

УДК 631.416

КОНОВАЛОВА Ольга Николаевна, аспирант кафедры ботаники и общей экологии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 9 научных публикаций

ПОПОВА Людмила Фёдоровна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, почетный работник высшего профессионального образования РФ. Автор более 160 научных публикаций, в т. ч. 6 монографий и 7 учебно-методических пособий

АДСОРБЦИЯ ЦИНКА СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИМИ ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫМИ ПОЧВАМИ г. АРХАНГЕЛЬСКА

Техногенная деятельность вносит существенный вклад в нарушение экологического баланса урбандолиндов. Экологические проблемы, вызванные хозяйственной деятельностью человека, имеют комплексный характер. В значительной степени они обусловлены включением в миграционные потоки всех основных цепей техногенных токсикантов, в т. ч. и тяжелых металлов (ТМ).

При загрязнении окружающей среды ТМ почвы являются биогеохимическим барьером, который поглощает тонкодисперсные вещества и газы, поступающие из атмосферы, одновременно очищая другие сопредельные среды. К числу важнейших процессов, контролирующих миграционную способность тяжелых металлов в системе «почва–растение», относятся процессы адсорбции и трансформации. Их изучение позволяет оценивать экологическое состояние почвенного покрова и разрабатывать мероприятия по снижению последствий загрязнения.

В статье представлены результаты исследования процессов адсорбции цинка на примере почв типа «реплантозем» различных ландшафтов г. Архангельска. Установлено, что система «почва–раствор» городских почв приходит в равновесие быстрее, чем почвы природного ландшафта. Выявлены особенности закрепления поллютанта в почве до и после процесса адсорбции путем определения доли каждой формы, полученной с использованием селективных вытяжек от общего количества подвижных форм, выделенных с использованием комбинированной схемы фракционирования. Схема базируется на анализе данных последовательного и параллельного их экстрагирования. В результате адсорбции наблюдается уменьшение подвижности металла в результате прочного закрепления органическим веществом почвы и соединениями Fe, Mn, Al (характерно для природной почвы и реплантозема промышленного ландшафта), силикатными соединениями (характерно для реплантозема селитебного ландшафта). Исследование взаимосвязи процессов адсорбции и трансформации на примере цинка позволяет подробно изучить механизмы закрепления тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: городские почвы, урбандолинды, загрязнение тяжелыми металлами, трансформация подвижных форм тяжелых металлов, кинетика адсорбции цинка.

Крупные промышленные центры Крайнего Севера, в т. ч. Архангельск, характеризуются неблагоприятной экологической ситуацией, сложившейся под воздействием техногенных нагрузок, обуславливающих антропогенную модификацию окружающей среды. Это приводит к изменению свойств отдельных биотических компонентов и качества жизни населения. Высокая концентрация предприятий лесной, энергетической и топливной промышленности, увеличение интенсивности автотранспортного потока являются причиной повышенного загрязнения окружающей среды [1, 2].

Тяжелые металлы (ТМ) рассматриваются как одни из основных компонентов антропогенного загрязнения окружающей среды [3]. Особое место среди них занимает цинк [4, 5].

Проблема Zn имеет важный экологический аспект: с одной стороны, это необходимый микроэлемент (участвует в биохимических процессах), с другой – высокотоксичный техногенный поллютант экосистемы (первый класс опасности) [6, 7, 8].

К числу важнейших процессов, контролирующих миграционную способность тяжелых металлов в системе «почва–растение», относятся *процессы адсорбции и трансформации*, поэтому их изучение на различном уровне техногенного воздействия – серьезная задача почвенной экологии, как в научном, так и в практическом аспекте. Ее решение позволяет оценивать и прогнозировать экологическое состояние почвенного покрова, разрабатывать мероприятия по снижению или ликвидации токсикологических последствий загрязнения [7, 8].

Изучение адсорбционной способности сезоннопромерзающих техногенно измененных почв г. Архангельска и экологическая оценка их устойчивости к загрязнению цинком является весьма актуальными, т. к. подобные исследования ранее не проводились.

