

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА

В.С. Зыбалов¹, М.А. Попкова²

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Представлены результаты исследования по влиянию тяжелых металлов на показатели почвенного плодородия в различных районах Челябинской области. В результате большого выноса основных элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур, отсутствия необходимых мероприятий по их компенсации баланс питательных веществ во всех исследуемых почвах отрицательный. Содержание тяжелых металлов за счет антропогенного загрязнения в некоторых почвах превышает допустимое значение, что приводит к низкому содержанию как гидролизуемого азота, так и подвижного фосфора при высоком содержании валовых форм.

На состояние в почвенном растворе тяжелых металлов и характер их распределения в пахотных горизонтах оказывают влияние как гранулометрический, так и химический состав почв, состав и свойства органических соединений гумуса.

Анализ исследуемых почв показал, что содержание гумуса в пахотных почвах и на целине исследуемых площадей Челябинской области имеет тенденцию к снижению. Это связано не только с низким поступлением органического вещества в почвы, но и с влиянием тяжелых металлов на связывание гуминовых кислот и перевод их в гуматы. На доступность элементов питания оказывает влияние реакция почвенного раствора на кислых почвах, даже те небольшие дозы вносимых минеральных удобрений не могут использоваться растениями.

Ключевые слова: почва, химические вещества, тяжелые металлы, мониторинг, удобрения.

Введение

Почвенный покров Челябинской области характеризуется чрезвычайной пестротой. Он представлен сложными сочетаниями различных типов, подтипов, видов и разновидностей, преимущественно черноземов. Они составляют 64 % в структуре пашни, серые лесные – 9,8 %, солонцовые комплексы – 13,7 %, остальную площадь занимают другие типы почв. За последние годы Челябинская область демонстрирует рост основных продуктов питания, в том числе производство зерна. Так, в 2017 году урожайность зерновых составила 17,3 ц/га, валовый сбор зерна 2,3 млн тонн, что на 18 % больше, чем в 2016 году [1].

При росте продукции растениеводства происходит значительный вынос питательных веществ. При недостаточной компенсации элементов питания почвы теряют плодородие и деградируют. Причиной снижения плодородия являются почвозагрязняющие технологии, высокая насыщенность севооборотов зерновыми культурами, недостаточное внесение удобрений и мелиорантов. Кроме этого на состояние почв оказывают значительное влияние промышленные предприятия и автотранспорт. Происходит накопление тяжелых металлов в почве, которые переходят по пищевым цепям «почва – растение – человек», «почва – растение – скот – человек», загрязняют и снижают качество сельскохозяйственной продукции, оказывают отрицательное влияние на поступление в растения элементов питания [2]. Поэтому проблема изучения влияния тяжелых металлов на показатели почвенного плодородия для Челябинской области является актуальной, так как связана с продовольственной безопасностью и здоровьем населения региона [3].

Цель исследования: изучить содержание тяжелых металлов в почвах Южного Урала и определить их влияние на подвижные формы основных биогенов (NPK).

Экспериментальная часть

Массовая доля для подвижного фосфора, калия (мг/кг) определялась в соответствии с ГОСТ 26204. Массовая доля обменного кальция и магния (ммоль/100 г) по ГОСТ 26487. При расчете содержания железа, кадмия, меди (мг/кг) и мышьяка млн^{-1} (мг/кг) МУ в почвах использовали «Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства» (1992) и ГН 2.1.7.2041-06 [4, 5].

Мониторинг почв проводился в период с 2010 по 2017 г. в Верхнеуральском, Октябрьском, Сосновском районах. Отбор почвенных образцов осуществлялся методом конверта по горизонтам 0–10 см и 10–20 см массой по 0,5 кг в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы». Почвы. Общие требования к отбору проб почв для химического, бактериального, гельминтологического анализа».

