

УДК 631.42

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ
ПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ

В. В. Даценко, Э. Б. Хоботова, Ю. В. Свашенко,
М. Н. Скляревская (ХНАДУ)

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время крупные промышленные центры по интенсивности и площади загрязнения представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции [1-3]. Почвы городов являются с одной стороны концентраторами соединений, поступающих от транспортных потоков, промышленности и коммунальных хозяйств, с другой стороны – выступают как мощные источники техногенных веществ, включающихся в региональные миграционные циклы [4-6]. Почвы являются важным фактором экологического и санитарного состояния городов, что обуславливает необходимость их систематики и инвентаризации, а также изучения особенностей их экологических функций.

Анализ исследований и публикаций. Процесс урбанизации сопровождается увеличением площадей продуктивных земель, отчуждаемых под застройки и промышленные объекты [1, 2]. Основная причина трансформации почвенного покрова городов лежит в прогрессирующей строительной и промышленной деятельности человечества. С этим связаны изменения почв, включающие снятие, уничтожение или перемещение плодородного слоя, а также накопление вредных промышленных и строительных отходов [3]. При архитектурно-планировочных и хозяйственных работах почва в городе, чаще всего, остается без внимания и выпадает из сферы исследований специалистов. В городской среде, как и в естественных ландшафтах, почвы являются одним из главных компонентов экологической системы. Поэтому вопросы их экологического состояния остаются актуальными и требуют детальных исследований.

Для получения объективной информации о защитных свойствах почв необходимо учитывать совокупность процессов, протекающих в системе «почва – раствор», обусловленных химической, дисперсной и энергетической неоднородностью почвы и сложным поведением тяжелых металлов (ТМ) [4-6]. Распределение химических элементов между твердой и жидкой фазами почв, прочность образующихся адсорбционных соединений, скорость сорбционно-десорбционных процессов при изменении условий и другие факторы, определяющие подвижность и потенциальную до-

ступность ТМ живым организмам [7-10], до настоящего времени изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований.

Постановка цели исследования. Цель работы – определение геохимических особенностей почвенного покрова различных зон г. Харькова и их влияния на процессы сорбции ТМ: меди и цинка.

Для исследования были выбраны четыре типа почв, находящиеся в двух зонах города Харькова: первая зона – район крупного населенного пункта города (Салтовский жилмассив), вторая зона – район окружной дороги города в близости транспортных путей сообщения. В пределах первой зоны отобраны верхние гумусовые горизонты почв дерново-оподзоленной связно-песчаной на древнеаллювиальных песках, луговой аллювиальной супесчаной на аллювии, лугово-черноземной легкосуглинистой на лессе; в пределах второй – верхние гумусовые горизонты почвы чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого на лессе.

Методы исследования. Отбор почв, транспортировка и хранение осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.3.1-83 (СТ СЭВ 3847-82) «Почвы. Общие требования к отбору почв». В дальнейшем почвы были доведены до воздушно-сухого состояния и исследованы в лабораториях Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» НААН. Групповой состав гумуса в почвах определяли по методу Кононовой-Бельчиковой, емкость катионного обмена (ЕКО) – по методу Бобко-Аскинази, подвижный фосфор и обменный калий – по методу Мачигина, рН – потенциометрически, карбонаты – по методу С. А. Кудрина (Агрохимические методы исследования, 1975). Обменные катионы определяли по методу М. Ш. Шаймухаметова (1993). Анализ гранулометрического состава и выделение фракции физической глины ($< 0,01$ мм) проводили с учётом доминирующей фракции по методике Н. А. Качинского.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Физико-химические свойства почв. Почва – это биологически активная часть биосферы, обладающая определенной емкостью поглощения (E) и степенью насыщенности ионами. Эти свойства почвы в первую очередь зависят от ее генезиса, гранулометрического состава, содержания в ней органического вещества (ОВ) и реакции почвенной среды (рН). На первом этапе исследований определен состав почв и изучены их физико-химические свойства. Анализ полученных результатов (табл. 1) показывает, что горизонты исследуемых почв существенно отличаются по физи-

