

В. Б. Троц, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Лесоводство, экология и безопасность жизнедеятельности»;

Д.А. Ахматов, кандидат биологических наук, доцент;

Н.М. Троц, кандидат биологических наук, доцент,

ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»,

(446442, Россия, Самарская область, пос. Усть-Кинельский,

тел. 8 (84663) 4-62-42, 89272612730, e-mail: zentrDP@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АККУМУЛЯЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ФИТОМАССЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Известно, что вместе с минеральными удобрениями в почву могут попадать тяжелые металлы (ТМ), загрязняющие агроландшафты.

Цель исследований - изучить влияние минеральных удобрений на накопление и миграцию Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn в почве и растениях.

Исследования проводили в полевом опыте. Почва – чернозем обыкновенный, изучалось 2 уровня минерального питания растений: 1 – без удобрений; 2 – внесение расчетных норм NPK. Удобрения распределяли следующим образом: яровая пшеница (*Triticum vulgare*) – N₆₀P₆₀K₆₀; яровой ячмень (*Hordeum vulgare*) и овес полевой (*Avena sativa*) – N₄₅P₄₅K₂₀; просо обыкновенное (*Panicum miliaceum*) – N₃₀P₄₀K₄₀; горох посевной (*Pisum sativum*) – N₁₀P₆₀K₆₀; гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) – N₄₅P₆₀K₆₀.

Выявлено, что внесение минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn на 10-36% и увеличивает мобильность Zn, Si, Co и Mn в среднем на 25%. Повышение уровня минерального питания яровой пшеницы, ячменя, овса, просо и гречихи в среднем на 5-30% снижает суммарный объем поступления ТМ в фитомассу. Однако стимулируется миграция Pb в растения яровой пшеницы, Cd, Zn и Cu - в биомассу ячменя и овса, а Cd и Mn - гороха. Основная часть аккумулируемых элементов откладывается в корневой системе растений, Zn и Cu способны в относительно больших количествах транспортироваться в соцветия. В целом объем накопления ТМ в фитомассе удобренных растений не превышает ПДК.

Ключевые слова: удобрения, тяжелые металлы, аккумуляция, пахотный горизонт, корневая система, фитомасса, коэффициент накопления, форма металла.

V.B. Trots, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department “Silviculture, ecology and vital activity safety”;

D.A. Akhmatov, Candidate of Biology, associate professor;

N.M. Trots, Candidate of Biology, associate professor,
FSBEI HPE "Samara State Agricultural Academy"
(446442, Russia, Samara region, v. Ust-Kinelsky, tel.: 8 (84663) 4-62-42, 8927 2612730, e-mail:
zentrDP@mail.ru)

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON ACCUMULATION OF HEAVY METAL IN SOIL AND PHYTO MASS OF GRAIN CROPS

It's common knowledge that heavy metal (HM) can enter the soil together with fertilizers which contaminates agricultural landscapes. The purpose of the research is to study influence of fertilizers on accumulation and migration of Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn in soil and plants. The research was conducted during field experiments in chernozem (blacksoil). We studied two levels of plant fertilizing: the first one without fertilizers and the second one with fertilizing of norms of NPK. The fertilizers were distributed in the following way: spring wheat (*Triticum vulgare*) – N₆₀P₆₀K₆₀; spring barley (*Hordeum vulgare*) and oats (*Avena sativa*) – N₄₅P₄₅K₂₀; millet (*Panicum miliaceum*) – N₃₀P₄₀K₄₀; peas (*Pisum sativum*) – N₁₀P₆₀K₆₀; buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) – N₄₅P₆₀K₆₀. We found out that fertilizing raises the amount of Cd, Pb, Zn, Cu, Co and Mn on 10-36% in soil and increases mobility of Zn, Cu, Co and Mn on 25%. The increase of fertilizing of spring wheat, barley, oats, millet and buckwheat reduces whole volume of HM migration in phyto mass on 5-30%. But it also stimulates Pb migration in the plants of spring wheat, migration of Cd, Zn and Cu into bio mass of oats and barley, and migration of Cd and Mn into peas. The main portion of accumulated elements is stored in a root system of a plant, Zn and Cu are able to transport into inflorescence. The volume of HM accumulation in phyto mass of fertilized plants doesn't exceed TLV.