Результаты и обсуждение

Анализ почв Челябинской области показал, что баланс NPK начиная с 1990 г. отрицательный (табл. 1). Вынос основных элементов питания превышает поступление их в почву. Это связано с тем, что за последние годы внесение органических удобрений не превышает 0,2 т/га, минеральных – 8,0 кг д.в на 1 га [6].

Таблица 1

Баланс питательных веществ в пашне Челябинской области (1991–2016 гг.)

Годы	Внесено NPK тыс. т д.в.			Итого внесено тыс. т д. в.	Вынос NPK с урожаем с/х культур, тыс. т	Баланс питательных веществ	
	с минер. удобрен.	с органич. удобрен	с соломой и растит. остатками			тыс. т д. в.	кг/га полевой площади
1991–1995	31,1	30,3	28,9	99,3	135,1	–33,8	–19,3
1996–2000	7,4	8,2	26,4	42,0	128,3	–86,6	–49,2
2001–2005	10,5	3,8	25,3	39,6	118,1	–78,5	–53,6
2006–2010	11,2	3,4	24,5	39,1	117,0	–77,9	–40,8
2011–2016	7,8	10,1	25,6	43,5	128,2	–84,7	–34,6

Наибольшая площадь пахотных земель Челябинской области приходится на почвы черноземного типа. Черноземы – наиболее плодородные почвы. Имея высокую буферную способность, они обладают повышенной возможностью противостоять антропогенным нагрузкам, снижать отрицательное действие тяжелых металлов, пестицидов и других токсических веществ в почве [7, 8].

Однако как показывает анализ и результаты мониторинга земель, пахотные почвы значительно уступают по своим агроэкологическим показателям целинным аналогам. Так, содержание фосфора в почвах стационарных пунктов мониторинга зависит от его количества в почвообразующей породе, от процессов биологической аккумуляции в активных слоях почвы и от внесения удобрений в почвы. Изменение состава удобрений в почвах за период ротации приведено ниже в табл. 2 [8, 9].

Таблица 2

Изменение количества азота и фосфора в почвах стационарных пунктов, мг/кг почвы

Наименование зон и состояние почвы	Содержание азота						Содержание фосфора						
	валового			гидролизуемого			валового			подвижного			
	1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±	
Горно-лесная	П	212	229	+17	10,0	8,3	–1,7	57,7	43,5	–14,2	4,4	1,0	–3,4
	Ц	236	199	–37	10,7	8,2	–2,5	170,1	141,0	–29,1	0,4	0,4	0,0
Северная лесостепь	П	272	230	–42	11,7	8,8	–2,9	98,3	93,0	–5,3	5,5	6,0	+0,5
	Ц	268	218	–50	12,5	8,7	–3,8	85,0	80,0	–5,0	5,2	3,1	–2,1
Южная лесостепь	П	293	242	–51	9,7	8,6	–1,1	134,0	109,0	–2,5	4,3	4,6	+0,3
	Ц	329	241	–88	9,6	8,6	–1,0	136,0	123,0	–13,0	2,9	4,3	+1,4
Степная зона	П	249	236	–13	9,6	8,2	–1,4	123,0	111,0	–12,0	5,6	3,6	–2,0
	Ц	258	231	–27	9,6	8,5	–2,1	115,0	90,0	25,0	2,3	2,2	–1,1
Средние показатели	П	263	286	–27	10,4	8,5	–1,9	102,0	92,0	–10,0	4,3	4,1	–0,2
	Ц	266	229	–37	10,2	8,5	–2,3	119,0	105,0	14,0	3,0	2,8	–0,5

Примечание. Здесь и далее: П – пахотный слой, Ц – целина.

Из приведенных данных видно, что как в пахотном слое, так и на целине относительно низкое содержание как гидролизованного азота, так и подвижного фосфора при высоком содержании валовых форм. Кроме того, в почвенном слое за период ротации снижается количество как валового азота и фосфора, так и гидролизованного азота и подвижного фосфора, количество азота и фосфора на целине снижается в большей степени, чем в пахотных почвах. Основной причиной такого распределения удобрений в почвах является не только недостаточное внесение в почвы удобрений и мелиорантов, но и высокое загрязнение почв тяжелыми металлами [10].

