

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.417

О.А. Некрасова¹, М.И. Дергачева²

¹ Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск);
Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ И ИХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УРАЛА)

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ
в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной
России» на 2009–2013 гг. (ГК № П2192 от 09.11.2009).

Проведена оценка вклада гуминовых кислот (ГК) в связывание микроэлементов (в том числе тяжелых металлов) черноземами обыкновенными. Предложен подход к непосредственной оценке доли связанных гуминовыми кислотами микроэлементов в их общем почвенном пуле, который включает пересчет содержания отдельных микроэлементов в препаратах ГК на углерод гуминовых кислот почвы (в мг/кг) и последующее соотнесение их количеств. При пересчетах учитывались содержание общего органического углерода в почве, доля гуминовых кислот в составе гумуса, содержание микроэлементов и мас. % углерода в препаратах ГК.

Незначительное превышение ПДК в черноземах обыкновенных выявлено только для Mo, Zn и Pb. Из часто встречающихся в почвах Южного Урала микроэлементов As и Hg не обнаружены ни в почвах, ни в гуминовых кислотах. В последних отсутствуют также Cd и Co. Доля микроэлементов в черноземе обыкновенном Южного Урала, приходящаяся на гуминовые кислоты, уменьшается в ряду $Cu > Mo > Cr > Zn > Ni > Pb > Ti > V$. В незначительных количествах выявлены элементы, связанные с ними (Mn, Ag). Общая доля микроэлементов, обнаруженных в гуминовых кислотах, в среднем составляет около 25% от общего их содержания в почвах.

Ключевые слова: черноземы; гуминовые кислоты; микроэлементы.

Введение

Микроэлементный состав почвенной массы черноземов обыкновенных, составляющих большой процент площадей в структуре почвенного покрова степной части Южного Урала, в целом освящен в литературе, однако вопросы, касающиеся вклада отдельных почвенных компонентов в формирование и накопление микроэлементов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), отражены в

недостаточной степени. Это касается и такого компонента почв, как гумус, который в минеральных горизонтах может содержать до 50% от общего содержания микроэлементов в почве [1]. Выявлена положительная связь между содержанием гумуса и концентрацией микроэлементов. Имеются данные, что гумусовые вещества способны сорбировать от 1 до 100% валового количества меди и до 40% молибдена [1, 2]. Большое количество разнообразных функциональных групп в гуминовых кислотах, имеющих сродство с ионами металлов, среди которых главенствующую роль, как свидетельствует большинство исследований, играют карбоксильные и фенольные группы [3], позволяет тяжелым металлам образовывать с этим компонентом почв соединения различной природы. Взаимодействия между металлами и гумусовыми веществами могут происходить разными путями: ионного обмена, сорбции на поверхности, хелатообразования, соаггуляции и пептизации и др. [1, 2]. Органическое вещество почвы может также образовывать связи с анионогенными элементами, такими как В, I, Se. Микроэлементы, в том числе и тяжелые металлы, могут связываться с гуминовыми кислотами через различные гетероатомы, такие как азот, кислород, сера. Гуминовые кислоты образуют как отчасти растворимые комплексы с металлами (с Mn, Co, Ni), так и комплексы, нерастворимые в воде (с Cu, Fe и Cr). Из всех ионов металлов наибольшее удержание гуминовой кислотой наблюдается у Fe, Cu, Zn. Установлено, что чем ниже содержание металла, тем выше энергия образования металлоорганических соединений.

Несмотря на сравнительно большую информацию о способности гуминовых кислот связывать микроэлементы [1, 2, 4–8], абсолютное большинство сведений принадлежит лабораторным экспериментам, проводимым с выделенными из почвы гумусовыми кислотами. Имеющиеся немногочисленные количественные микроэлементные характеристики препаратов гуминовых кислот до сих пор не позволяли непосредственно оценить долю вклада этого компонента гумуса в общий пул микроэлементов в почвах, поскольку это требовало введения единой для почв и гумусовых веществ количественной основы, дающей возможность их сопоставления.