Keywords: fertilizers, heavy metal, accumulation, arable horizon, root system, phyto mass accumulation coefficient, form of metal.

Актуальность исследований. В условиях возрастающего антропогенного воздействия человека на биосферу одной из основных проблем агропромышленного комплекса страны является производство экологически безопасных продуктов питания. Особую опасность для агробиоценозов представляют тяжелые металлы (ТМ). Попадая в почву и растения, они накапливаются в агросистемах и включаются в метаболические циклы живых организмов, образуя высокотоксичные канцерогенные соединения [1]. Основными источниками привнесения ТМ в окружающую среду являются выбросы промышленных, топливно - энергетических и добывающих предприятий, автотранспорта и т.д. Имеются сведения и о том, что потенциальными загрязнителями агроландшафтов ТМ могут являться и удобрения [2,3]. Это требует мониторинга проблемы и разработки

адекватных технологических приемов, минимализирующих негативные последствия привнесения токсикантов.

Цель исследований - изучить влияние минеральных удобрений на специфику, накопление и миграцию ТМ (Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn) в системе «почва – растение», особенности их локализации в растительных тканях.

Материалы и методы. Исследования проводили в период с 2008 по 2010 гг. в полевом опыте. Почва участка – чернозем обыкновенный среднесуглинистый тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 6,8%, подвижного фосфора – 13,2 мг и обменного калия – 19,9 мг на 100 г почвы. Агротехника – общепринятая для зерновых культур в данной зоне. Изучалось 2 уровня минерального питания растений: 1 – контроль (без удобрений); 2 – внесение расчетных доз NPK. Нормы удобрений распределялись следующим образом: яровая пшеница (*Triticum vulgare*) – N₆₀P₆₀K₆₀; яровой ячмень (*Hordeum vulgare*) и овес полевой (*Avena sativa*) – N₄₅P₄₅K₂₀; просо обыкновенное (*Panicum miliaceum*) – N₃₀P₄₀K₄₀; горох посевной (*Pisum sativum*) – N₁₀P₆₀K₆₀; гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) – N₄₅P₆₀K₆₀. Система их применения предусматривала основное внесение, предпосевное и подкормки. Из азотных удобрений применялась N_м, фосфорных – P_{сд}, калийных - K_х. Для подкормок использовали НАФ. Опыты закладывали в соответствии с существующей методикой [4,5]. Отбор почвенных и растительных образцов, их подготовку к анализам проводили общепринятыми методами [6,7]. Анализы выполняли в лаборатории ФГУ «Самарская». Содержание ТМ в образцах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спектр 5 - 4». Статистическую обработку экспериментального материала проводили в ВЦ Самарской ГСХА [8].

Результаты. Исследованиями выявлено, что систематическое внесение минеральных удобрений под полевые культуры способствует повышению концентрации ТМ в пахотном горизонте. Так, на контрольных делениях среднее количество валовых форм Cd в слое почвы 0-30 см варьировало от 0,34 до 0,44 мг на 1 кг. На удобряемых - его содержание равнялось 0,42-0,67 мг/кг или на 23-52% превышало контрольные индексы. Аналогичные закономерности прослеживались и с Pb, его концентрация на удобренных участках достигала 12,1-22,8 мг/кг, это на 18-55,% больше значений контрольных вариантов. Внесение удобрений способствует насыщению почвенного поглотительного комплекса и такими элементами как Zn, Cu и Co, соответственно до уровня 42,4-48,0, 16,0-19,7 и 11,5-13,6 мг/кг, что на 1-6, 2-9 и 17-32% выше параметров неудобренных участков. Содержание Mn в почвах с естественным плодородием находилось в пределах 372,0-692,0 мг/кг, а удобренных - 450,0-701,0 мг/кг, что на 9,0-78,0 мг/кг или на 2-21% больше нормы.