ко-химическим свойствам. Дерново-оподзоленная связно-песчаная и луговая аллювиальная супесчаная почвы характеризуются невысоким массовым вкладом глины и гумуса, соответственно: содержание физ. глины 6-10 % и 11-15 %, гумуса 0,3 % и 1,1 %. Сравнительно высокие массовые вклады данных компонентов у лугово-черноземной легкосуглинистой почвы и чернозема типичного среднесмытого тяжело-суглинистого, соответственно: содержание физической глины 21-25 % и 51-55 %, гумуса 1,8 % и 2,4 %. Эти почвы по своим характеристикам относятся к тяжелым гумусированным почвам, поэтому обладают высокой адсорбционной и буферной способностью.

Таблица 1 – Физико-химические свойства исследуемых почв

№	Название почвы	Массовая доля физической глины, %	pH водной вытяжки	Емкость поглощения E , моль/100 г	Массовая доля гумуса, %
1	Дерново-оподзоленная связно-песчаная	6-10	5,3	3,1	0,3
2	Луговая аллювиальная супесчаная	11-15	7,6	5,0	1,1
3	Лугово-черноземная легкосуглинистая	21-25	6,9	16,3	1,8
4	Чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый	51-55	8,7	16,3	2,4

Достаточно важной агрохимической характеристикой почвы является ее кислотность, которую учитывают при выяснении необходимости известкования почв. Из таблицы 1 видно, что дерново-оподзоленная связно-песчаная почва относится к кислым почвам ($pH = 5,3$), лугово-черноземная легкосуглинистая – к нейтральным ($pH = 6,9$), луговая аллювиальная супесчаная – к слабо щелочным ($pH = 7,6$), а чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый – к щелочным ($pH = 8,7$).

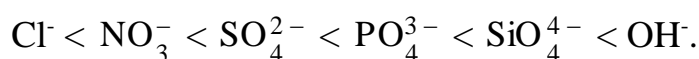
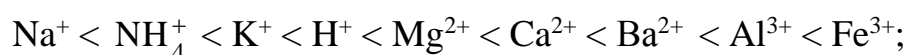
По значениям емкости (табл. 1) поглощения дерново-оподзоленная связно-песчаная ($E = 3,1$ моль/100 г почвы) и луговая аллювиальная супесчаная ($E = 5,0$ моль/100 г почвы) почвы имеют крайне низкую поглотительную способность, а лугово-черноземная легкосуглинистая почва ($E = 16,3$ моль/100 г почвы) и чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый ($E = 16,3$ моль/100 г почвы) обладают средней поглотительной способностью. По увеличению значения E исследуемые почвы можно расположить в ряд дерново-оподзоленная связно-песчаная < луговая аллювиальная супесчаная << лугово-

черноземная легкосуглинистая << чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый.

Последние два типа почв имеют близкий сравнительно высокий показатель E , что указывает на более высокую буферную способность.

Известно, что E тем больше, чем больше гумуса и частичек физической глины в почве. Однако эти параметры не являются определяющими для полной характеристики E . Емкость поглощения зависит от генезиса, ее механического состава и содержания в ней гумуса, что подтверждают данные таблицы 1.

Ионный состав почв. Физико-химическое состояние почв зависит от состава поглощенных ею катионов и анионов. По возрастанию прочности сорбционных связей и коагулирующей способности распространенные ионы расположены К.К. Гедройцем [8] в следующие ряды



Подобная последовательность подтверждается катионно-анионным составом водных вытяжек исследуемых почв, который варьирует в зависимости от типа почвы (табл. 2).