В настоящей статье предлагается подход к оценке доли вклада гуминовых кислот в общий микроэлементный пул почвы на примере черноземов обыкновенных степной зоны Южного Урала.

Материалы и методики исследования

Изучался микроэлементный состав черноземов обыкновенных, распространенных на относительно незагрязненной тяжелыми металлами территории заповедной зоны «Аркаим» (Челябинская область) [9], а также выделенных из их верхней среднесуглинистого состава 40–50-сантиметровой толщи гуминовых кислот. Только изучая содержание ТМ и других микроэлементов в почвах и их гуминовых кислотах на относительно чистых территориях, можно оценить способность одного из компонентов гумусовых веществ в их связывании, при

этом полученные результаты будут свидетельствовать о возможностях ГК в конкретных ландшафтных условиях. Почвы сформированы в условиях целинной полынно-типчакowo-ковыльной степи, проективное покрытие травянистого яруса которой составляет 60–70%. Почвы содержат в горизонте А в среднем 6–8% общего органического углерода, четверть из которого приходится на гуминовые кислоты, выделяемые щелочным гидролизом после декальцирования (23–25%).

Обуглероженность гуминовых кислот верхних гумусовых горизонтов варьирует от 50 до 56% от массы препарата. Имеются сведения, что состав ГК в верхней гумусированной толще почвенного профиля характеризуется следующими среднестатистическими величинами: C = $53,7 \pm 0,62$; H = $3,5 \pm 0,59\%$; O = $39,3 \pm 0,81\%$; N = $3,5 \pm 0,59$ мас. % [10].

Почвенные образцы отбирались сплошной колонкой каждые 2–10 см в пределах границ генетических горизонтов. Гуминовые кислоты выделялись из 0,1n NaOH вытяжки после предварительного декальцирования путем их осаждения 2n HCl с последующим растворением в щелочи и пересадением [11]. Содержание общего органического углерода определялось по Тюрину, доля углерода гуминовых кислот – по Пономаревой–Плотниковой [12]. Микроэлементный состав почв и их важнейшего компонента – гуминовых кислот – определялся атомно-эмиссионным спектральным методом с использованием зоны до слияния струй в двухструйном дуговом плазмотроне, что позволило в единых условиях по одному и тому же набору образцов сравнения на основе графитового порошка проанализировать почвы и гуминовые кислоты. Примененная методика основана на том, что в зоне до слияния струй в двухструйном дуговом плазмотроне (который позволяет анализировать не только растворы, но и порошковые пробы) могут быть созданы условия, обеспечивающие независимость аналитического сигнала от состава проб, причем добавка к пробе 15% NaCl позволяет не только увеличить интенсивность аналитических линий, но и подавить матричные влияния [13]. Определение микроэлементного состава в гуминовых кислотах проводилось непосредственно в порошковых препаратах. Для проверки правильности анализа и влияния органической матрицы определение дублировалось после их предварительного озоления при $t = 500\text{--}550^\circ\text{C}$ в течение 2–3 ч. Стабильные количественные результаты при прямом определении элементов в порошке получены для большинства элементов всех гуминовых кислот, исключая бор и фосфор, результаты определения которых не обсуждаются. Погрешность анализа характеризуется относительным стандартным отклонением – 0,05–0,2.

Элементный состав гуминовых кислот определялся в аналитической лаборатории НИОХ СО РАН (Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова) под руководством доктора химических наук В.П. Фадеевой на автоматических элементных CHN-анализаторах фирмы Hewlett Packard mod.185 и фирмы Carlo Erba mod.1106 и дублировался классическим методом по Преглю.

Содержание отдельных микроэлементов в препаратах гуминовых кислот было пересчитано на углерод ГК почвы (в мг/кг), для чего учитывалось содер-

жание общего органического углерода в почве, доля гуминовых кислот в составе гумуса, содержание микроэлементов и мас. % углерода в препарате ГК.