Тяжелые металлы оказывают существенное влияние на состояние и на состав питательных веществ в почвах, особенно на соединения подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота, переводя их в нерастворимые состояния. Результаты мониторинга состояния пахотного слоя и целины почв стационарных пунктов агроклиматических зон за период ротации приведены в табл. 3.

Таблица 3
Содержание тяжелых металлов в почве стационарных пунктов мониторинга, мг/кг почвы

Наименование зоны		Cu	Zn	Ni	V	Co	Mn	Cr	Cd	Pb	Индекс опасности
Горно-лесная	П	19–29	34–39	56–90	24–30	16–50	370–757	33–50	0,1	13–20	3,0–4,5
	Ц	19–24	33–39	53–69	24–26	17–42	390–871	40–47	0,1	13–19	3,0–4,3
Северная лесостепь	П	8–18	17–30	16–58	13–26	6–16	238–468	15–53	0,1	3–16	1,2–2,9
	Ц	9–16	18–32	16–63	12–25	6–17	268–446	16–40	0,1	7–15	1,5–3,1
Южная лесостепная	П	18–21	29–43	32–64	21–28	10–40	325–610	19–36	0,9	16–24	2,9–3,7
	Ц	17–21	29–38	33–69	19–29	9–40	359–580	22–36	0,8	16–20	2,9–3,5
Степная	П	14–34	23–54	41–195	14–25	15–80	318–1098	26–60	0,2	15–34	2,5–7,5
	Ц	14–28	25–59	41–106	14–22	18–68	326–861	26–53	0,3	13–62	2,6–5,5
Средние показатели	П	8–38	17–54	16–195	13–30	6–80	318–1098	15–60	0,1–0,9	3–34	1,2–7,4
	Ц	9,28	18–59	16–106	12–29	6–68	268–861	16–53	0,1–0,8	13,32	1,5–5,2
ПДК		85	130	95	150	100	1500	90	3,0	32	–
Подвижные		2,3	4,0	–	5,0	–	–	6,0	–	–	–

Практически все указанные тяжелые металлы поливалентны, многие их соединения хорошо растворимы в воде, они активно сорбируются биотой почв и образуют в почвенном растворе с удобрениями, мелиорантами и гумусовыми кислотами нерастворимые соединения. На состояние в почвенном растворе тяжелых металлов и характер их распределения в пахотных горизонтах оказывают влияние как гранулометрический, так и химический составы почв, состав и свойства органических соединений гумуса [11].

В связи с тем, что основная часть азота (80 %) входит в состав гумуса, то состояние азота в гумусе зависит от содержания в нем органических веществ и тяжелых металлов, а также от кислотности почв. Основными продуктами, образуемыми при взаимодействии органической части гумуса с ионами тяжелых металлов, являются сложные соли, гуматы и фульваты тяжелых металлов, а также комплексные металлоорганические соединения. В образованных продуктах ионы металлов располагаются в анионной части молекул гумуса в составе карбоксильной и фенольной групп, замещая в них протоны [12].

В анионной части они прочно закреплены, а в функциональных группах способны к диссоциации. Фульвокислоты по сравнению с гуминовыми кислотами обладают более высокой способностью к комплексообразованию с ионами поливалентных металлов, а образующиеся продукты остаются более подвижными и оказывают незначительное влияние на плодородие земель. Увеличение доли подвижных форм тяжелых металлов в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв либо повышает количество диссоциированных соединений, связанных с функциональными группами гуминовых кислот, либо приводит к росту органических веществ фульвокислот [13].

Все это не только ухудшает качественный состав гумуса, но и снижает его количество в загрязненных тяжелыми металлами почвах, что в свою очередь приводит к снижению их плодородия. Изменение состава почвенного раствора в загрязненных тяжелыми металлами почвах подтверждается результатами обследования почв в стационарных пунктах мониторинга за период ротации, приведенными в табл. 4 [14].