Таблица 2 – Катионно-анионный состав водных вытяжек исследуемых почв

№	Название почвы	Содержание ионов в почве, ммоль/100 г почвы							
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	$\Sigma_{\text{экв.кат.}}$
1	Дерново-оподзоленная связно-песчаная (рН = 5,3)	0,05	0,1	0,19	0,14	0,12	0,05	0,03	0,34
2	Луговая аллювиальная супесчаная (рН = 7,6)	0,08	0,07	0,13	0,12	0,09	0,05	0,02	0,28
3	Лугово-черноземная легкосуглинистая (рН = 6,9)	0,08	0,1	0,18	0,15	0,14	0,04	0,03	0,36
4	Чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый (рН = 8,7)	0,38	0,1	0,66	0,58	0,19	0,33	0,04	1,14

Во всех исследуемых почвах количество одновалентного калия и натрия в водной вытяжке невелико по сравнению с двухвалентными катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . В дерново-оподзоленной связнопесчаной, луговой аллювиальной супес-

чаной и лугово-черноземной легкосуглинистой почвах, содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} в 3 раза выше концентрации Na^+ и K^+ . Такое насыщение почвы двухвалентными катионами, способствует коагуляции почвенных коллоидов и образованию агрономически ценной структуры.

Величина степени насыщенности катионами ($\sum_{\text{экв. кат.}}$) является важным показателем характеристики степени кислотности почвы. По увеличению $\sum_{\text{экв. кат.}}$ почвы можно расположить в ряд дерново-оподзоленная связно-песчаная < луговая аллювиальная супесчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая < чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый.

Показатель $\sum_{\text{экв. кат.}}$ у чернозема типичного среднесмытого тяжело-суглинистого на порядок выше, чем у других исследуемых почв (табл. 2). Эта почва наряду со сравнительно высокой концентрацией Ca^{2+} (0,58 ммоль/100 г) и Mg^{2+} (0,19 ммоль/100 г) содержит значительное количество Na^+ (0,33 ммоль/100 г), который наряду с гидрокарбонатами кальция способствует подщелачиванию почвы ($\text{pH} = 8,7$).

При поглощении почвой анионов происходит их взаимодействие с катионами почвы. Образующиеся при этом нерастворимые соединения оказывают негативное воздействие на почву. Степень поглощения почвой анионов зависит от их природы и реакции среды. Согласно данным таблицы 2 в исследуемых почвах концентрации HCO_3^- и SO_4^{2-} -ионов в водных вытяжках варьируют и зависят от типа почвы. Содержание Cl^- колеблется в небольших пределах (0,07-0,1 ммоль/100 г), что связано с хорошей растворимостью Cl^- и его вымыванием в нижние горизонты.

Показатели содержания сульфат ионов SO_4^{2-} в дерново-оподзоленной связно-песчаной, луговой аллювиальной супесчаной и лугово-черноземной легкосуглинистой почвах варьируют в пределах 0,13-0,19 ммоль/100 г почвы. Для чернозема типичного среднесмытого тяжело-суглинистого концентрация SO_4^{2-} выше и составляет 0,66 ммоль/100 г почвы. Превышение концентрации сульфат-ионов в черноземе типичном среднесмытом тяжело-суглинистом соответствует содержанию ионов кальция (0,58 ммоль/100 г почвы).

Концентрация гидрокарбонат ионов в дерново-оподзоленной связно-песчаной, луговой аллювиальной супесчаной и лугово-черноземной легкосуглинистой почвах укладывается в узкий интервал 0,05-0,08 ммоль/100 г почвы. Для чернозема типичного среднесмытого тяжело-суглинистом отмечено превышение концентрации HCO_3^- в 5-8 раз, чем в других исследуемых почвах

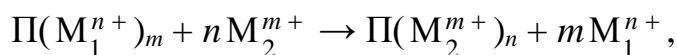
вследствие наличия в почве значительных количеств CaCO_3 , что вместе с другими факторами способствует сильному подщелачиванию почвы ($\text{pH} = 8,7$).

