

УДК 631.95

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ОСНОВНЫМИ ТИПАМИ ПОЧВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Ишкова Светлана Витальевна, аспирант ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: s-ishkova@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые, металлы, почва, типы, загрязнение.

Цель исследований – прогнозирование экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения Заволжской провинции степной зоны. В ходе исследований 2011-2012 гг. на темно-каштановых, серых лесных почвах и черноземах (южном, обыкновенном, типичном, выщелоченном и оподзоленном) кормовых угодий Заволжской провинции степной зоны, Предуральской провинции лесостепной зоны и Среднерусской провинции лесостепной зоны Самарской области были заложены почвенные разрезы глубиной 1,5 м, из которых был произведен отбор почвенных проб через каждые 30 см. В каждом почвенном образце в лабораторных условиях определены агрохимические показатели почв (содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, легкогидролизуемого азота, pH солевой вытяжки) и содержание подвижных и валовых форм тяжелых металлов (Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd). На основании проведенных исследований установлено, что почвы земель сельскохозяйственного назначения Самарской области в основном являются экологически чистыми по содержанию тяжелых металлов, загрязнение почв Самарской области тяжелыми металлами носит единичный и локальный характер. Выявлено недостаточное содержание в обследованных почвах подвижных форм микроэлементов Zn и Cu. Природные и техногенные элементы по-разному аккумулируются в различных типах почв. Статистическая обработка результатов исследования позволила выявить парные корреляционные зависимости между содержанием валовых форм Pb и Zn, подвижных форм Cr от их валового содержания, подвижной формы Pb от pH почвенного раствора, а также между содержанием Pb, Cu, Cr, и валовых форм Zn, Mn и Cd в гумусовом слое и материнской породе. Кроме того, даны рекомендации по организации агроэкологических мероприятий обследованных территорий.

Антропогенная деятельность вызывает изменения в структуре и функциях природных экосистем: под воздействием мощных факторов загрязнения меняются направления и темпы миграции химических элементов, перемещаются зоны их выноса и накопления. Одним из таких факторов являются тяжелые металлы (ТМ). Благодаря высокой биологической активности ТМ, попадая в почву, включаются в той или иной степени в биологический круговорот. Ухудшение экологической обстановки в Самарской области требует изучения естественных биогеоценозов с новой точки зрения [1-4].

Цель исследований – прогнозирование экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения Заволжской провинции степной зоны.

Задача исследований – выявление закономерностей распределения тяжелых металлов (Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd) в почвенном профиле темно-каштановых, серых лесных почв и черноземов (южном, обыкновенном, типичном, выщелоченном и оподзоленном).

Материалы и методы исследований. Объектами исследований послужили зональные почвы За-волжской провинции степной зоны (темно-каштановые почвы, черноземы южные, обыкновенные и типичные), Предуральской провинции лесостепной зоны (темно-серые лесные почвы и черноземы выщелоченные) и Среднерусской провинции лесостепной зоны (черноземы оподзоленные) Самарской области [5].

В ходе исследования 2011-2012 гг. на кормовых угодьях были заложены почвенные разрезы глубиной 1,5 м, из которых был произведен отбор почвенных проб через каждые 30 см [6, 7].

Результаты исследований показали, что содержание гумуса в верхнем слое темно-каштановой почвы составляет 3,6%, темно-серой лесной почвы – 5,8%. Обследованные черноземы являются малогумусными с содержанием гумуса в верхнем горизонте 4,1-5,8%. Реакция среды почвенного раствора темно-каштановой почвы и чернозема южного слабощелочная (рН сол. – 7,5 и 7,1 соответственно), чернозема обыкновенного, выщелоченного и типичного – нейтральная (рН сол. – 6,0-6,6), чернозема оподзоленного и темно-серой лесной почвы – слабокислая (рН сол. – 5,4 и 5,5 соответственно). Обеспеченность подвижным фосфором темно-каштановой почвы и чернозема южного очень низкая (7,2-17,6 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного – низкая (48,3 мг/кг почвы), темно-серой лесной почвы и чернозема типичного – средняя (67,5-68,5 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного – повышенная (121,8 мг/кг почвы). Обеспеченность темно-каштановой почвы и чернозема южного обменным калием очень низкая (2,1-14,7 мг/кг почвы), чернозема обыкновенного и выщелоченного – средняя (51,0-72,6 мг/кг почвы), чернозема оподзоленного – повышенная (113,5 мг/кг почвы), темно-серой лесной почвы и чернозема типичного – высокая (128,4-135,0 мг/кг почвы). Содержание легкогидролизуемого азота в почвенных образцах колеблется от 33,6 до 47,6 мг/кг почвы, что соответствует оптимальному уровню для нормального роста и развития растений. По механическому составу описываемые почвы легкоглинистые (содержание «физической глины» составляет 50,7-59,7%).