Изменение содержания и состава гумуса в почвах стационарных пунктов мониторинга, %

Наименование зоны и состояние почвы		Содержание гумуса			Органические вещества			Гуминовые кислоты			Фульвокислоты		
		1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±	1 тур	2 тур	±
Горно-лесная	П	6,6	5,5	-1,1	2,5	2,7	+0,2	2,1	1,6	-0,5	1,8	0,8	-1,0
	Ц	7,7	6,8	-0,9	2,9	2,3	-0,6	2,6	1,5	1,1	0,6	0,6	0,0
Северная лесостепь	П	6,2	5,3	-0,9	2,5	1,5	-1,0	1,2	1,4	+0,2	0,7	0,7	0,0
	Ц	5,4	5,5	+0,1	1,9	2,9	+1,0	1,1	1,5	+0,4	0,8	0,9	+0,1
Южная лесостепь	П	6,6	6,6	0,0	2,6	2,6	0,0	1,1	1,1	0,0	0,6	0,8	+0,2
	Ц	7,4	7,8	+0,4	2,9	3,1	+0,2	2,1	1,4	-0,7	0,7	0,8	+0,1
Степная зона	П	4,9	4,5	-0,4	2,0	2,0	0,0	0,6	0,5	-0,1	1,0	0,5	-0,5
	Ц	6,5	5,9	-0,6	2,6	2,5	-0,1	0,8	0,7	-0,1	1,0	0,6	-0,4
Средние пока- затели	П	6,0	5,3	-0,7	2,4	2,5	+0,1	1,2	1,2	0,0	0,6	0,6	0,0
	Ц	7,6	6,7	-0,9	2,9	2,7	-0,2	1,2	1,3	+0,1	0,8	0,8	0,0

Из приведенных анализов почв видно, что содержание гумуса в пахотном слое, особенно в почвах с повышенным индексом опасности (степная зона), за период ротации снизилось. Это объясняется не только недостаточным количеством вносимых в почвы органических удобрений, но и связыванием тяжелыми металлами гумусовых кислот и переводом их в гуматы.

Тяжелые металлы также влияют на состав и содержание фосфорных удобрений как в пахотном слое, так и на целине, уменьшая их содержание, переводя их в нерастворимые фосфаты, замещающая водород [15].

В связи с этим стоит сложная задача по снижению влияния на плодородие почв перечисленных выше факторов, и простым увеличением внесения удобрений и мелиорантов в почвы ее не всегда можно решить. Необходимо не только снизить активность и подвижность тяжелых металлов в почвенном растворе, но и уменьшить подвижность азотных и фосфорных удобрений, сохранив их высокую растворимость в почвенном растворе.

Одним из вариантов снижения подвижности тяжелых металлов является снижение кислотности почвы, что достигается восполнением кальция, который выносится с урожаем. Однако снижением кислотности почв только частично можно снизить подвижность отдельных тяжелых металлов (свинец, цинк, медь и др.). Наиболее эффективно внесение в загрязненные тяжелыми металлами почвы сорбентов [16].

Так, например, известно, что эффективным адсорбентом являются цеолиты с высоким содержанием оксидов алюминия и кремния [7]. Но цеолитов в Челябинской области нет, а имеется активный сорбент-глауконит, обладающий такими же высокими адсорбционными свойствами, как и цеолиты. Химический состав глауконитов Каринского месторождения, по данным Уральского института минералогии, характеризуется следующими данными, %: SiO₂ – 52,9; Al₂O₃ – 11,8; Fe₂O₃ – 16,7; MgO – 4,3; CaO – 0,8; K₂O – 8,6; Na₂O – 0,1. Емкость катионного обмена концентрата глауконита изменяется от 390 до 550 мг-экв, природных Каринских глауконитов (руды) – до 250...350 мг-экв на 1 кг руды. Способность глауконита извлекать тяжелые металлы из растворов составляет, % от исходного содержания: Pb – 99, Hg – 64, Co – 97, Cu – 96, Mn – 95, Cr – 92, Ni – 90, Zn – 90, Fe – 99 и т. д. [17].