Подвижные формы меди и цинка в почвах. Экспрессная оценка подвижных форм меди и цинка в почвах проводилась при анализе экстрактов почв солянокислым и ацетатно-аммонийный ($\text{pH} 4,8$) растворами (табл. 3). Использование в качестве экстрагента химических веществ, сильно различающихся по своей растворяющей способности, затрудняет оценку подвижности металлоионов в почвах. Из таблице 3 видно, что исследуемые почвы значительно различаются по количеству подвижных форм одних и тех же металлов в разных вытяжках. Например, ацетатно-аммонийная вытяжка извлекает из горизонта чернозема типичного среднесмытого тяжело суглинистого подвижных форм в мг/кг: Cu – 0,87; Zn – 19,68, тогда как HCl извлекала соответственно, мг/кг: Cu – 21,30; Zn – 71,77. Эти материалы свидетельствуют о том, экстрагент HCl, широко используемый в агрохимических исследованиях, при характеристике почв, обладает более высокой мобилизующей способностью в отношении запасов тяжелых металлов. Поэтому при дальнейшем анализе полученных результатов будут рассмотрены данные содержания подвижных форм меди и цинка в исследуемых почвах хлороводородной вытяжки.

Таблица 3 – Среднее содержание подвижных форм меди и цинка в исследуемых почвах

№	Название почвы	Содержание меди и цинка, мг/кг					
		ПДК вещества почвы с учетом фона		Ацетатно-аммонийная вытяжка		Хлороводородная вытяжка	
		Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
1	Дерново-оподзоленная связнопесчаная ($\text{pH} = 5,3$)	3	23	0,20	1,42	2,24	6,40
2	Луговая аллювиальная супесчаная ($\text{pH} = 7,6$)			0,15	0,23	1,71	1,82
3	Лугово-черноземная легкосуглинистая ($\text{pH} = 6,9$)			0,09	0,20	2,68	4,01
4	Чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый ($\text{pH} = 8,7$)			0,87	19,68	21,30	71,77

Из литературных источников [4-6] известно, что тяжёлые металлы оказывают значительное влияние на основные агрохимические характеристики почвы: содержание Ca^{2+} , Mg^{2+} , pH водной вытяжки, суммы поглощённых катионов. Реакцию поглощения катионов ТМ формально можно записать уравнением [6]



где П – почвенный поглощающий комплекс (ППК); M_1^{n+} – металлы ППК; M_2^{m+} – катионы адсорбируемых почвой ТМ.

Анализ результатов (табл. 3) позволяет отметить, что среди рассмотренных металлов во всех исследуемых почвах цинк адсорбируется почвой более интенсивно, чем медь. Значения концентраций исследуемых катионов металлов для некоторых типов почв различаются весьма значительно, что свидетельствует о важной роли индивидуальных свойств элементов во взаимодействии с почвами. Очевидно, что из двух конкурирующих двухзарядных катионов, ионы Zn^{2+} имеют более высокое относительное сродство к исследуемым почвам, чем ионы Cu^{2+} .

Содержание меди и цинка в дерново-оподзоленной связно-песчаной, луговой аллювиальной супесчаной и лугово-черноземной легкосуглинистой ниже их предельно допустимых концентраций (ПДК) (табл. 3), что свидетельствует о низком уровне загрязнения соединениями меди и цинка. Однако, для чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого, отмечается значительное превышение ПДК: для меди – в 7 раз, для цинка – в 3 раза. Высокое содержание меди и цинка в этом типе почвы вызвано ее сравнительно высокой адсорбционной способностью, о которой было указано выше. Однако повышенное содержание ТМ в почвенном покрове может быть обусловлено не только физико-химическими свойствами почвы, но и высокой техногенной нагрузкой, так как образцы чернозема взяты вблизи окружной дороги города. Этот фактор может служить дополнительным объяснением высокой загрязненности ТМ почвы данного типа.

Представляет интерес изучение поглощения ионов меди и цинка почвами одной агроклиматической зоны, испытывающей одинаковое техногенное воздействие. С этой целью проведен анализ почв территории Салтовского жилого массива города Харькова с населением более 400 тыс. чел. В пределах выбранной для изучения территории находятся дерново-оподзоленная связно-песчаная, луговая аллювиальная супесчаная, лугово-черноземная легкосуглинистая почвы.