Параллельное изучение едиными методами и методическими приёмами содержания основных микроэлементов в почвах и гуминовых кислотах при наличии данных о доле этого компонента в почвах и его элементного состава позволяет проводить количественные сопоставления и непосредственно оценить долю микроэлементов, связанных гуминовыми кислотами, в общем микроэлементном пуле почв.

Результаты исследования и обсуждение

Анализ результатов микроэлементного состава черноземов обыкновенных (табл. 1) позволяет отметить, что несмотря на варьирование содержания отдельных элементов, в целом почвы не загрязнены. Однако отдельные определения показали превышение ПДК, что сказалось на среднестатистических величинах содержания таких микроэлементов, как Mo, Zn, Pb, которые, хотя и незначительно, лежат выше границы возможных предельных их концентраций. Считается, что содержание молибдена в почвах обычно близко к его концентрации в материнских породах.

В почвах мира количество этого элемента варьирует в пределах 0,013–17,0 мг/кг. В нашем случае его содержание колеблется в пределах 4–8 мг/кг почвы. В то же время содержание большинства микроэлементов-загрязнителей, таких как хрома, меди, марганца, никеля, ванадия, титана, кобальта и кадмия, лежит ниже величины ПДК (табл. 2).

Таблица 1
Микроэлементный состав черноземов обыкновенных*

Горизонт	Глубина, см	Содержание микроэлементов в почве, мг/кг										
		Ag	Cr	Cu	Mn	Mo	Zn	Ni	Pb	V	Ti	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разрез 9511												
A _д	0–5	2	100	40	520	8	90	50	50	130	1900	19
A	5–10	0,6	100	40	540	8	90	50	40	150	2100	24
	10–16	0,6	90	30	560	8	60	50	30	140	2600	25
AB	16–20	3	70	30	470	6	40	50	30	90	1500	18
Разрез 9512												
A _д	0–3	<0,5	70	40	800	4	110	40	40	100	1500	20
A	3–10	0,5	80	30	1000	4	70	40	30	120	2000	20
	10–15	0,5	80	40	700	4	90	50	30	100	1500	20
	15–20	0,3	100	30	700	5	100	70	40	150	2900	30
	20–25	0,3	80	20	400	4	90	40	30	80	1300	20
AB	25–32	0,3	100	50	700	4	120	50	60	80	1700	20
	32–39	0,6	120	50	600	6	130	90	40	100	2000	50
Разрез 9513												
A _д	0–3	0,5	130	60	600	8	140	80	40	160	2500	20
A	3–10	0,7	100	40	800	6	100	80	30	140	2000	3
	10–15	0,6	100	50	300	5	80	70	30	110	2000	20
	15–20	0,5	100	40	800	5	70	70	30	90	1000	20

* По Kloke, 1980.

Из часто встречающихся в почвах Южного Урала микроэлементов [9] As и Hg в почвах не обнаружены. Из наиболее распространенных загрязняющих элементов, среди которых, по мнению Ю.В. Алексеева [14], преобладают цинк, свинец, хром, ртуть и кадмий, в изученных почвах в количествах, близких к ПДК или превышающих их, содержатся только цинк и свинец, остальные лежат в пределах ПДК. В общем, результаты показывают, что за содержанием трех элементов – молибденом, цинком и свинцом – требуется слежение.

В гуминовых кислотах черноземов обыкновенных не обнаружены следующие элементы: Be, Bi, Cd, Y – $<3 \cdot 10^{-5}\%$; In, Nb, Sc, Pd – $<3 \cdot 10^{-4}\%$; Au, Co, Ge, Hf, Pt – $<4 \cdot 10^{-4}\%$; La, Sb, Ta, Te, W – $<1 \cdot 10^{-3}\%$; As, Hg – $<3 \cdot 10^{-3}\%$. Таким образом, из наиболее распространенных и изучаемых микроэлементов в гуминовых кислотах не обнаружены Cd, Co, As и Hg.