Несмотря на то, что глауконит не является непосредственным источником элементов питания, он оказывает значительное косвенное влияние на азотный и фосфорный режим почвы и обеспеченность растений этими элементами, активизируя биологические процессы минерализации органических веществ почвы, в том числе и гумуса. Например, в АОЗТ «Каштакский» урожайность кукурузы при внесении 40 т/га глауконитовой руды повысилась с 346 до 527 ц/га, то есть прибавка составила 52 %, урожайность капусты – 615 ц/га против 480 (увеличение на 28 %). При этом глауконит снизил содержание свинца в биомассе капусты на 63 %, меди – в 10 раз и нитратов – в 2,6 раза. Опытные работы по изучению свойств глауконита, проведенные в 1996–1999 гг. Центром химизации сельскохозяйственной радиологии «Челябинский», не только подтвердили наличие у него сорбционных свойств, но и то, что он оказывает положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем, применение глауконита на кислых почвах менее эффективно, поскольку в нем практически не содержится оксида кальция [18]. Применять глауконит для мелиорации почв Южного Урала экономически не целесообразно из-за его высокой стоимости, особенно при наличии на предприятиях алюмосиликатных тонкодисперсных отходов, специальной обработкой которых можно повысить в них адсорбционные свойства. Такими отходами являются пыли Троицкой ГРЭС и ЮУ ГРЭС, химический состав которых близок к составу глауконита, что видно из данных, приведенных в табл. 5.

Таблица 5

Химический состав тонкодисперсных отходов и глауконита (для сравнения), %

Наименование отхода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O
Глауконит	52,89	11,83	16,74	4,31	0,82	8,57
Пыль ЮУ ГРЭС	49–60	21–27	9–20	1,5–3,5	3–4	–
Пыль Троицкой ГРЭС	64,7	27,7	4,7	0,3	1,7	–

Высокие выбросы такой пыли Троицкой и Южноуральской ГРЭС накапливаются в почвах Южной лесостепной зоны, связывают имеющиеся в почвах тяжелые металлы, снижая их подвижность. Это подтверждает, что такого состава пыль может быть активным сорбентом после отделения от нее сепарацией грубых частиц и добавки к пыли в определенном количестве тонкодисперсной известковой или доломитовой пыли, особенно после их термообработки.

Одним из важных мероприятий по повышению активности удобрений является проведение их обработки перед применением различными адсорбентами, такими как природные цеолиты. Сущность изобретения заключается в том, что минеральное удобрение, содержащее смесь фосфорного удобрения с природным цеолитом при соотношении фосфорное удобрение – цеолит от 1:5 до 1:500, в значительной степени снижает подвижность удобрения, сохраняя при этом растворимость в почвенном растворе. Применяется также минеральное удобрение, включающее фосфорный и кремниевый компоненты. В качестве кремниевого компонента представлены биогеохимически активные вещества с содержанием Si от 10 до 45 % в некристаллической форме и с размером частиц не более 1 мм, при этом весовое соотношение фосфорного и кремниевого компонентов составляет 1:1 и более. В качестве кремниевого компонента с биогеохимической активностью могут быть использованы твердые, экологически безопасные промышленные отходы металлургической (в том числе цветной), цементной, химической, фармацевтической, пищевой, энергетической, деревообрабатывающей промышленности и сельского хозяйства в виде золы, шлаков, пыли и т. п. [19].

При их использовании уменьшается миграция фосфатов или их переход в недоступные для растений формы, обеспечивается оптимальное фосфорное питание растений. Кремниевый компонент повышает эффективность воздействия фосфатов на растения, не позволяя мигрировать им вниз по почвенному профилю (адсорбируя фосфаты на поверхности) и трансформироваться в недоступные для растений формы, растворимые монокремниевые кислоты, они переводят труднорастворимые фосфаты в доступную для растений форму, снижая тем самым общий расход дефицитных фосфорных удобрений [20].