Для оценки экологического состояния почвенного покрова большое значение имеет не только валовое содержание ТМ (далее ВС), но

и концентрация их подвижных трансформационных форм. По механизму связи Zn с почвенными компонентами и по способам его извлечения выделяют две группы соединений металла в почве [9, 10, 11]:

1) соединения, в виде которых ТМ удерживается на поверхности почвенных частиц органическими и минеральными компонентами почвы в обменном и специфически сорбированном состоянии, объединяют в *группу непрочных связанных соединений цинка*;

2) соединения ТМ, прочно закрепленные в структурах первичных и вторичных минералов, ТМ в составе трудно растворимых солей и устойчивых органических и органоминеральных соединений объединяют в *группу прочно связанных соединений*.

По соотношению этих групп можно дать оценку подвижности металла в почве и выразить ее в виде показателя подвижности K_p , представляющего собой отношение содержания соединений ТМ непрочной связанной группы (далее НС) к содержанию соединений ТМ прочно связанной группы (далее ПС): $K_p = \text{НС/ПС}$ [3, 11]. Внутри каждой группы можно выделить различные фракции, отличающиеся по прочности связи с тем или иным почвенным компонентом.

Материалы и методы. Для проведения исследований были взяты почвенные образцы (слой 0–20 см) с двух техногенно-антропогенных ландшафтов г. Архангельска (селитебный, промышленный ландшафты), тип почвы – реплантозем. Эти почвы являются наиболее «молодыми» (возраст 30–40 лет), они располагаются рядом с жилыми постройками, и поэтому изучение механизмов закрепления техногенных поллютантов в них особенно важно для разработки мероприятий по улучшению качества почв в городе. Следует отметить, что почвы типа «реплантозем» содержат большое количество неразложившегося торфа, поэтому в составе органического вещества могут присутствовать не только фульвовые и гуминовые

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Местоположение ПП	Категория земель	Тип почвы	pH _{вод}	С глины, %	С орг. углерода, %	С ГК/ФК, %
Природный ландшафт						
Естественная почва пригорода Архангельска (контроль)	Луг	Луговая дерновая	4,81	36,13	2,07	0,34/ 0,17
Селитебный ландшафт						
ПП № 40, ул. Комсомольская, д. 36	Газон	Реплантозем песчаный	7,47	8,5	2,25	0,26/0,93
Промышленный ландшафт						
ПП № 06-07, ул. Рейдовая, д. 14	Газон перед предприятием «Речной порт»	Реплантозем	6,37	8	6,8	0,17/2,49

кислоты (далее ФК и ГК), но и моно- и полисахара, насыщенные и ненасыщенные органические кислоты [4].

В качестве контроля использовали условно чистую, природную дерновую маломощную легкосуглинистую почву (природный ландшафт), сформировавшуюся на суходольном лугу в 35 км от г. Архангельска (табл. 1).

Для изучения процессов адсорбции Zn почвой был поставлен *модельный опыт*:

1. Изучение влияния на адсорбцию цинка временного фактора и pH среды.

В колбу вместимостью 500 мл помещали 25 г исследуемого почвенного образца и добавляли 250 мл раствора Zn(NO₃)₂ (концентрация 5 мМ). Смесь постоянно перемешивали, отбирая аликвоты (10 мл) через 10, 30, 60, 90, 120, 180, 240 мин и фиксируя значение pH среды. После того как концентрация Zn в отбираемых аликвотах переставала изменяться, взвесь фильтровали через фильтр синяя/белая лента. На основе полученных данных строили кривые: Q = f(t, мин) и ΔpH = f(t, мин). Почву с фильтром оставляли для последующего опре-

деления фракционно-группового состава соединений Zn (табл. 2).

2. Изучение процесса трансформации соединений цинка в результате сорбции.

В исследуемых почвенных образцах до и после сорбции определяли фракционно-групповой состав соединений Zn с применением комбинированной методики фракционирования, коллективно разработанной и обоснованной Т.М. Минкиной с соавторами. Эта методика базируется на анализе данных последовательного и параллельного экстрагирования ТМ (табл. 2) [11].