В таблице 1 приведены данные по содержанию валовых и подвижных форм ТМ в почвах обследованных участков, основные нормативы содержания ТМ и фоновое их содержание.

Таблица 1

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в профиле основных типов и подтипов почв Самарской области, мг/кг

Слой почвы, см	Элементы						
	Pb	Cd	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Темно-каштановая почва</i>							
0-30	<u>4,20*</u> 15,30	<u>0,04</u> 0,12	- 11885,60	<u>0,60</u> 64,80	<u>0,20</u> 21,20	<u>56,30</u> 728,70	<u>0,10</u> 26,40
30-60	<u>4,80</u> 14,90	<u>0,06</u> 0,07	- 11465,30	<u>0,70</u> 66,50	<u>0,20</u> 21,00	<u>63,10</u> 554,50	<u>0,30</u> 25,00
60-90	<u>5,60</u> 14,90	<u>0,04</u> 0,07	- 22697,00	<u>1,00</u> 57,40	<u>0,30</u> 21,90	<u>61,0</u> 493,60	<u>0,30</u> 24,20
90-120	<u>5,80</u> 14,60	<u>0,08</u> 0,08	- 22253,30	<u>0,50</u> 65,60	<u>0,30</u> 21,50	<u>51,40</u> 536,60	<u>0,40</u> 23,00
120-150	<u>6,00</u> 15,30	<u>0,10</u> 0,06	- 23444,20	<u>0,50</u> 68,90	<u>0,30</u> 22,10	<u>62,80</u> 628,90	<u>0,40</u> 25,30
Фон [8]	14,70	0,45	10410,00	42,80	14,40	625,00	26,80
<i>Чернозем южный</i>							
0-30	<u>2,20</u> 14,90	<u>0,05</u> 0,08	- 23663,10	<u>0,20</u> 71,40	<u>0,09</u> 21,20	<u>20,30</u> 719,90	<u>0,07</u> 27,80
30-60	<u>2,50</u> 13,90	<u>0,02</u> 0,05	- 20159,90	<u>0,50</u> 65,50	<u>0,13</u> 19,70	<u>24,60</u> 691,50	<u>0,20</u> 22,90
60-90	<u>4,10</u> 13,90	<u>0,06</u> 0,07	- 20446,20	<u>0,50</u> 64,30	<u>0,18</u> 18,80	<u>45,30</u> 638,60	<u>0,40</u> 21,10
90-120	<u>2,20</u> 13,80	<u>0,05</u> 0,07	- 23445,00	<u>0,40</u> 67,90	<u>0,06</u> 19,50	<u>28,70</u> 683,10	<u>0,20</u> 24,40
120-150	<u>4,20</u> 14,10	<u>0,06</u> 0,06	- 23676,70	<u>0,50</u> 66,50	<u>0,29</u> 18,60	<u>55,10</u> 627,80	<u>0,40</u> 18,30
Фон	12,30	0,70	11100,00	34,90	14,10	560,00	11,20
<i>Чернозем обыкновенный</i>							
0-30	<u>1,70</u> 12,50	<u><0,02</u> 0,11	- 30863,70	<u>1,40</u> 67,40	<u><0,01</u> 21,60	<u>22,70</u> 646,00	<u>0,15</u> 24,00
30-60	<u>1,70</u> 11,60	<u><0,02</u> 0,11	- 20646,80	<u>0,80</u> 69,80	<u><0,01</u> 18,60	<u>14,80</u> 643,00	<u>0,15</u> 20,40
60-90	<u>2,90</u> 11,80	<u><0,02</u> 0,08	- 28423,00	<u>0,50</u> 53,70	<u><0,01</u> 17,20	<u>29,00</u> 565,60	<u>0,15</u> 18,90
90-120	<u>4,70</u> 12,60	<u><0,02</u> 0,10	- 27954,70	<u>0,40</u> 54,30	<u>0,03</u> 16,70	<u>48,10</u> 539,60	<u>0,40</u> 14,40
120-150	<u>5,40</u> 12,60	<u><0,02</u> 0,08	- 19497,40	<u>0,60</u> 36,50	<u>0,26</u> 16,60	<u>64,40</u> 338,40	<u>0,50</u> 12,40