Известно, что почвы, имеющие большую емкость поглощения и значительное количество органического вещества, способны накапливать больше тяжелых металлов, чем песчаные или с малым содержанием гумуса [10]. Это подтверждают результаты, представленные в таблицах 1 и 3. Так, лугово-черноземная легкосуглинистая почва, имеющая сравнительно высокие значения

емкости поглощения (16,3 моль/100 г) и гумуса (1,8 %), содержит подвижных форм меди и цинка больше ($Cu = 2,24$ мг/кг; $Zn = 6,40$ мг/кг), чем луговая аллювиальная супесчаная ($Cu = 1,71$ мг/кг; $Zn = 1,82$ мг/кг), у которой показатели емкости поглощения ниже \approx в 3 раза.

На поведение ТМ в почве большое влияние оказывает показатель рН почвы: с ростом рН поглощение ТМ почвой уменьшается [10], что согласуется с данными таблиц 1 и 3. Активность к адсорбции подвижных форм меди и цинка в кислых (дерново-оподзоленная связнопесчаная) и нейтральных (лугово-черноземная легкосуглинистая) почвах выше, чем в слабощелочных (луговая аллювиальная супесчаная).

Более активное накопление меди происходит в лугово-черноземной легкосуглинистой почве (2,68 мг/кг), а цинка – в дерново-оподзоленной связно-песчаной (6,40 мг/кг) (табл. 3). Типы почв исследуемой зоны по увеличению содержания в них меди образуют следующий ряд: луговая аллювиальная супесчаная < дерново-оподзоленная связно-песчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая, а для цинка: луговая аллювиальная супесчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая < дерново-оподзоленная связно-песчаная.

Такое распределение металлов в исследуемых почвах может быть связано с показателем рН почвы. Авторы работы [10] утверждают, что подвижность цинка связана с его амфотерными свойствами: в кислых почвах подвижность цинка выше, чем в нейтральных, и при возрастании рН среды его подвижность снижается. Поэтому концентрация Zn в кислой дерново-оподзоленной связно-песчаной почве (рН = 5,3) в 1,6-3,5 раза выше, чем в нейтральной лугово-черноземной легкосуглинистой (рН = 6,9) и щелочной луговой аллювиальной супесчаной (рН = 7,6) (табл. 3). Корреляция содержания меди и рН, по данным таблицы 3, не наблюдается. Поэтому ее распределение в исследуемых почвах может быть связано с составом органического вещества, влияние которого на поглощение металлов будет рассмотрено ниже.

Органическая часть почв. Состав гумуса почв является одним из важнейших факторов, определяющих поведение ТМ в почве. С этой целью был проведен групповой состав гумуса в почвах (табл. 4) на содержание органического вещества (ОВ): гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК).

Данные таблицы 4, подтверждают, что содержание физической глины в почве не является основным фактором, определяющим адсорбцию ТМ. Так, сравнительно высокий показатель содержания меди и цинка среди исследуемых

почв имеет лугово-черноземная легкосуглинистая почва, у которой показатель содержания физической глины довольно низкий (21-25 %). Этот факт можно объяснить тем, что роль глинистой фракции почвы в поглощении меди и цинка незначительна по сравнению с ролью органического вещества.

Таблица 4 – Групповой состав гумуса в исследуемых почвах

№	Название почвы	Массовая доля (%) компонентов группового состава гумуса			$C_{гк}/C_{фк}$	Содержание меди и цинка в хлоридной почвенной вытяжке, мг/кг	
		Углерод ОВ	Углерод ГК	Углерод ФК		Cu	Zn
1	Дерново-оподзоленная связнопесчаная (рН = 5,3)	0,42	0,21	0,21	1,0	2,24	6,40
2	Луговая аллювиальная супесчаная (рН = 7,6)	0,1	0,02	0,08	0,3	1,71	1,82
3	Лугово-черноземная легкосуглинистая (рН = 6,9)	0,51	0,39	0,12	3,3	2,68	4,01
4	Чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый (рН = 8,7)	0,41	0,31	0,10	3,1	21,3	71,77

Известно, что органические соединения в почве способны образовывать с ТМ различные по растворимости комплексы, поэтому способность почв связывать металлы или содержать их в растворенном виде сильно зависит от характера и количества органического вещества. Основными продуктами взаимодействия ОВ с ТМ являются простые соли – гуматы и фульваты тяжелых металлов, а также комплексные и внутрикомплексные (хелатные) металлосодержащие соединения [5].