Т а б л и ц а 2

Среднестатистическое содержание элементов в черноземе обыкновенном

Элемент	n	Среднестатистическое содержание	ПДК
Ag	15	0,79±0,14	Нет данных
Cr	15	94,7±16,3	150
Cu	15	39,3±10,3	100*
Mn	15	632,7±179,9	1 500
Mo	15	5,7±1,6	5,0
Zn	15	92,0±26,5	100
Ni	15	58,7±16,4	85
Pb	15	36,7±9,0	32
V	15	116,0±27,2	150
Ti	15	1 900±508,5	5 000
Co	15	21,9±9,6	50*
Cd**	8	0,79±0,20	5,0

* По Kloke, 1980.

** Вычислено по результатам изучения содержания Cd в черноземе обыкновенном, вскрытом разрезом 9510.

Все изученные препараты гуминовых кислот в наибольшем количестве в своем составе содержат Ti и Cu, причем из 13 случаев в 8 преобладает Ti, в 5 – Cu (табл. 3). По средним данным преобладает Ti, содержание которого составляет 5,4 мг/кг, что на 0,7 мг/кг превышает таковое меди. Количество остальных элементов на порядок меньше и колеблется от 0,6 до 0,1 мг/кг. Составленный по средним данным ряд содержания микроэлементов по мере убывания их количества (в мг/кг) имеет следующий вид: Ti > Cu > Cr > Mo > Zn > Ni > V > Pb > Mn, причем два последних элемента связываются гуминовыми кислотами в минимальных количествах, не превышающих 0,1 мг/кг.

Наибольшая доля среди связанных гуминовыми кислотами микроэлементов характерна для Cu. В среднем на ГК приходится почти 14% этого элемента от валового его содержания в почве, при этом максимальная доля близка к 52%, а минимальная – не превышает 2%. Способность ГК образовывать устойчивые соединения с медью отмечалась для этого элемента ранее [1]. Установлено, что на долю органического вещества в черноземе

Содержание микроэлементов в гуминовых кислотах почв*

Горизонт	Глубина, см	C _{общ.} , %	%ГК	мас. % С в ГК*	Содержание микроэлементов, пересчитанное на углерод ГК почвы: в числителе – в мг/кг, в знаменателе – процент от валового									
					Ag	Cr	Cu	Mn	Mo	Zn	Ni	Pb	V	Ti
					Разрез 9511									
A _н	0–5	7,19	30,5	56,0	0,01 0,5	1,17 1,7	5,09 12,7	0,16 <0,1	1,17 14,6	0,16 0,18	0,35 0,7	0,39 0,8	0,16 0,1	5,87 0,3
	5–10	4,91	33,5	52,1	0,00 0,0	0,63 0,6	3,16 7,9	0,16 <0,1	0,63 7,9	0,63 0,7	0,28 0,6	0,32 0,8	0,03 <0,1	9,47 0,5
A	10–16	2,83	33,9	53,6	0,01 1,7	0,36 0,4	1,79 6,0	0,04 <0,1	0,04 0,02	0,11 0,5	0,07 0,2	0,04 0,1	0,05 <0,1	3,58 0,1
	16–20	2,16	18,5	52,5	0,00 0,0	0,38 0,5	0,02 0,1	0,02 0,0	0,02 0,3	0,69 1,7	0,15 0,3	0,02 0,1	0,23 0,3	4,57 0,3
A _н	0–3	7,75	31,9	51,5	0,02 4,0	0,96 1,4	20,64 51,6	0,10 <0,1	0,96 24,0	0,24 0,2	0,48 1,2	0,10 0,3	0,07 0,1	1,92 0,1
	3–10	5,27	44,0	50,0	0,02 4,0	1,39 1,7	10,20 34,0	0,19 <0,1	0,93 23,3	0,23 0,3	0,70 1,8	0,14 0,5	0,28 0,2	6,03 0,3
	10–15	3,48	46,1	55,5	0,01 2,0	0,58 0,7	4,62 11,6	0,12 <0,1	0,58 14,5	1,16 1,3	0,29 0,6	0,06 0,2	0,09 0,1	3,47 0,2
	15–20	2,66	54,3	53,0	0,01 3,3	0,58 0,6	4,62 15,4	0,12 <0,1	0,58 11,6	1,16 1,2	0,29 0,4	0,06 0,2	0,09 0,1	3,47 0,1
	20–25	1,84	45,9	54,0	0,00 0,0	0,47 0,6	6,26 31,3	0,23 0,1	0,31 7,8	0,31 0,3	0,16 0,4	0,05 0,2	0,16 0,2	7,04 0,5
	A _н	0–3	6,45	23,5	54,6	0,01 2,0	0,28 0,2	1,67 2,8	0,06 <0,1	0,56 7,0	0,56 0,4	0,14 0,2	0,28 0,7	He омп.
3–10		3,19	23,3	52,6	0,00 0,0	0,14 0,1	0,71 1,8	0,04 <0,1	0,03 0,5	0,14 0,1	0,03 <0,1	0,01 <0,1	He омп.	11,30 0,6
10–15		2,01	28,5	55,5	0,00 0,0	0,21 0,2	1,03 2,1	0,02 <0,1	0,02 0,4	0,04 0,1	0,02 <0,1	0,01 <0,1	He омп.	0,62 <0,1
15–20		1,88	26,6	50,9	0,00 0,0	0,49 0,5	1,67 4,2	0,06 <0,1	0,20 4,0	0,04 0,1	0,09 0,1	0,01 <0,1	He омп.	4,91 0,5
Среднее		В 20–25-сан- тиметровой толще	–	–	–	0,59 0,71	4,73 13,96	0,10 0,10	0,468,9	0,42 0,52	0,23 0,51	0,11 0,32	0,13 0,10	5,38 0,29