Количественное определение Zn в исследуемых пробах было выполнено на базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова атомно-абсорбционным методом по методике, основанной на ГОСТ 17.4.4.02-84, с привлечением оборудования центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального универси-

КОМБИНИРОВАННАЯ СХЕМА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ТМ [11]

Показатель	Способ нахождения	
	Экспериментальный	Расчетный
Содержание металла в обменной форме		
Общее	1н ААБ, pH = 4,8	–
Непрочно связанные соединения	0,05 М Ca(NO ₃) ₂	–
Прочно связанные соединения	–	1н ААБ – 0,05 М Ca(NO ₃) ₂
Содержание металла, связанного с карбонатами, и в виде отдельных фаз		
Непрочно связанные соединения	1М CH ₃ COONa	–
Содержание металла, связанного с несиликатными соединениями Fe, Al, Mn		
Общее	0,04 М NH ₂ OH·HCl в 5 % CH ₃ COONH ₄	–
Непрочно связанные соединения	–	(1н HCl – 1н ААБ) – 1М CH ₃ COONa
Прочно связанные соединения	–	0,04 М NH ₂ OH·HCl – (1н HCl – 1н ААБ – – 1М NaCH ₃ COO)
Содержание металла, связанного с органическим веществом		
Общее	30 % H ₂ O ₂	–
Непрочно связанные соединения	–	1 % ЭДТА в 1н ААБ – 1н ААБ
Прочно связанные соединения	–	30 % H ₂ O ₂ – 1 % ЭДТА
Содержание металла, прочно связанного с силикатами (остаточная фракция)		
–	–	Разность между общим содержанием ТМ и суммарным содержанием всех фракций

тета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Результаты и обсуждение.

I этап. При изучении кинетики сорбционного процесса (рис. 1) было установлено, что до определенного момента с увеличением времени взаимодействия твердой и жидкой фаз количество поглощенного цинка возрастает.

Система «почва–раствор» естественной дерновой почвы приходит в равновесие (количество поглощенного Zn перестает изменять-

ся) через 120 мин, а городских почв – через 90 мин. Городские реплантоземы, в отличие от естественной почвы, содержат большое количество разных по своему составу органических соединений и включения строительного мусора, а следовательно, множество разнообразных вакантных адсорбционных центров, за счет которых происходит закрепление цинка.

Естественная дерновая почва (контроль) сорбирует наибольшее количество ТМ из раствора, преимущественно за счет высокого содержания глинистых минералов (табл. 1), при

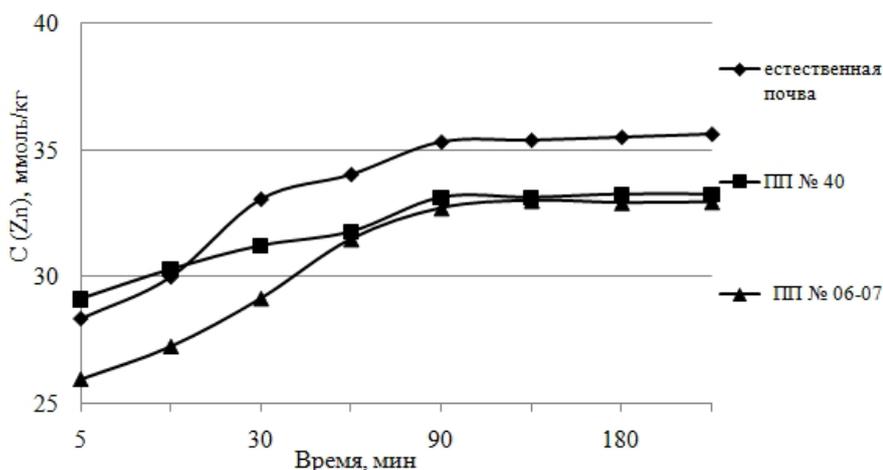


Рис. 1. Кинетика поглощения цинка

этом цинк закрепляется в ней в виде подвижных соединений ($r = 0,95$).

Из городских почв минимальное поглощение Zn^{2+} в начальные моменты взаимодействия (5–10 мин) характерно для реплантозема промышленной зоны. Из-за высокого содержания органического углерода происходит медленное, прочное закрепление цинка на органическом веществе, преимущественно на ФК (коэффициент корреляции $r = -0,98$).

