnut soil under conditions of mono- and multielement contamination]. *Vestnik TGU* [Bul. Tambov Univ. Ser. Nat. Tech. Sci.], 2013, vol. 18, is. 3, pp. 970-973. (in Russian)

Karpukhin M.M. *Transformatsiya i fraktsionnyj sostav soedinenij Ni, Zn, Cu, Pb v der-novo-podzolistoj pochve i chernozeme vyshchelochennom v model'nom eksperimente* [Transformation and fractional composition of Ni, Zn, Cu, Pb compounds in sod-podzolic soil and leached chernozem in a model experiment: Candidate in Biology dissertation abstract]. Moscow, Moscow St. Univ., 2009, 21 p. (in Russian).

Kalent'eva N.V., Panin M.S. Formy soedinenii tsinka v svetlo-kashtanovoi pochve pri mono- i polielementnom vidakh zagryazneniya [Chemical forms of zinc in light chestnut soil under mono- and multielement types of pollution]. *Contemp. Probl. Ecol.*, 2011, no. 5, pp. 753-763. (in Russian)

Klimova E.V. Vliyaniye tekhnogennogo zagryazneniya na fraktsionnyi sostav soedinenii medi, tsinka, kadmiya i svintsa v nekotorykh tipakh pochv [Influence of technogenic pollution on the fractional composition of copper, zinc, cadmium and lead compounds in some types of soils]. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. Referativnyi zhurnal* [Ecological Safety in Agriculture], 2003, no. 4, p. 868. (in Russian).

Ladonin D.V. *Formy soedinenii tyazhelykh metallov v tekhnogенно-zagryaznennykh pochvakh* [Forms of heavy metal compounds in technogenically polluted soils: Doctor in Biology dissertation abstract]. Moscow, Moscow St. Univ., 2016, 42 p. (in Russian).

Ladonin D.V., Karpukhin M.M. Fraktsionnyi sostav soedinenii nikelya, medi, tsinka i svintsa v pochvakh, zagryaznennykh oksidami i rastvorimymi solyami metallov [Fractional composition of nickel, copper, zinc, and lead compounds in soils polluted by oxides and soluble metal salts]. *Eurasian Soil Sci.*, 2011, no. 8, pp. 953-965. (in Russian)

Nikiforova E.M., Kosheleva N.E. Fraktsionnyi sostav soedinenii svintsa v pochvakh Moskvy i Podmoskov'ya [Fractional composition of lead compounds in soils of Moscow and Mmoscow region]. *Eurasian Soil Sci.*, 2009, no. 8, pp. 940-951. (in Russian)

Panin M.S., Kalent'eva N.V. Formy soedinenii tsinka v pochvakh Semipalatinskogo Priirtysh'ya pri polielementnom i tsinkovom vidakh zagryazneniya [Zinc compounds in multiple- and zinc-polluted soils of the Irtysh region near Semipalatinsk]. *Contemp. Probl. Ecol.*, 2009, no. 1, pp. 9-16. (in Russian)

Panin M.S., Kushnareva A.Yu. Formy soedinenii tsinka v temno-kashtanovoi pochve pri mono- i polielementnom zagryaznenii [Forms of zinc compounds in dark chestnut soil with mono- and polyelement contamination]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2007, no. 6, pp. 68-73. (in Russian)

Tsyplakov S.E., Sokolova S.A., Stekol'nikov K.E., Kotov V.V. Stupenchataya desorbtsiya razlichnykh form tyazhelykh metallov iz chernozema vyshchelochennogo [Staged desorption of different forms of heavy metals from lichen chernozem]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy* [Sorption and Chromatographic Processes], 2010, vol. 10, no. 3, pp. 339-347. (in Russian)

Perelomov L.V., Pinskiy D.L., Perelomova I.V., Atroshchenko Yu.M. Tyazhelye metally v alluvialnykh lugovykh pochvakh reki Upa v zone industrial'nogo vozdeistviya [Heavy metals in alluvial meadow soils of the Upa River in the industrial impact zone]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2020, no. 12, pp. 64-70. <http://doi.org/10.31857/S0002188120120078> (in Russian)

*Сосорова Соелма Батожаргаловна*  
кандидат биологических наук,  
научный сотрудник  
Институт общей и экспериментальной  
биологии СО РАН  
Россия, 670037, г. Улан-Удэ,  
ул. Сахьяновой, 6  
e-mail: [soelma\\_sosorova@mail.ru](mailto:soelma_sosorova@mail.ru)

*Sosorova Soelma Batozargalovna*  
Candidate of Sciences (Biology),  
Research Scientist  
Institute of General and Experimental  
Biology SB RAS  
6, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670037,  
Russian Federation  
e-mail: [soelma\\_sosorova@mail.ru](mailto:soelma_sosorova@mail.ru)

*Цыремпилов Энхэ Галсанович*  
кандидат биологических наук,  
младший научный сотрудник  
Институт общей и экспериментальной  
биологии СО РАН  
Россия, 670037, г. Улан-Удэ,  
ул. Сахьяновой, 6  
e-mail: [enhetsyrempilov@mail.ru](mailto:enhetsyrempilov@mail.ru)

*Tsyrempilov Enkhe Galsanovich*  
Candidate of Sciences (Biology),  
Junior Research Scientist  
Institute of General and Experimental  
Biology SB RAS  
6, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670037,  
Russian Federation  
e-mail: [enhetsyrempilov@mail.ru](mailto:enhetsyrempilov@mail.ru)

**Дата поступления:** 02.03. 2021

**Received:** March, 02, 2021