* Среднее из 2–5 повторностей.

выщелоченном Западной Сибири приходится 32–36% валового содержания меди, при этом гуминовые кислоты связывают около 10% от этого количества [4]. Таким образом, полученные для ГК чернозема обыкновенного Южного Урала уровни содержания меди сопоставимы с известными литературными данными, расширяя, однако, диапазон возможного уровня связывания Cu этим компонентом.

Следующим по доле связанного ГК количества микроэлемента является Mo. Гуминовые кислоты черноземов обыкновенных Южного Урала вносят значительный вклад в связывание Mo: от 0,3 до 24% (в среднем 8,9%) от валового содержания в почве этого микроэлемента приходится на них, что больше, чем в 2 раза, но меньше значений, полученных для более северных черноземов другими исследователями [4].

Остальные микроэлементы обнаружены в составе гуминовых кислот в существенно меньших количествах, на порядок более низких, чем предыдущие. Так, на долю гуминовых кислот приходится не более 1,7% хрома (в среднем около 0,7%) от содержащегося в почве, что согласуется с представлениями о том, что большая часть хрома в почвах присутствует в виде Cr^{+3} , входящего в состав минералов или присутствующих в виде оксидов.

Гуминовые кислоты удерживают в среднем 0,5% от валового содержания цинка. Количественные оценки распределения Zn по почвенным компонентам других авторов [15] показывают, что органические комплексы цинка составляют 1,5–2,3%. Полученные нами результаты подтверждают возможность гуминовых кислот черноземов обыкновенных связывать этот элемент в небольших количествах. Вклад гуминовых кислот в связывание никеля почвой в среднем составляет, как и предыдущего, 0,5%. Имеются сведения, что степень связывания этого металла с органическими лигандами не может быть особенно высокой [1], хотя указывается, что органическое вещество способно мобилизовывать никель из карбонатов и оксидов, а также уменьшать его сорбцию глинами. Несмотря на то что в распределении никеля и кобальта в земной коре имеется большое сходство, последний микроэлемент в гуминовых кислотах изученных черноземов обнаружен не был.