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Фон	13,50	0,80	12810,00	37,90	11,30	360,00	17,90
<i>Чернозем типичный</i>							
0-30	<u>0,25</u> 7,30	<u>0,07</u> 0,28	- 30458,00	<u>0,11</u> 54,10	<u>0,16</u> 16,70	<u>25,60</u> 702,00	<u>1,18</u> 40,20
30-60	<u>0,35</u> 7,40	<u>0,04</u> 0,31	- 29896,00	<u>0,08</u> 53,70	<u>0,24</u> 15,80	<u>16,40</u> 461,0	<u>0,92</u> 37,20
60-90	<u>0,14</u> 7,30	<u>0,05</u> 0,32	- 26932,00	<u>0,13</u> 56,00	<u>0,47</u> 15,00	<u>31,00</u> 482,00	<u>0,12</u> 54,90
90-120	<u>0,15</u> 5,30	<u>0,06</u> 0,26	- 20907,00	<u>0,18</u> 59,00	<u>0,99</u> 13,90	<u>23,60</u> 421,00	<u>н/обн</u> 19,90
120-150	<u>0,40</u> 5,20	<u>0,06</u> 0,24	- 20776,00	<u>0,20</u> 51,00	<u>0,96</u> 19,30	<u>24,70</u> 393,00	<u>н/обн</u> 23,90
Фон	14,60	0,82	11240,00	32,90	13,40	540,00	28,00
<i>Чернозем выщелоченный</i>							
0-30	<u>0,21</u> 12,00	<u>0,06</u> 0,43	- 21302,00	<u>0,09</u> 36,80	<u>0,19</u> 20,40	<u>9,67</u> 619,00	<u>7,57</u> 64,80
30-60	<u>0,58</u> 13,50	<u>0,05</u> 0,44	- 20721,00	<u>0,25</u> 36,90	<u>0,18</u> 20,70	<u>25,20</u> 746,00	<u>4,45</u> 63,20
60-90	<u>0,66</u> 14,40	<u>0,10</u> 0,46	- 21200,00	<u>2,71</u> 36,80	<u>0,24</u> 17,50	<u>24,40</u> 518,00	<u>5,67</u> 62,00
90-120	<u>1,35</u> 10,30	<u>0,09</u> 0,53	- 22113,00	<u>0,30</u> 36,70	<u>1,85</u> 19,60	<u>15,20</u> 770,00	<u>7,16</u> 50,90
120-150	<u>0,78</u> 11,50	<u>0,03</u> 0,45	- 28959,00	<u>0,22</u> 36,80	<u>0,91</u> 22,40	<u>17,50</u> 782,00	<u>3,26</u> 76,40
Фон	12,60	0,78	10830,00	34,90	15,00	500,00	49,60
<i>Чернозем оподзоленный</i>							
0-30	<u>0,25</u> 7,40	<u>0,03</u> 0,08	- 5351,10	<u>0,30</u> 29,10	<u><0,01</u> 9,80	<u>51,80</u> 523,80	<u>0,07</u> 16,60
30-60	<u><0,2</u> 2,40	<u><0,02</u> 0,07	- 11007,80	<u>0,07</u> 30,80	<u><0,01</u> 3,30	<u>10,00</u> 89,80	<u>0,04</u> 9,60
60-90	<u>0,20</u> 4,20	<u><0,02</u> 0,02	- 12110,50	<u>0,02</u> 24,50	<u><0,01</u> 6,10	<u>2,10</u> 40,20	<u><0,01</u> 22,70
90-120	<u>0,20</u> 3,80	<u><0,02</u> 0,02	- 5842,50	<u>0,03</u> 26,60	<u><0,01</u> 5,90	<u>2,30</u> 43,20	<u><0,01</u> 24,40
120-150	<u>0,40</u> 4,50	<u><0,02</u> 0,02	- 13000,40	<u>0,04</u> 27,10	<u><0,01</u> 6,60	<u>2,20</u> 52,00	<u><0,01</u> 26,70
Фон	12,70	0,54	7360,00	28,20	10,30	342,00	19,30
<i>Темно-серая лесная почва</i>							
0-30	<u>0,60</u> 20,10	<u><0,02</u> 0,07	- 15553,30	<u>0,70</u> 89,3	<u><0,01</u> 28,6	<u>63,60</u> 1785,9	<u>0,23</u> 30,5
30-60	<u>0,60</u> 18,00	<u><0,02</u> 0,02	- 21901,40	<u>0,06</u> 89,3	<u><0,01</u> 27,7	<u>44,50</u> 1944,1	<u>0,15</u> 34,6
60-90	<u>0,90</u> 20,40	<u><0,02</u> 0,13	- 26257,50	<u>0,05</u> 69,1	<u><0,01</u> 26,8	<u>51,90</u> 3335,6	<u><0,01</u> 29,5
90-120	<u>0,90</u> 18,30	<u><0,02</u> 0,02	- 17766,60	<u>0,03</u> 79,8	<u><0,01</u> 35,6	<u>19,40</u> 1452,6	<u><0,01</u> 41,8
120-150	<u>1,20</u> 21,40	<u><0,02</u> 0,02	- 18299,80	<u>0,03</u> 70,1	<u><0,01</u> 36,4	<u>22,40</u> 1675,1	<u><0,01</u> 39,3
Фон	13,40	0,50	9100,00	31,1	9,8	455	16
ПДК [9]	<u>6,00</u> 32,00	<u>1,00</u> 2,00	- 38000,00	<u>23,00</u> 220,0	<u>3,00</u> 132,0	<u>140,00</u> 1500,0	<u>6,00</u> 100,00