Скорость поглощения Zn^{2+} , рассчитанная по величинам тангенсов углов наклона, выделенных на кривых линейных участков, также непостоянна и со временем убывает (табл. 3). В первые 30 мин взаимодействия почвы с раствором она в 66–100 раз выше, чем в последующие 30–240 мин.

Это объясняется тем, что в начальные моменты взаимодействия почвы с раствором на поверхности твердой фазы присутствует множество разнообразных вакантных адсорбционных центров различной природы, число которых с увеличением времени контакта уменьшается по мере связывания их с Zn^{2+} . Одновременно в растворе уменьшается равновесная концентрация Zn^{2+} в результате поглощения их почвой.

Исследованные почвы по абсолютной скорости поглощения Zn^{2+} можно расположить в следующий убывающий ряд: реплантозем селитебного ландшафта → естественная почва → реплантозем промышленного ландшафта. По относительной скорости поглощения различий между почвами практически не наблюда-

Таблица 3

СКОРОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ ЦИНКА ПОЧВОЙ

Участок на кривой	Скорость поглощения Zn^{2+} , ммоль/кг*мин		
	Естественная почва (контроль)	Реплантозем селитебного ландшафта (ППИ № 40)	Реплантозем промышленного ландшафта (ППИ № 06-07)
0–30 мин	0,2973	0,3920	0,2000
30–240 мин	0,0026	0,0040	0,0035

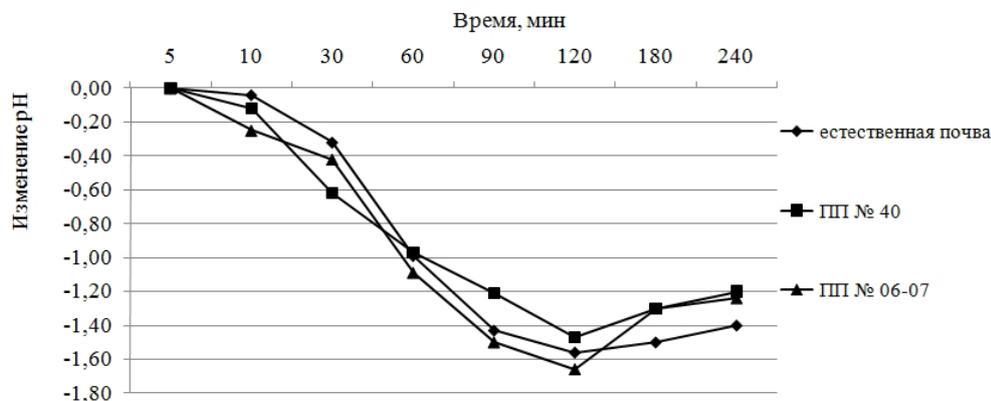


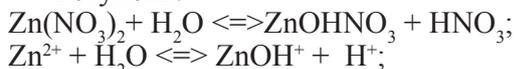
Рис. 2. Уровень рН при адсорбции цинка

ется – на 1 этапе (0–30 мин) почвы поглощают 85–88 % от общего количества поглощенного цинка и на 2 этапе (30–240 мин) – 12–15 %.

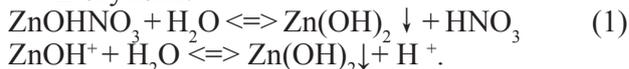
При адсорбции цинка почвами снижается рН растворов (рис. 2). Период времени 0–90 мин характеризуется резким скачком уменьшения рН. Снижение рН происходит до тех пор, пока система «почва–раствор» не придет в равновесие (90–120 мин). Период от 120 мин до 240 мин характеризуется увеличением кислотности раствора.

Подкисление почвенного раствора может быть обусловлено как гидролизом нитрата цинка (1) с последующей адсорбцией гидролизированных форм почвенно-поглощающим комплексом, так и вовлечением в обменный процесс дополнительных обменных центров, насыщенных ионами H^+ и недоступных для ионов Ca^{2+} , NH_4^+ [10, 12].