По нашему мнению, повышение концентрации ТМ в почве систематически удобряемых участков обусловлено их привнесением в составе наполнителей, входящих в состав удобрений; их подъемом из подпахотных горизонтов мощными корневыми системами удобренных растений; меньшим выносом элементов с урожаем прошлых лет, поскольку растения лучше обеспечивались необходимыми биогенными макроэлементами; биофиксацией металлов, активно развивающейся микрофлорой, накоплением и закреплением в корневых и пожнивных остатках растений, в гумусовом веществе почвы.

Установлено, что, несмотря на увеличение концентрации изучаемых ТМ в удобренной почве, объемы их содержания находятся в 2-10 раза ниже ПДК. Однако нами отмечено превышение фоновых значений по Pb на 51%, Zn – на 30%, Cu и Mn соответственно на 20 и 26%. Очевидно, это связано со способностью корневых систем изучаемых фенотипов подтягивать из нижних горизонтов и удерживать в зоне ризодермы ионы данных металлов.

Анализ индексов подвижных форм ТМ показал, что потенциально доступными для растений могут быть от 0,032 до 0,096 мг/кг или 10-22 % от валового содержания в почве Cd; 0,17-0,89 мг/кг или 2-8% - Pb; 0,23-0,81 мг/кг или 1-2% - Zn; 0,08-0,25 мг/кг или 1-2% - Cu; 0,12-0,24 мг/кг или 1-3% - Co и 21,8-47,0 мг/кг или 5-14% - Mn. Выявлено, что применение удобрений практически не влияет на подвижность Cd и Pb. Однако в отношении Zn, Cu, Co и Mn прослеживаются закономерности в увеличении мобильности металлов в среднем на 20-57%. Дополнительное внесение в почву макроэлементов на ионном уровне вытесняет часть ТМ из почвенного поглотительного комплекса и переводит их в растворы, доступные растениям. К тому же, применение удобрений локально меняет реакцию почвенной среды, что также повышает мобильность элементов.

Установлено, что определенное влияние на подвижность ТМ оказывают и корневые выделения растений. Так, физиологически активные вещества ризосферы яровой пшеницы при всех уровнях минерального питания растений стимулировали мобильность Cd, Pb, и Mn и ингибировали Co, а ячменя и овса, наоборот, снижали активность Cd, Pb и Mn и увеличивали подвижность Co. Гречиха и просо активизировали миграцию Zn и Cu. Очевидно, это естественная реакция растений на повышенную потребность организма в этих элементах.

Сравнение полученных индексов подвижных форм ТМ в слое почвы 0-30 см со значениями ПДК также не выявило их превышения. Концентрация Cd, Pb, Zn, Cu и Co варьировала в пределах 1-19, а Mn – 21-48% от ПДК.

Расчеты показали, что на контрольных участках в биологический кругооборот может быть вовлечено в среднем: 0,18 кг/га Cd; 1,68 кг/га Pb; 1,09 кг/га Zn; 0,41 кг/га Cu;

0,51 кг/га Co и 100,9 кг/га Mn. На систематически удобряемых полях биодоступность Cd повышалась в среднем на 11%, Pb – на 14%, Zn – на 29%, Cu – на 22%, Co – на 24% и Mn – на 16%.

Исследованиями выявлено, что внесение удобрений не вызывает аномального увеличения концентрации ТМ в каком-либо слое почвы. Они относительно равномерно распределяются по пахотному горизонту.

Химические анализы фитомассы показали, что при естественном плодородии почвы растения способны аккумулировать в среднем от 0,036 до 0,090 мг на 1 кг воздушно-сухой массы Cd, 0,38-1,54 мг/кг Pb, 15,33-33,28 мг/кг Zn, 2,60-9,95 мг/кг Cu, 0,21-0,74 мг/кг Co и 18,87-41,86 мг/кг Mn (табл. 1). Суммарно яровая пшеница накапливала около 72,52 мг/кг, ячмень – 59,63, овес – 74,84, просо – 79,30, горох – 57,17, а гречиха – 50,90 мг/кг ТМ.