Заключение

1. Тяжелые металлы оказывают влияние на агрохимические показатели почвенного плодородия, особенно на соединения подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота, переводя их в нерастворимое состояние.

2. Для компенсации выноса питательных веществ необходимо вносить удобрения на планируемый урожай.

3. Для снижения влияния тяжелых металлов на состояния почв и поддержания в почвах нормальной кислотности можно применять в качестве мелиорантов пыли, получаемые при прокаливании известняка и доломита.

4. Проводить упреждающее известкование кислых почв.

Литература

1. Зыбалов, В.С. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области / В.С. Зыбалов, И.П. Добровольский, Р.С. Рахимов; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент науч.-технол. политики и образования, Юж.-Урал. гос. аграр. ун-т. – Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2016. – 265 с.
2. Ермохин, Ю.И. Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе почва-растение-животное / Ю.И. Ермохин, А.В. Синдирева, Н.К. Трубин. – Омск, 2002. – 117 с.
3. Зыбалов, В.С. Агроресурсный потенциал Челябинской области для возделывания масличных культур / В.С. Зыбалов // Материалы LI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск: ЧГАА, 2012. – Ч. VII. – С. 134–140.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / сост. А.В. Кузнецов, А.П. Фесюн, С.Г. Самохвалов, Э.П. Махонько. – М.: ЦИНАО, 1992. – 62 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2006. – 4 с.
6. Зыбалов, В.С. Пути повышения плодородия почв Южного Урала / В.С. Зыбалов, И.П. Добровольский // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 64. – С. 102–115.
7. Научные основы мониторинга, охраны и рекультивации земель / А.П. Козаченко, О.Р. Камеристова, И.П. Добровольский, А.Ю. Даванков. – Челябинск, 2000. – 247 с.
8. Бархатов, В.И. Методы повышения плодородия почв Челябинской области / В.И. Бархатов, И.П. Добровольский, В.С. Зыбалов // Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования. – 2017. – № 1. – С. 134–138.
9. Добровольский, И.П. Продукты техногенеза и плодородие земель Челябинской области / И.П. Добровольский, В.А. Бакунин, Н.Т. Шеремет. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2000. – 78 с.
10. Зыбалов, В.С. Методы снижения влияния тяжелых металлов на плодородие почв / В.С. Зыбалов, И.П. Добровольский // Материалы LI междунар. науч.-технич. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск: ЧГАА, 2012. – Ч. VII. – С. 113–120.
11. Зыбалов, В.С. Анализ химического состава залежных земель западного берега Шершневского водохранилища / В.С. Зыбалов, Т.Г. Крупнова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 34–38.
12. Орлов, Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов // Соросовский образовательский журнал. – 1997. – № 2. – С. 56–63.
13. Добровольский, И.П. Технологии переработки отходов: учебное пособие / И.П. Добровольский, Н.А. Плохих. – Челябинск: Челябинский гос. ун-т, 2005. – 219 с.
14. Козаченко, А.П. Состояние, почвенно-экологическая оценка и приемы реабилитации и использования земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области на основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия / А.П. Козаченко. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2004. – 380 с.
15. Агрохимическое состояние почв Челябинской области. ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии Челябинский». – Челябинск, 2015. – 30 с.
16. Зыбалов, В.С. Влияние тяжелых металлов на плодородие почв Челябинской области / В.С. Зыбалов, Е.П. Юдина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2016. – Т. 8, № 3. – С. 13–18.
17. Глауконит – калийное удобрение и минерал, пригодный для реабилитации загрязненных радионуклидами земель // Сб. докл. науч.-практ. конф. – Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2003. – 55 с.
18. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.
19. Челищев, Н.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья / Н.Ф. Челищев, Б.Г. Беренштейн, В.Ф. Володин. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
20. Семенова, И.Н. Биологическая активность как индикатор техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / И.Н. Семенова. – Уфа: Изд-во Башкир. гос. аграр. ун-т, 2013. – 46 с.