Примечание: *над чертой – содержание подвижных, под чертой – валовых форм ТМ.

Содержание ТМ в обследованных почвах ниже норм ПДК [9], кроме Mn, содержание валовой формы которого в темно-серой лесной почве превышает ПДК в 1,2 раза и подвижной формы Cr, содержание которой в черноземе выщелоченном выше ПДК в 1,3 раза. Хотя для исследования были выбраны относительно благоприятные в экологическом плане участки, достаточно удаленные от различных источников загрязнения, такие показатели говорят о поступлении Mn и Cr из вне. Во всех обследованных почвах наблюдается низкое содержание подвижных форм Zn (0,02-1,40 мг/кг почвы), при недостатке которого в растениях происходит нарушение процессов синтеза хлорофилла, белкового, углеводного и фосфорного обмена веществ. Верхние горизонты всех обследованных почв характеризуются низким содержанием подвижных форм Cu (<0,01-0,20 мг/кг), при недостатке этого элемента в доступной форме для растений, происходит задержка роста, потеря тургора, развиваются хлорозы листьев. Высокое содержание подвижной формы Mn (20,3-63,6 мг/кг почвы) наблюдается в верхних горизонтах всех почв, что благоприятно для нормального роста и развития

растений, кроме чернозема выщелоченного, верхний горизонт которого характеризуется низким содержанием подвижного Mn (9,67 мг/кг почвы) [7, 10].

По сравнению с фоновым содержанием [8] содержание валовых форм ТМ повысилось в 1,2-2,7 раза, кроме Cd, содержание валовой формы которого в почвах обследованных участков снизилось по сравнению с фоновым содержанием в 3,8-8,8 раза. Кроме того, содержание валовых форм Pb, Fe, Cu и Cr в черноземе оподзоленном по сравнению с фоновым содержанием снизилось в 1,1-1,7 раза. Содержание валовой формы Pb ниже фонового в черноземах обыкновенном, типичном, выщелоченном, оподзоленном в 1,1-2,0 раза.

По содержанию валовых форм ТМ в профиле различных типов почв наблюдается следующая тенденция: в черноземе обыкновенном с глубиной постепенно снижается концентрация Cu, Mn и Cr в 1,3-1,9 раза, содержание Cd уменьшается в черноземе оподзоленном на 12,5-71,4%; содержание Fe уменьшается в черноземе типичном в 1,5 раза.