I ступень:



II ступень:



II этап. В природной почве валовое содержание цинка составляет 67,4 мг/кг [5]. В результате процесса адсорбции наблюдается значительное снижение подвижности цин-

ка (K_p уменьшается от 2,10 до 0,53). Предположительно этот эффект обусловлен прочным связыванием металла соединениями Fe, Mn, Al (коэффициент корреляции $r = -0,75 \pm 0,13$) и закреплением его в виде подвижных форм с органическим веществом ($r_{орг. в-во} = 0,96 \pm 0,11$).

До процесса адсорбции преобладают обменные формы цинка, формы, связанные с соединениями Fe, Mn, Al и с органическим веществом почвы; после адсорбции – остаточная фракция и формы, связанные с органическим веществом (рис. 3).

В результате процесса адсорбции уменьшается содержание обменных форм цинка, как наиболее подвижных, примерно в 11 раз (с 38,7 % до 3,3 %) и форм, связанных с Fe, Mn, Al, примерно в 7 раз (с 32,9 % до 4,8 %). Доля прочно связанных соединений Zn (табл. 1), напротив, увеличивается примерно в 3 раза: остаточной фракции – с 17,8 % до 60,8 %, форм цинка, связанных с органическим веществом, – с 10,0 % до 30,3 %. Содержание специфически сорбированных форм Zn не изменяется (0,6–0,7 %).

Реплантозем селитебного ландшафта (ПП № 40). ВС цинка в этой почве существенно выше, чем в естественной дерновой, и составляет 119,0 мг/кг, а подвижность металла, напротив, примерно в 3 раза ниже (от 2,10 до 0,83). Этот факт свидетельствует о прочном