Зыбалов Владимир Степанович – профессор кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», Южно-Уральский государственный аграрный университет. 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75. E-mail: Zybalov74@mail.ru

Попкова Марина Аркадьевна – доцент кафедры «Экология и химическая технология», Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76. E-mail: popkova2014@yandex.ru

Поступила в редакцию 22 февраля 2018 г.

DOI: 10.14529/chem180204

INFLUENCE OF HEAVY METALS ON AGROCHEMICAL INDICATORS OF THE SOUTH URAL SOILS

V.S. Zybalov¹, Zybalov74@mail.ru

M.A. Popkova², popkova2014@yandex.ru

¹ South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russian Federation

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The results of a study on the effect of heavy metals on soil fertility in various regions of the Chelyabinsk region are presented. As a result of the large-scale removal of basic nutrients with crop yields and the lack of necessary measures to compensate them, the balance of nutrients in all the studied soils is negative. The content of heavy metals due to anthropogenic pollution in some soils exceeds the permissible value, which leads to low content of both hydrolyzable nitrogen and extractable phosphorus, at high content of gross forms.

The condition of heavy metals in the soil solution and the nature of their distribution in the arable horizons are affected both by granulometric and chemical composition of soils, the composition and properties of organic humus compounds.

The analysis of the studied soils has shown that the content of humus in arable soils and virgin soil in all studied areas of the Chelyabinsk region tends to decrease. This is due not only to the low level of organic matter entering the soil, but also to the influence of heavy metals on the binding of humic acids and their transformation into humates. The availability of nutrients is influenced by the reaction of the soil solution in acid soils; even these small doses of mineral fertilizers cannot be used by plants.

Keywords: soil, chemicals, heavy metals, monitoring, fertilizers.

References

1. Zybalov V.S., Dobrovolskiy I.P., Rakhimov R.S. *Ratsional'noe ispol'zovanie zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Chelyabinskoy oblasti* [Rational use of Agricultural Land in the Chelyabinsk Region]. Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University Publ., 2016. 265 p.
2. Ermokhin Yu.I., Sindireva A.V., Trubin N.K. *Agroekologicheskaya otsenka deystviya kadmiya, nikelya, tsinka v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe* [Agroecological Assessment of the Effect of Cadmium, Nickel, Zinc in the Soil-Plant-Animal System]. Omsk, 2002. 117 p.
3. Zybalov V.S. [The Agro-Resource Potential of the Chelyabinsk Region for the Cultivation of Oilseeds]. Materials of the LI Intern. scientific-technical. Confer. "The achievements of science – agro-industrial production." Chelyabinsk: ChGAA, 2012. Part VII. Pp. 134–140.
4. Kuznetsov A.V., Fesyun A.P., Samokhvalov S.G., Makhon'ko E.P. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'skokhozyaystvennykh ugodiy i produktsii rasteniyevodstva* [Guidelines for the Determination of Heavy Metals in Soils of Agricultural Lands and Crop Production]. Moscow: CINAО, 1992. 62 p.
5. GN 2.1.7.2041-06. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve* [GN 2.1.7.2041-06 Maximum Permissible Concentration (MPC) of Chemical Substances in Soil]. Moscow, 2006. 4 p.