Во всех типах почв отмечается постепенное увеличение с глубиной содержания подвижной формы Pb в 1,4-3,7 раза. В профиле чернозема оподзоленного и темно-серой лесной почвы наблюдается снижение с глубиной концентрации подвижных форм Zn, Mn и Cr на 64,8-95,8%. Увеличивается с глубиной содержание подвижных форм Cu и Cr в темно-каштановой почве, черноземе южном и обыкновенном, Zn – в черноземе южном, Cu – в черноземе типичном в 1,5-26 раз (рис. 1, 2).

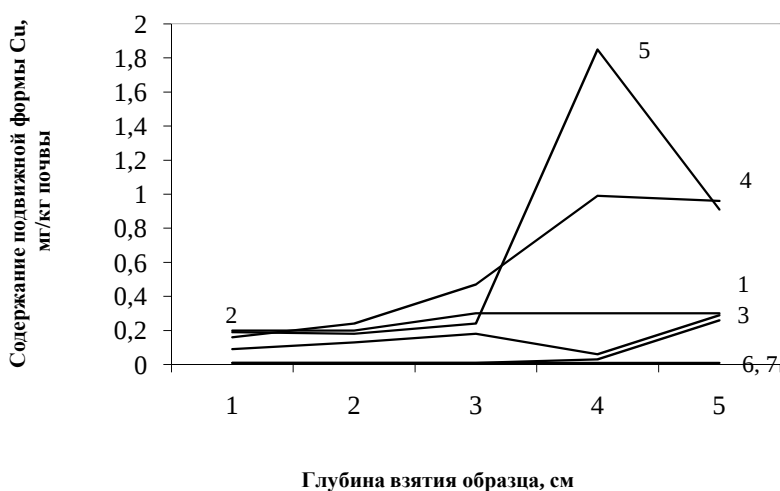


Рис. 1. Содержание подвижной формы Cu в почвах:

1 – темно-каштановая почва; 2 – чернозем южный; 3 – чернозем обыкновенный; 4 – чернозем типичный; 5 – чернозем выщелоченный; 6 – чернозем оподзоленный; 7 – темно-серая лесная почва

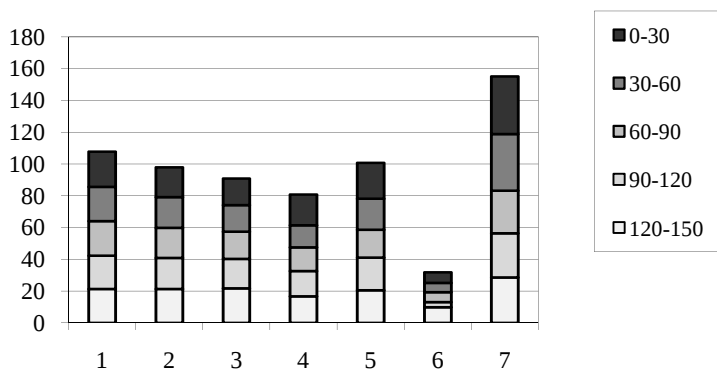


Рис. 2. Содержание валовой формы Cu в почвах:

1 – темно-каштановая почва; 2 – чернозем южный; 3 – чернозем обыкновенный; 4 – чернозем типичный; 5 – чернозем выщелоченный; 6 – чернозем оподзоленный; 7 – темно-серая лесная почва

Распределение ТМ в почвенном профиле зависит от наличия и расположения геохимических барьеров. Так, взаимодействуя с органическим веществом почв, в гумусовом горизонте аккумулируются валовые формы всех ТМ в черноземах южном и обыкновенном, валовые формы Pb, Cd, Mn и Cr – в темно-каштановой почве, валовые формы Pb, Cd, Mn и Cu – в черноземе оподзоленном и валовые формы Fe и

Mn – в черноземе типичном. В оподзоленном горизонте выявлены минимальные концентрации валовых форм Pb, Cu, Cr, подвижной формы Pb. В верхнем горизонте темно-серой лесной почвы аккумулируются подвижные формы Zn, Mn, Cr.

По общему содержанию ТМ в разных типах почв наблюдается следующая картина: минимальное значение характерно для чернозема оподзоленного, максимальное (в 2,7 раза выше) – для чернозема типичного.

Суммарный показатель загрязнения почвы отражает степень опасности загрязнения почв комплексом элементов [9]. По величине этого показателя исследуемые почвы отнесены к категории с допустимым уровнем загрязнения, Zс (по Fe, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn и Cd) колеблется в пределах 0,17-8,98. Максимальное значение суммарного показателя загрязнения почвы характерно для темно-серой лесной почвы, минимальное – для чернозема оподзоленного.