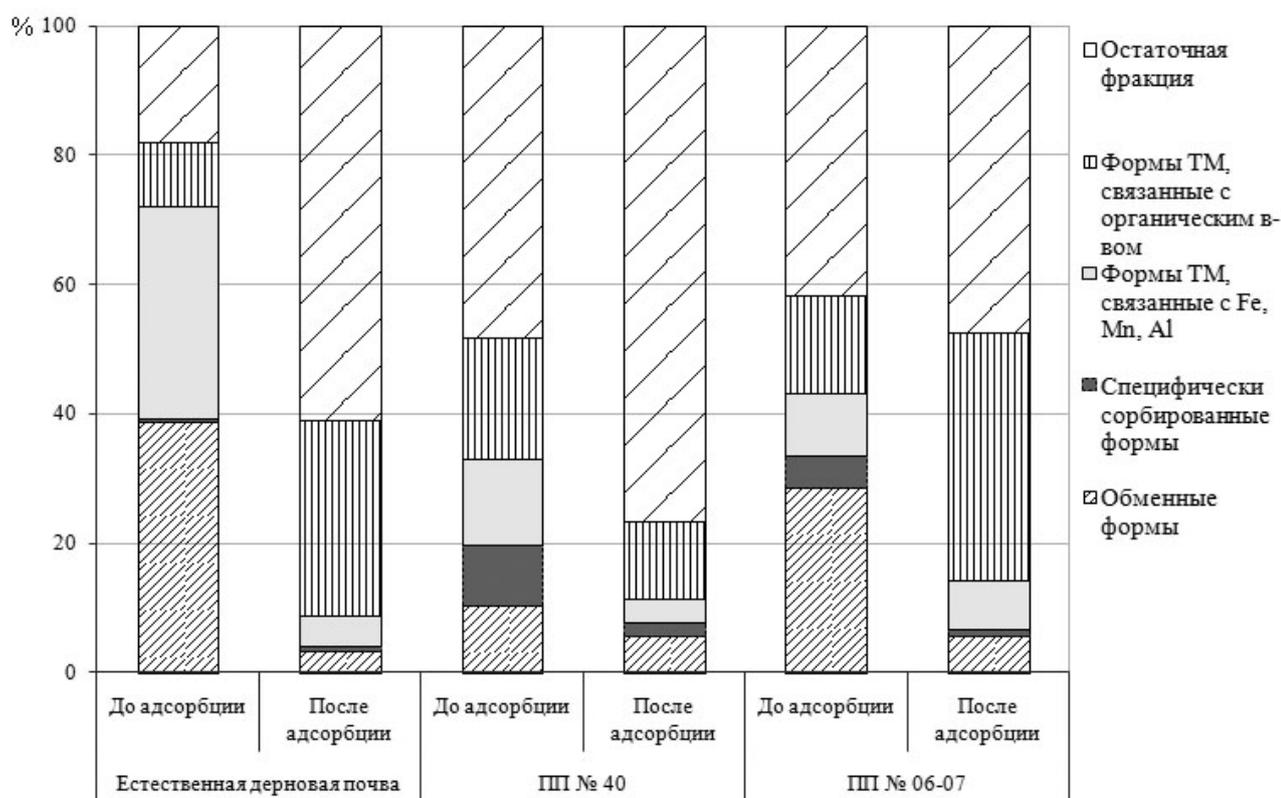


Рис. 3. Фракционно-групповой состав соединений цинка до и после адсорбции

закреплении цинка за счет большого содержания в городских почвах разнообразных по своей природе адсорбционных центров. Как и в естественной дерновой почве, после процесса адсорбции наблюдается уменьшение подвижности металла (K_n уменьшается от 0,83 до 0,21). Данный факт обусловлен образованием труднорастворимых соединений цинка с глинистыми и силикатными минералами ($r_{\text{глина}} = -0,98 \pm 0,11$).

Аналогично природной почве, в реплантоземе селитебного ландшафта до адсорбции преобладают обменные формы цинка и формы, связанные с органическим веществом, после адсорбции – трансформационные формы цинка, связанные с силикатами и органическим веществом (рис. 3).

После адсорбции увеличиваются доли остаточной фракции ТМ примерно в 1,6 раза

(с 48,3 % до 76,7 %), уменьшаются доли обменных форм примерно в 1,8 раза (с 10,3 % до 5,7 %), специфически сорбированных форм – примерно в 5 раз (с 9,4 % до 1,9 %), форм цинка, связанных с железистыми минералами – примерно в 3,5 раза (с 13,2 % до 3,8 %). В отличие от естественной дерновой почвы доля форм Zn, связанных с органическим веществом, не изменяется.

Реплантозем промышленного ландшафта (ПП № 06-07). В отличие от ранее рассмотренных почв, ВС цинка в реплантоземе промышленного ландшафта невысокое (36,6 мг/кг). При этом, как и в природной почве, металл преимущественно находится в виде непрочно связанных соединений ($K_n > 1,0$). В результате процесса адсорбции наблюдается уменьшение подвижности ТМ (K_n уменьша-

ется от 1,20 до 0,50). Возможно, это связано с закреплением цинка на органическом веществе почвы ($r_{\text{OB}} = -1,0 \pm 0,22$) и железистых минералах ($r_{\text{Fe}} = -0,82 \pm 0,11$).

После адсорбции уменьшаются доли обменных форм ТМ примерно в 5 раз (с 28,5 % до 5,7 %), специфически сорбированных форм (с 5,0 % до 1 %) и форм цинка, связанных с железистыми минералами (примерно в 1,3 раза – с 9,8 % до 7,6%) (рис. 3). В отличие от реплантозема селитебного ландшафта, доля форм ТМ, связанных с органическим веществом, наоборот увеличивается примерно в 2 раза (с 15,1 % до 38,3 %), при этом содержание остаточной фракции цинка практически не изменяется (41,6 % – 47,4 %).

Заключение. Таким образом, нами установлено, что система «почва–раствор» городских почв приходит в равновесие быстрее, чем естественной дерновой почвы, за счет наличия большого количества разнообразных вакантных адсорбционных центров. При этом абсолютная скорость поглощения цинка в первые 30 мин в 66–100 раз выше, чем в последующие 30–240 мин.

Исследованные почвы по абсолютной скорости поглощения Zn можно расположить в следующий убывающий ряд: реплантозем селитебного ландшафта → естественная почва → реплантозем промышленного ландшафта, но по относительной скорости поглощения различий между почвами не наблюдается.