Для установления образующихся соединений металлов в почве важное значение имеет соотношение массовых долей: ОВ/металл. Сравнительные данные этих соотношений (табл. 4) свидетельствуют о том, что во всех исследуемых почвах содержание рассматриваемых металлов на порядок выше ОВ. Такое превышение содержания металлов над количеством ОВ свидетельствует об образовании солей гумусовых кислот с катионами данных металлов и вовлечение их с помощью координационных связей в комплексные соединения хелатного типа [6].

Способность органического вещества поглощать ионы ТМ неодинакова [7]. Отношение углерода гуминовых и фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$) является важным показателем гумусового состояния почв. По данным таблицы 4, исследуемые почвы по увеличению показателя $C_{гк}/C_{фк}$ можно расположить в ряд луговая аллювиальная

супесчаная < дерново-оподзоленная связнопесчаная < чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый < лугово-черноземная легкосуглинистая.

Гуминовые кислоты органического вещества избирательно взаимодействуют с катионами меди и цинка, в частности, по абсолютным величинам поглощения для цинка этот показатель более высокий, чем для меди (табл. 4). В почвенном покрове лугово-черноземной легкосуглинистой и черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом, где показатель $C_{зк}/C_{фк}$ имеет сравнительно одинаково высокое значение (3,1-3,3), наблюдается максимальное поглощение меди. Поэтому можно сделать вывод, что в исследуемых почвах медь образует комплексы с ГК эффективнее, чем с ФК. Для цинка, как указывают данные таблицы 4, соотношение гумусовых кислот не является определяющим фактором, поэтому распределение цинка в почвенном покрове в большей степени может зависеть от других показателей, например, кислотности почвы.

На сорбцию металлов ГК и ФК, а также на подвижность металлорганических соединений значительное влияние оказывает реакция среды. ФК более подвижны и растворимы на всём диапазоне рН, ГК выпадают в осадок в кислой среде. Авторы работы [8] отмечают, что максимальная доля ТМ, связанных ГК, наблюдается в кислых и нейтральных почвах, а с увеличением рН наиболее вероятно их связывание ФК. Анализ данных таблицы 4 показывает, что доля C_u , образующей комплекс с ГК, максимальна в кислой дерново-оподзоленной связнопесчаной (рН = 5,3) и лугово-черноземной легкосуглинистой почвах (рН = 6,9). Максимальное содержание цинка наблюдается в черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом (рН = 8,7).

Выводы. Обобщение экспериментальных данных показывает, что:

– физико-химические свойства исследуемых почв существенно отличаются и зависят от состава почвенного покрова. Почвы лугово-черноземной легкосуглинистой и чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого по своим характеристикам относятся к высокобуферным гумусированным почвам, поэтому обладают более высокими адсорбционными свойствами;

– поглощательная способность почв зависит от генезиса, гранулометрического состава, содержания гумуса и рН. По увеличению поглощательной способности исследуемые почвы можно расположить в ряд: дерново-оподзоленная связно-песчаная < луговая аллювиальная супесчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая < чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый;

– химический состав исследуемых почв неоднороден и существенно из-

меняется в зависимости от территории. Почвы легкого гранулометрического состава мало насыщены катионами;

– распределение подвижных форм ТМ (меди и цинка) в почвах частично определяется типом почв. Содержание меди и цинка в дерново-оподзоленной связно-песчаной, луговой аллювиальной супесчаной и лугово-черноземной легкосуглинистой ниже их ПДК, а в черноземе типичном среднесмытом тяжело суглинистом отмечается превышение ПДК для меди – в 7 раз, для цинка – в 3 раза.