Максимальный вклад гуминовых кислот в связывание свинца не превышает 1%. Это и понятно, поскольку считается, что Pb адсорбируется главным образом глинистыми минералами, оксидами Mn, гидроксидами Fe и Al. Есть указания на участие в этом процессе органического вещества. Но органическое вещество как важный иммобилизатор Pb рассматривается для загрязненных почв. Возможно, что превышение количеств этого микроэлемента его ПДК столь незначительны, что почвы можно отнести только к объектам слабого загрязнения по этому элементу, и ГК не играют ведущей роли в его связывании, количество которого в этом компоненте гумуса в среднем составляет 0,3% от валового его содержания в почве.

Уровни накопления титана гуминовыми кислотами изменяются в пределах 0,1–0,6% от валового содержания в почве, хотя абсолютные его количе-

ства превышают во многих ГК содержание преобладающего в них микроэлемента меди. Таким образом, ГК почв активно связывают Ti , но доля их в этом процессе не столь значительна (не превышает в среднем 0,29% от валового его содержания в почве) вследствие высокого валового содержания этого элемента в почве в составе различных минералов.

Ванадий преимущественно приурочен к основным породам и сланцам, в изучаемых черноземах обыкновенных его содержание достаточно велико и варьирует от 80 до 160 мг/кг (см. табл. 1). Гуминовые кислоты накапливают в своем составе лишь 0,1–0,2% от этого количества, причем и абсолютное содержание этого микроэлемента в составе ГК достаточно низкое (см. табл. 3).

В большинстве почв мира количество марганца находится в пределах 200–800 мг/кг. Уровни содержания этого элемента в изученных черноземах обыкновенных варьируют в пределах 400–1000 мг/кг почвы. Гуминовые кислоты удерживают от этого количества лишь доли миллиграммов, что соответствует менее 0,1% от общего его содержания.

Средние концентрации серебра в мировых почвах лежат в пределах 0,01–8 мг/кг. В большинстве случаев содержание серебра в исследуемых степных почвах составляет не более 0,6 мг/кг, в единичных – 2–3 мг/кг. В то же время доля связанных с гуминовыми кислотами Ag не превышает 4% от валового его содержания в почве, но часто этот элемент в составе ГК не обнаруживается.

Заключение

Таким образом, для гуминовых кислот черноземов обыкновенных Южного Урала определен микроэлементный состав, позволивший выявить уровень накопления ряда элементов этим компонентом почв. Микроэлементы, обнаруженные в гуминовых кислотах, могут быть расположены в порядке уменьшения их содержания: $Cu > Mo > Cr > Zn > Ni > Pb > Ti > V > Mn$. Самые незначительные количества в составе ГК ($< 0,1\%$ от валового содержания в почве) обнаружены для Mn . Серебро связывается лишь гуминовыми кислотами верхней части гумусовой толщи. Такие элементы, как Cd , Co , As и Hg , не связываются с основным компонентом гумуса черноземов обыкновенных. Общая доля микроэлементов, обнаруженных в гуминовых кислотах, в среднем составляет около 25% от общего их содержания в почвах.

Накопление статистически значимого массива данных в дальнейшем позволит оценить вклад гуминовых кислот, формирующихся в разных экологических условиях, в биогеоценотические и глобальные функции, выполняемые почвами по отношению к различным природным средам.

Литература

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 439 с.
2. Манская С.М., Дроздова Т.В. Геохимия органического вещества. М. : Наука, 1964. 314 с.