При адсорбции цинка почвами снижается рН раствора. Снижение рН происходит до тех пор, пока система «почва–раствор» не придет в равновесие.

До и после процесса адсорбции подвижность металла уменьшается в ряду: естественная дерновая почва > реплантозем промышленного ландшафта > реплантозем селитебного ландшафта. После адсорбции подвижность цинка уменьшается в 3–4 раза вследствие прочного закрепления металла органическим веществом почвы и соединениями Fe, Mn, Al (характерно для природной почвы и реплантозема промышленного ландшафта), силикатными соединениями (характерно для реплантозема селитебного ландшафта).

В процессе адсорбции в природной почве пригорода уменьшаются доли обменных форм цинка и форм, связанных с Fe, Mn, Al, но увеличиваются доли остаточной фракции и форм, связанных с органическим веществом, при этом содержание специфически сорбированных форм не изменяется. В городских реплантоземах, в отличие от природной почвы, уменьшаются доли обменных форм цинка, специфически сорбированных форм и форм, связанных с железистыми минералами, но увеличивается доля форм цинка, связанного с силикатами (в реплантоземе селитебного ландшафта), и связанного с органическим веществом (в реплантоземе промышленного ландшафта).

В целом в исследуемых почвах в процессе адсорбции наблюдается прочное закрепление цинка в виде форм, связанных с силикатами или с органическим веществом.

Данные исследования взаимосвязи процессов адсорбции цинка и образования различных соединений позволяет изучить механизмы закрепления ТМ и трансформации соединений металла в почве.

Список литературы

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л., 1987. 142 с.
2. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2008 году / под общ. ред. Л.Г. Доморошова. Архангельск, 2009. 304 с.
3. Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: дис. ... докт. биол. наук. Ростов н/Д., 2008. 172 с.

4. Наквасина Е.Н., Пермогорская Ю.М., Попова Л.Ф. Почвы Архангельска. Структурно-функциональные особенности, свойства, экологическая оценка. Архангельск, 2006. 160 с.
5. Попова Л.Ф., Никитина М.В., Наквасина Е.Н. Химические элементы в почвенно-растительном покрове Архангельска: моногр. Архангельск, 2013. 146 с.
6. Абдуажитова А.М. Поглощение свинца каштановыми почвами Семипалатинского прииртышья: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Барнаул, 2005. 20 с.
7. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М., 2008. 84 с.
8. Гулькина Т.И. Адсорбция меди основными типами почв Семипалатинского прииртышья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2002. 22 с.
9. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. М., 2005. 110 с.
10. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682–692.
11. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного // Почвоведение. 2006. № 7. С. 804–811.
12. Зырин Н.Г., Орлов Д.С. Физико-химические методы исследования почв. М., 1986. 142 с.