– ионы Zn^{2+} имеют более высокое относительное сродство к исследуемым почвам, чем ионы Cu^{2+} . По увеличению содержания ионов меди и цинка почвы можно расположить в ряды: для меди – луговая аллювиальная супесчаная < дерново-оподзоленная связно-песчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая < чернозем типичный среднесмытый тяжело суглинистый; для цинка – луговая аллювиальная супесчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая < дерново-оподзоленная связно-песчаная < чернозем типичный среднесмытый тяжело суглинистый;

– на поглотительную способность исследуемых почв по отношению к ионам Cu^{2+} и Zn^{2+} оказывают влияние различные факторы:

повышение содержания гумуса и емкости поглощения почвы увеличивает способность накапливать медь и цинк. Лугово-черноземная легкосуглинистая почва характеризуется повышенным содержанием подвижных форм меди и цинка;

с ростом рН поглощение ионов меди и цинка почвой уменьшается: активность к адсорбции подвижных форм меди и цинка в кислой дерново-оподзоленной связно-песчаной и нейтральной лугово-черноземной легкосуглинистой почвах выше, чем в слабощелочной луговой аллювиальной супесчаной;

способность органического вещества поглощать ионы меди и цинка неодинакова и существенно зависит от соотношения углерода гуминовых и фульвокислот $C_{гк}/C_{фк}$. По увеличению показателя $C_{гк}/C_{фк}$ исследуемые почвы образуют ряд: луговая аллювиальная супесчаная < дерново-оподзоленная связно-песчаная < чернозем типичный среднесмытый тяжело суглинистый < лугово-черноземная легкосуглинистая;

в исследуемых почвах медь образует комплексы с ГК эффективнее, чем с ФК. Для цинка соотношение гумусовых кислот не является определяющим фактором.

Материалы исследований могут быть использованы при контроле экологической ситуации в городе, для пополнения баз данных при мониторинге почв, для градостроительных структур при планировке городской застройки.

Библиографический список

- 1 Касимов, Н. С. Эколого-геохимические оценки состояния городов // Экогеохимия городских ландшафтов. – М : Изд-во МГУ, 1995. – С. 20-37.
- 2 Burghardt W., Ohlemann S. Bodenfysikalische Merkmale der urban-industriell ilber for niter Boden in Oberhausen-Brticktorviertel. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. – 1993. – Ges. 72: 855-858.
- 3 Строганова М. Н., Прокофьева Т. В. Городские почвы как особая группа почв // Тез. Докл. 3 съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000 г., Суздаль) : Книга 3. – М., 2000. – С. 101.
- 4 Minkina T. M., Pinskiy D. L., Samokhin A. P., Kryshchenko V. S., Gaponova Y. I., Mikailsoy F. D. Effect of Attendant Anions on the Adsorption of Zinc, Copper, and Lead by Chernozems [Text] // Eurasian Soil Science. – 2009. – Vol. 42. – № 5. – P. 516-522.
- 5 Возбуцкая, А. Е. Химия почвы – М. : Высшая школа, 1968. – 428 с.
- 6 Ильин В. Б., Степанова М. Д. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение // Почвоведение. – 1979. – № 11. – С. 61-67.
- 7 Демин, В. В. Роль гуминовых кислот в необратимой сорбции и биогеохимии тяжелых металлов в почве // Известия ТСХА. – 1994. – Вып. 2. – С. 79-86.
- 8 Гедройц, К. К. Избранные научные труды. – М. : Наука, 1975. – 640 с.
- 9 Трунова, І. О. Забруднення ґрунтів важкими металами в районі відвалів фосфогіпсу // Межрегиональные проблемы экологической безопасности «МПЭБ-2003» : Сборник тезисов трудов симпозиума. – Сумы, Довкілля, 2003. – 114 с.
- 10 Климов Е. С., Бузаева М. В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. – Ульяновск : УЛГТУ, 2011. – 201 с.