3. Merdy P., Huclier S., Koopal L.K. Modeling metal-particle interactions with an emphasis on natural organic matter // Environ. Sci. Technol. 2006. P. 7454–7466.
4. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск : Наука, 1976. 107 с.
5. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М. : Высшая школа, 1975. 496 с.
6. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М. : Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.
7. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
8. Дерхам Х.М. Взаимодействие тяжелых металлов (медь и цинк) с органическими и минеральными компонентами почв : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 16 с.
9. Еремченко О.З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 1997. 319 с.
10. Некрасова О.А., Дергачева М.И. Микроэлементный состав гуминовых кислот черноземов обыкновенных Большекарганской долины (Южный Урал) // Современные проблемы загрязнения почв. III Международная научная конференция : сб. материалов. М., 2010. С. 263–266.
11. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Лаврик Н.Л. Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала. Новосибирск, 2002. 24 с.
12. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. Л. : Изд. Почв. музея им. В.В. Докучаева, 1975. 105 с.
13. Заксас Н.П., Дергачева М.И., Шелтакова И.Р. Новые аналитические возможности двухструйного дугового плазмотрона при изучении микроэлементного состава гуминовых кислот почв разного генезиса // Гуминовые вещества в биосфере : тезисы докл. II Межд. конф. М. ; СПб., 2009. С. 36–37.
14. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л. : Агропромиздат, 1987. 141 с.
15. Зырин Н.Г., Рерих В.И., Тихомиров Ф.А. Формы соединения цинка в почвах и поступление его в растения // Агрохимия. 1976. № 5. С. 124–132.

Поступила в редакцию 15.07.2011 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2011. № 4 (16). P. 7–16

Olga A. Nekrasova¹, Maria I. Dergacheva²

*¹Ural Federal University named after the First President
of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia*

*²Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia;
Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia*

THE AMOUNT OF TRACE ELEMENTS IN ORDINARY CHERNOZEM AND THEIR HUMIC ACIDS (ON AN EXAMPLE OF SOUTH URALS)

The amount of some trace elements in ordinary chernozems – the dominant soil type of «Arkaim» reserve (South Ural) and their humic acids (HA) has been carried out. The amount of trace elements being in soil, including heavy metals, is considerable, however the data about maintenance of various amount of trace elements in their humic acids is rather not numerous.

The level of humus (the amount of general organic carbon in the top 15-sm layer – 6–9%) and humic acids content of humus horizon in soils studiing is high. Humic acids

fractions 1+2 make the greatest share from the general organic soil carbon of 23–25% in humus horizons. Their own carbon content varies from 50 to 56% from weight of a preparation. Humic acids were allocated from 0,1n NaOH extracts after preliminary decalcition by their sedimentation 2n HCl, with the subsequent dissolution in alkali and resedimentation. The trace elements structure of soils and their major component – humic acids was defined by an atomno-issue spectral method.

The amount of separate elements in the same horizons of ordinary chernozems can sometimes differ almost in 2 times (Cr, Mo, V). This fact is marked for soils of steppe and forest-steppe conditions. The concentration variation in big limits of the majority trace elements in the same soil types is connected with distinctions in humus content, pH, absorption capacities, soil structure, CaCO₃ content. The average maintenance of defined elements lies in the limits which are not exceeding maximum concentration limit. Though the territory of South Ural tests considerable anthropogenous loading, soils are not polluted. Insignificant excess of maximum concentration limit in ordinary chernozems is revealed only for Mo, Zn and Pb. As and Hg, trace elements that are often met in Southern Urals soils aren't found out neither in soils, nor in humic acids.

The maintenance of separate trace elements in preparations humic acids has been counted for soil HA carbon (in mg/kg). The content of the general organic carbon in soil, humic acid percent, the amount of trace elements in HA preparation and mass carbon % in HA was considered for this purpose. Similar recalculation allows to estimate the contribution of humic acids in linkage of trace elements by soils. The order of linkage decreasing of trace elements by humic acids of ordinary chernozem is established: Cu > Mo > Cr > Zn > Ni > Pb > Ti > V. The elements which are not forming associations with humic acids of chernozem (Co, Sb), and also connected with humic acids in insignificant quantities (Mn, Ag) are revealed. The general share of trace elements which have been found out in humic acids, on the average makes about 25% from their general maintenance in soils.

Key words: *chernozem; humic acids; trace elements.*

Received July 15, 2011