Статистическая обработка материалов исследований позволила выявить наличие положительной корреляционной зависимости между содержанием валовых форм Pb и Zn ($r = 0,72$), что отражает сходную направленность биохимической миграции в процессе почвообразования. Аккумуляция подвижных форм Cr в исследованных почвах находится в прямой зависимости от его валового содержания ($r = 0,74$). При увеличении pH почвенного раствора увеличивается содержание подвижной формы Pb ($r = 0,71$). В исследованных почвах выявлен высокий уровень положительной корреляционной связи ($r = 0,74-0,99$) содержания Pb, Cu и Cr, а также валовых форм Zn, Mn и Cd гумусового слоя с материнской породой.

Выводы:

1) Почвы земель сельскохозяйственного назначения Самарской области в основном являются экологически чистыми по содержанию ТМ. Загрязнение почв ТМ носит единичный и локальный характер.

2) Выявлено недостаточное содержание в обследованных почвах подвижной формы микроэлементов – Zn (0,02-1,40 мг/кг почвы) и Cu (<0,01-0,20 мг/кг почвы), Mn – в черноземе выщелоченном (9,67 мг/кг почвы); избыточное Mn – в остальных типах почв (20,3-63,6 мг/кг почвы).

3) Природные и техногенные элементы по-разному аккумулируются в различных типах почв: Mn и валовые формы Pb, Zn, Cu накапливаются в темно-серой лесной почве, подвижные формы Pb и Cu – в темно-каштановой почве, Fe и подвижный Zn активнее аккумулируются в черноземах обыкновенных, Cr и Cd – в черноземах типичных и выщелоченных.

4) Выявлены парные корреляционные зависимости между содержанием валовых форм Pb и Zn ($r = 0,72$), подвижных форм Cr от их валового содержания ($r = 0,74$), подвижной формы Pb – от pH почвенного раствора ($r = 0,71$), а также между содержанием Pb, Cu, Cr и валовых форм Zn, Mn и Cd в гумусовом слое и материнской породе ($r = 0,74-0,99$).

Рекомендации:

1) Необходимо выявить и по возможности ликвидировать или обезвредить источники загрязнения Cr и Mn, снизить концентрацию этих токсикантов до допустимых значений.

2) На темно-каштановой почве как более чувствительной к загрязнению ТМ рекомендуется проведение экологического мониторинга.

3) При ведении сельскохозяйственного производства на обследованных почвах необходимо учитывать недостаточное содержание Zn и Cu и вносить микроудобрения: сернокислые Zn и Cu, ЖУСС-3 и пр. [10].

Библиографический список

1. Безносиков, В. А. Оценка фоновое содержания тяжелых металлов в почвах европейского северо-востока России / В. А. Безносиков, Е. Д. Лодыгин, Б. М. Кондратенко // Почвоведение. – 2007. – №9. – С. 1064-1070.
2. Большаков, В. А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах // Почвоведение. – 2002. – №7. – С. 844-849.
3. Власова, Н. В. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в разных типах фитоценозов на территории Самарской области / Н. В. Власова, Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, №1(3). – С. 661-664.
4. Ильин, В. Б. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири / В. Б. Ильин, А. И. Сысо, Н. Л. Байдина [и др.] // Почвоведение. – 2003. – №5. – С. 550-556.
5. Почвы Куйбышевской области / под ред. Г. Г. Лобова. – Куйбышев : Куйбышевское кн. изд-во, 1984. – 392 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
7. Флоринский, М. А. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М. А. Флоринский, М. И. Лунев, А. В. Кузнецов [и др.]. – М. : Центр научн.-техн. информации, пропаганды и рекламы, 1994. – 96 с.
8. Технический отчет по почвенному обследованию земель сельскохозяйственного назначения Самарской области с целью государственного учета показателей состояния плодородия / ОАО «ВолгоНИИгипрозем». – Самара, 2003. – 30 с.

9. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами : утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 13.03.1987 г. № 4266-87. – М. : Минздрав СССР, 1987. – 25 с.
10. Гундарева, А. Н. Биогенная миграция микроэлементов в различных типах почв Астраханской области / А. Н. Гундарева, Э. И. Мелякина // Вестник АГТУ. – 2005. – №3. – С. 194-200.