На удобренных участках поступление элементов в биомассу яровой пшеницы снижалось до 50,12 мг/кг или в среднем на 30,9%. При этом отрицательная динамика прослеживалась по всем элементам, за исключением Pb и Co, абсорбция которых при внесении удобрений увеличивалась соответственно на 37 и 19%. Очевидно, это связано с внекорневой подкормкой посевов путем их опрыскивания раствором нитроаммофоса в период налива зерна. Этим можно объяснить и относительно высокую концентрацию Pb в генеративной части растений, поскольку он поступил в ткани колоса, минуя биологические барьеры на уровне корня и стебля.

1. Накопление ТМ в растениях, мг/кг воздушно-сухой массы (2008-2010 гг.)

Фон	Культура	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
без удобрений	яровая пшеница	0,051	0,40	32,88	3,83	0,21	35,15
	ячмень	0,036	1,54	27,27	4,09	0,56	26,14
	овес	0,046	0,77	26,75	4,68	0,74	41,86
	просо	0,090	1,19	33,28	9,95	0,57	34,22
	горох	0,043	0,40	33,19	4,29	0,37	18,87
	гречиха	0,059	0,38	15,33	2,60	0,26	32,3
с удобрениями	яровая пшеница	0,041	0,55	27,60	3,40	0,25	18,28
	ячмень	0,057	0,94	28,99	6,84	0,96	18,27
	овес	0,067	0,69	30,96	4,84	0,65	25,20
	просо	0,079	0,80	32,25	9,91	0,51	21,35
	горох	0,062	0,29	30,20	3,88	0,27	22,92
	гречиха	0,047	0,33	13,57	2,32	0,26	30,23

Суммарный объем аккумуляции металлотоксикантов в удобренных растениях ячменя в среднем оказался на 6% ниже контроля, в основном за счет снижения поступления Pb и Mn соответственно на 64 и 43%. По остальным элементам, наоборот, отмечалось увеличение концентрации: Cd – на 58, Cu – на 67, Zn – на 6% и Co – в 1,6 раза. Однако в абсолютном весе общее количество дополнительно поглощенных металлов не превышало 4,88 мг/кг, а их концентрация в фитомассе находилась значительно ниже индексов ПДК.

Характер поступления тяжелых элементов в растениях овса во многом схож с ячменем, с той разницей, что с улучшением агрофона, он, в отличие от ячменя, наряду с Pb и Mn уменьшает и абсорбцию Co соответственно на 13, 39 и 12%. По Cd овес аналогично ячменю повышает концентрацию на 45%, Zn – 15 и Cu – на 3%, в сумме дополнительно привнося в биомассу около 4,39 мг металлов на 1 кг воздушно-сухой массы, при общей тенденции снижения объема с 74,84 мг/кг на контрольных делянках до 62,40 мг/кг на удобренных или на 16,6%. Сравнение полученных результатов с контрольными индексами показало, что содержание ТМ в удобренных растениях овса в 1,5-1,6 раза меньше ПДК.

Повышение концентрации Cd, Zn, Cu и Co в биомассе ячменя и овса, на наш взгляд, обусловлено особенностью минерального питания этих культур, поглощающих большую часть элементов в первый период вегетации, когда подвижные формы металлов в почве еще не успевают фиксироваться биотой, мигрировать в нижние горизонты и являются наиболее доступными для растений. Причиной может являться и принятое в производстве припосевное внесение удобрений, обуславливающее повышение концентрации химических элементов, а также изменение реакции почвенной среды непосредственно в зоне расположения корневой системы.

Удобренные растения проса накапливали в сумме около 64,89 мг/кг изучаемых элементов, это на 18% меньше контрольного варианта. При этом снижение концентрации наблюдалось по всем металлам. Но особенно существенно это отмечалось у Mn (на 37%) и Pb (на 32%). В целом количество токсикантов находилось значительно ниже ПДК.

Внесение удобрений под горох практически не меняло общую массу ТМ в растениях. Их суммарное содержание в контрольных образцах находилось в пределах 57,16, а удобренных – 57,62 мг/кг. Однако с повышением агрофона изменялось соотношение элементов. Удобренные растения меньше аккумулировали Pb, Zn, Cu и Co, соответственно на 37, 9, 10, и 40,% и больше поглощали Cd – на 44% (с 0,043 до 0,62 мг/кг) и Mn – на 21% (с 18,87 до 22,92 мг/кг). В сумме в биомассу гороха дополнительно поступало 4,05 мг/кг ТМ, но при этом около 99% их веса приходилось на биогенный Mn и

только 1% - на высокотоксичный Cd, который большей частью локализовался в корневой системе растений. Его концентрация в бобах удобренных растений снизилась почти в 2,0, а в стеблях - в 1,7 раза по сравнению с контрольными вариантами. Исследованиями установлено, что объемы аккумуляции изучаемых элементов в фитомассе удобренных не превышают ПДК.

Система удобрений гречихи позволяла в среднем на 8% снизить аккумуляцию ТМ в фитомассе, с 50,90 мг/кг в контрольных растениях до 46,75 мг/кг в удобренных. При этом уменьшение концентрации отмечалось по всем металлам и составило у Cd – 25%, Pb, Zn и Cu – 12-15%, а Mn – 6%. Содержание элементов в растениях находилось в пределах естественных норм и варьировало от 7,6 до 30,6% от ПДК.

Экспериментами установлено, что внесение удобрений практически не оказывает влияния на характер локализации элементов в растительных тканях. Как в удобренных растениях, так и неудобренных основная часть абсорбированного Cd, Pb, Zn, Cu и Mn задерживается биологическим барьером на уровне корней – 45-60%. В стебли проникает в среднем около 25-38% поступающих металлов и только 14-20% токсикантов мигрирует в соцветия. Zn и Cu могут в значительных количествах транспортироваться в генеративные части растений. Очевидно, это обусловлено физиологическими потребностями генеративных органов растений в этих элементах, их участием в синтезе высокомолекулярных органических соединений.

Сравнение коэффициентов накопления (Кн) металлов показало, что внесение удобрений под яровую пшеницу увеличивало интенсивность поступления в растительные ткани Pb в 1,4 раза (табл. 2). Улучшение агрофона под ячменем стимулировало поглощение Cd – в 1,6 раза, Zn – в 1,1 раза и Cu - в 1,6 раза. Удобренный овес в 1,3 раза активнее абсорбировал Cd, а горох наряду с Cd еще и Mn, соответственно, в 1,2 и 1,1 раза. Выявлено, что в условиях естественного плодородия почвы Cd наиболее интенсивно поступает в просо и гречиху, Pb – в овес и ячмень, Zn – в яровую пшеницу и овес, Cu – в горох, просо и овес, Co – в овес и просо, а Mn – в гречиху и овес. С внесением удобрений Cd кроме гречихи начинает интенсивнее поглощаться еще ячменем и овсом, Pb, Zn, Cu, Co – также овсом и ячменем, а Mn – гречихой и яровой пшеницей.

2. Коэффициенты накопления (2008-2010 гг.)

Фон	Культура	Элементы					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
без удобрений	яровая пшеница	0,69	0,51	121,7	29,5	1,50	1,26
	ячмень	0,80	3,20	77,2	29,2	2,24	0,55
	овес	0,83	4,52	116,3	58,5	4,35	1,32
	просо	1,02	1,45	69,3	58,5	3,35	0,90

	горох	0,69	1,25	114,5	39,0	2,11	0,46
	гречиха	1,84	0,48	25,9	13,6	2,90	1,47
с удоб- рен- иями	яровая пшеница	0,55	0,69	61,3	20,0	1,31	0,61
	ячмень	1,26	1,95	87,8	45,5	2,90	0,43
	овес	1,11	2,55	96,7	53,7	2,82	0,57
	просо	0,82	0,90	56,5	47,2	2,68	0,45
	горох	0,86	0,63	86,2	29,8	1,28	0,53
	гречиха	1,11	0,41	16,7	9,28	2,16	1,38

Высокая интенсивность поглощения микроэлементов зернофуражными культурами на делянках с повышенным агрофоном во многом обусловлена биологической отзывчивостью ячменя и овса на улучшение условий минерального питания, а также особенностью строения корневой системы, способной пронизывать большой объем почвы и поглощать недоступные для других растений химические соединения.

Математический анализ зависимости поступления металлов в биомассу растений от содержания их подвижных форм в почве показал, что такая связь в годы исследований на контрольных вариантах прослеживалась у Cd, Pb и Co. Коэффициенты корреляции равнялись соответственно $r = 0,58$, $r = 0,53$ и $r = 0,56$. По остальным элементам наблюдается отрицательная зависимость. С внесением удобрений степень зависимости снижалась у Cd до $r = 0,56$, Pb - до $r=0,11$, а Co возрастала до $r = 0,86$. Очевидно, Co привносится в почву с удобрением или в присутствии удобрений вступает в синергизм с другими биогенными элементами и поступает в растения.

Выводы. По результатам исследований можно сделать заключение, что систематическое внесение расчетных доз минеральных удобрений повышает содержание в почве валовых форм Cd, Pb Zn, Cu, Co и Mn на 10 -36%, и увеличивает мобильность Zn, Си, Со и Mn в среднем на 25%. Повышение уровня минерального питания яровой пшеницы, ячменя, овса, проса и гречихи в среднем на 5-30% снижает суммарный объем поступления ТМ в фитомассу. Однако внесение удобрений стимулирует миграцию Pb в растения яровой пшеницы, Cd, Zn и Cu - в биомассу ячменя и овса, а Cd и Mn - гороха. Основная часть аккумулируемых элементов откладывается в корневой системе растений, Zn и Cu способны в относительно больших количествах транспортироваться в соцветия. В целом объем накопления ТМ в фитомассе удобренных растений не превышает ПДК.

Литература

1. Амосов, Н.А. Алгоритм здоровья/ Н.А.Амосов.- М., 2002. – С. 39-52.
2. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях/ Ю.В. Алексеев.-Л: Агропромиздат, 1987.- 142 с.

3. *Степанюк, В.В.* Влияние комплексов техногенных элементов на химический состав сельскохозяйственных культур / В.В. Степанюк// *Агрохимия*. – 2003.- №1. – С.50.
4. *Головатый, В.Г.* Методика постановки многофакторных экспериментов для обоснования технологий возделывания культур на землях, загрязненных тяжелыми металлами/В.Г. Головатый, В.Н. Бурцев, Е.А. Котова// *Сельскохозяйственная биология*. – 2009. – №5. – С. 108-113.
5. *Ильясов, Р.Г.* Методология исследований и экспериментов в агроэкофере при различных типах техногенеза/ Р.Г. Ильясов, Р.М. Алексахин, В.И. Фисинин// *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – №2. – С. 3-17.
6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. Государственный комитет санэпиднадзора РФ. -М., 1992. – 35 с.
7. *Алексеенко, В.А.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых/В.А. Алексеенко.- М.: Логос, 2000. – С.11-46.
8. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов.-М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Literature

1. *Amosov, N.A.* Algorithm of health/N.A. Amosov.- М. 2002. – P.39-52.
2. *Alekseev, Yu.V.* Heavy metals in soils and plants/Yu.V. Alekseev.- L.: Agropromizdat. – 1987. – 142 p.
3. *Stepanyuk, V.V.* Influence of complexes of technogenic elements upon chemical content of crops/V.V. Stepanyuk // *Agrochemistry*. – 2003.- №1. – P.50.
4. *Golovaty, V.G.* Technology of multi-factor experimenting to substantiate crop growing on soil contaminated with heavy metals/V.G. Golovaty, V.N. Burtsev, E.A. Kotova // *Agricultural biology*. – 2009. – №5. – P. 108-113.
5. *Ilyasov, R.G.* Methods of study and experiments in agro eco sphere under variable types of techno genesis/R.G. Ilyasov, R.M. Aleksakhin, V.I. Fisinin// *Agricultural biology*. – 2010. – №2. – P. 3-17.
6. Methodological guidelines of atom absorbing methods of toxicity assessment of toxicity in food and food raw. State Committee of sanitary control in RF. М., 1992. – 35 p.
7. *Alekseenko, V.A.* Geo chemical methods of search of mineral deposits/V.A. Alekseenko.- М.: Logos, 2000. – P.11-46.
8. *Dospekhov, B.A.* Methodology of field experiment/B.A. Dospekhov.- М: Agropromizdat, 1985. – 351 p.