6. Zybalov V.S., Dobrovol'skiy I.P. [Ways to Increase Soil Fertility in the Southern Urals]. *Bulletin of the ChGAA*. 2013, vol. 64, pp. 102–115. (in Russ.)
7. Kozachenko A.P., Kameristova O.R., Dobrovol'skiy I.P., Davankov A.Yu. Nauchnye osnovy monitoringa, okhrany i rekul'tivatsii zemel' [Scientific Basis for Monitoring, Conservation and Reclamation of Land]. Chelyabinsk, 2000. 247 p.
8. Barkhatov V.I., Dobrovol'skiy I.P., Zybalov V.S. [Methods of Increasing Soil Fertility in the Chelyabinsk Region]. *Scientific Yearbook of the Center for Analysis and Forecasting*. 2017, no. 1, pp. 134–138. (in Russ.)
9. Dobrovol'skiy I.P., Bakunin V.A., Sheremet N.T. Produkty tekhnogeneza i plodorodie zemel' Chelyabinskoy oblasti [Products of Technogenesis and Fertility of Lands in the Chelyabinsk Region]. Chelyabinsk: South. Ural. book. publishing house, 2000. 78 p.
10. Zybalov V.S., Dobrovol'skiy I.P. [Methods for Reducing the Effect of Heavy Metals on Soil Fertility]. *Materials of the LI Intern. Scientific-technical. Confer. "The achievements of science – agro-industrial production."* Chelyabinsk: ChGAA, 2012. Part VII. Pp. 113–120.
11. Zybalov V.S., Krupnova T.G. [Analysis of the Chemical Composition of the Fallow Lands of the Western Shore of the Shershnev Reservoir]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 34–38. (in Russ.)
12. Orlov D.S. [Humic Substances in the Biosphere]. *Soros Educational Journal*. 1997, no. 2, pp. 56–63.
13. Dobrovol'skiy I.P., Plokhikh N.A. *Tekhnologii pererabotki otkhodov: uchebnoe posobie* [Waste Processing Technologies: A Training Manual]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 2005. 219 p.
14. Kozachenko, A.P. Sostoyanie, pochvenno-ekologicheskaya otsenka i priemy reabilitatsii i ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Chelyabinskoy oblasti na osnove adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya [State, Soil-Ecological Assessment and Methods of Rehabilitation and use of Agricultural Land in the Chelyabinsk Region on the Basis of an Adaptive Landscape System of Farming]. Chelyabinsk: Publishing house of ChGAU, 2004. 380 p.
15. *Agrokhimicheskoe sostoyanie pochv Chelyabinskoy oblasti*. FGBU «Tsentr khimizatsii i sel'skokhozyaystvennoy radiologii Chelyabinskiy». Chelyabinsk, 2015. 30 p.
16. Zybalov V.S., Yudina E.P. [Effect of Heavy Metals on the Fertility of Soils in the Chelyabinsk Region]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 13–18.
17. *Glaukonit – kaliynoe udobrenie i mineral, prigodnyy dlya reabilitatsii zagryaznennykh radionuklidami zemel'* [Glauconite – Potassium Fertilizer and Mineral, Suitable for the Rehabilitation of Lands Contaminated With Radionuclides]. Chelyabinsk: Chelyabinsk House of Scientists, 2003. 55 p.
18. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Sukhanova N.I. *Khimiya pochv: Uchebnik* [Soil Chemistry]. Moscow, 2005. 558 p.
19. Chelishchev N.F., Berenshteyn B.G., Volodin V.F. *Tseolity-novyy tip mineral'nogo syr'ya* [Zeolites are a New Type of Mineral Raw Materials]. M.: Nedra, 1987. 176 p.
20. Semenova, I.N. *Biologicheskaya aktivnost' kak indikator tekhnogenogo zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami*. Avtoref. dokt. diss. [Biological Activity as an Indicator of Technogenic Contamination of Soils With Heavy Metals. Abstract of Doct. Diss.]. Ufa, 2016. 46 p.

Received 22 February 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Зыбалов, В.С. Влияние тяжелых металлов на агрохимические показатели почв Южного Урала / В.С. Зыбалов, М.А. Попкова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 33–40. DOI: 10.14529/chem180204

FOR CITATION

Zybalov V.S., Popkova M.A. Influence of Heavy Metals on Agrochemical Indicators of the South Ural Soils. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2018, vol. 10, no. 2, pp. 33–40. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180204