References

1. Alekseev Yu.V. *Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah* [Heavy Metals in Soils and Plants]. Leningrad, 1987. 142 p.
2. Domoroshchenov L.G. *Sostojanie i ohrana okruzhajushhej sredy Arhangel'skoj oblasti v 2008 godu* [Environmental Conditions and Safety in the Arkhangelsk Region in 2008]. Arkhangelsk, 2009. 304 p.
3. Minkina T.M. *Soedinenija tjzhelyh metallov v pochvah Nizhnego Dona, ih transformacija pod vlijaniem prirodnyh i antropogennyh faktorov*: dis. ... dokt. biol. nauk. [Heavy Metals in the Soils of the Lower Don, Their Transformation Under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors: Dr. Biol. Sci. Diss.]. Rostov-on-Don, 2008. 172 p.
4. Nakvasina E.N., Permogorskaya Yu.M., Popova L.F. *Pochvy Arhangel'ska. Strukturno-funkcional'nye osobennosti, svojstva, jekologicheskaja ocenka* [Soils of Arkhangelsk. Structural and Functional Features, Properties and Environmental Assessment]. Arkhangelsk, 2006. 160 p.
5. Popova L.F., Nikitina M.V., Nakvasina E.N. *Himicheskie jelementy v pochvenno-rastitel'nom pokrove Arhangel'ska: monogr.* [Chemical Elements in Soil and Vegetational Cover of Arkhangelsk: Monograph]. Arkhangelsk, 2013. 146 p.
6. Abdudzhitova A.M. *Pogloshhenie svinca kashtanovymi pochvami Semipalatinskogo priirtysh'ja*: avtoref. dis. ... kand. him. nauk [Absorption of Lead by Chestnut Soils of the Semipalatinsk Irtysh: Cand. Chem. Sci. Diss. Abs.]. Barnaul, 2005. 20 p.
7. Vodyanitsky Yu.N. *Tjzhelye metally i metalloidy v pochvah* [Heavy Metals and Metalloids in Soils]. Moscow, 2008. 84 p.
8. Gulkina T.I. *Adsorbicija medi osnovnymi tipami pochv Semipalatinskogo priirtysh'ja*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Adsorption of Copper by the Basic Soil Types of the Semipalatinsk Irtysh: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Novosibirsk, 2002. 22 p.
9. Vodyanitsky Yu.N. *Izuchenie tjzhelyh metallov v pochvah* [The Study of Heavy Metals in Soils]. Moscow, 2005. 110 p.
10. Ladonin D.V. *Soedinenija tjzhelyh metallov v pochvah – problemy i metody izuchenija* [Heavy Metals in Soil: the Problems and Methods of Investigation]. *Pochvovedenie*, 2002, no. 6, pp. 682–692.
11. Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G. *Vzaimodejstvie tjzhelyh metallov s organicheskim veshhestvom chernozema obyknovenogo* [Interaction of Heavy Metals with Ordinary Chernozem Organic Matter]. *Pochvovedenie*, 2006, no. 7, pp. 804–811.
12. Zyryn N.G., Orlov D.S. *Fiziko-himicheskie metody issledovanija pochv* [Physico-Chemical Methods of Soil Research]. Moscow, 1986. 142 p.

Konovalova Olga Nikolaevna

Institute of Natural Sciences and Biomedicine,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Popova Lyudmila Fedorovna

Institute of Natural Sciences and Biomedicine,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

ADSORPTION OF ZINC BY THE ANTHROPOGENIC MOLLISOLS OF ARKHANGELSK

Technogenic activity contributes significantly to the disruption of the ecological balance of urban landscapes. Environmental problems, caused by human economic activity, are complex. In large part they are due to the inclusion of migration flows of all basic chains of anthropogenic toxicants, including heavy metals (HM).

At pollution by HM soils are biogeochemical barrier that absorbs finely dispersed substances and gases coming from the atmosphere, simultaneously cleaning the other adjoining environment. Among the most important processes controlling the migration capacity of heavy metals in soil-plant system, are the processes of adsorption and transformation. Their study allows to evaluate the ecological state of soil covering and to develop measures to reduce the effects of pollution.

The article presents the results of a study of adsorption of zinc in terms of the soils of the "replantozem" type of different landscapes of Arkhangelsk. It is established that the system "soil-solution" of the urban soils equilibrates faster than the soils of the natural landscape. We found out the peculiarities of a pollutant fixation in the soil before and after the adsorption process by determining the proportion of each form obtained with the use of selective extracts of the total of moving forms isolated using a combined scheme of fractionation, which is based on an analysis of data of their paralleled and sequential extraction. In the process of adsorption a decrease in the metal mobility as a result of durable fixation by the soil organic matter and compounds of Fe, Mn, Al (typical for a natural soil and replantozem of an industrial landscape), silicate compounds (typical for replantozem of a settlement landscape) is observed. Research of the interconnexion of adsorption and transformation in terms of zinc allows to study in details the fastening mechanisms of heavy metals in the soil.

Keywords: urban soils, urban landscapes, heavy metals pollution, moving forms transformation of heavy metals, adsorption kinetics of zinc.

Контактная информация:

Коновалова Ольга Николаевна

адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17;

e-mail: olga-gernicyna@rambler.ru

Попова Людмила Фёдоровна

адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17;

e-mail: ludap9857@mail.ru,

lf.popova@agtu.ru

Рецензент – *Боголицын К.Г.*, доктор химических наук, профессор Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, помощник ректора по научному развитию Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова