

# АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАЧЕСТВА ИХ ПРОДУКЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВАХ

Н.А. Комарова, ЦАС «Владимирский»

Изложены результаты исследований длительного стационарного опыта по разработке агрохимических приемов детоксикации загрязненных тяжелыми металлами почв. Наилучшие показатели получены в условиях применения известковых удобрений и их сочетания с органическими удобрениями.

Ключевые слова: загрязнение почв, урожай, токсичность, качество продукции, тяжелые металлы.

В основе жизнедеятельности растений, произрастающих в условиях антропогенного воздействия, лежат многоуровневые механизмы адаптационных систем [1, 2]. Разные виды растений проявляют неодинаковую устойчивость к содержанию тяжелых металлов (ТМ) в почве [3-5]. ТМ нарушают в растительных организмах обмен веществ, что сказывается на показателях их роста и развития, особенно в начальных стадиях [6, 7]. Именно эти показатели используют при определении фитотоксичности почвы. Так же у растений в условиях загрязнения наблюдается усиленное формирование корневой системы за счет сокращения биомассы надземных органов [8].

В процессе приспособления у организмов вырабатываются механизмы регулирования применительно к высоким концентрациям экзогенных элементов. Однако существуют допустимые количества поглощенных тяжелых металлов, выше которых регулирующая система растений уже не справляется. По мнению В.Б. Ильина [9], у большинства растений нет специфического защитного механизма, так как в естественных условиях им не приходилось адаптироваться к высоким концентрациям микроэлементов, но в растениях существует несколько систем контроля за поступлением ионов ТМ. Проникновение ТМ в ткани растений в избыточном количестве приводит к нарушению нормальной работы их органов, и это нарушение тем сильнее, чем больше избыток токсикантов. Продуктивность при этом падает. Фитотоксичным [10] считается такое содержание металла в почве, которое снижает продуктивность растений на 10%.

Проведенные опыты свидетельствуют о том, что содержание подвижных соединений Zn, Pb, Cd и Cu в почве, урожае овощных культур и картофеля, и их побочной продукции между собой взаимосвязано и, в большей степени, с реакцией

среды почвы, чем с остальными свойствами почвы. Микрополевой опыт по выявлению эффективных агрохимических средств по детоксикации ТМ в почве был заложен на дерново-подзолистой супесчаной почве в сосудах из винипласта без дна. Размер сосуда 36 см x 36 см, высота 30 см. Сосуды установлены с наполнением их почвой пахотного слоя на глубину 25 см. Исследования проводили с 1994 г. в п. Вяткино Судогодского района на опытном поле ВНИПТИОУ.

Фитотоксическое действие полиэлементного загрязнения начинается в угнетении роста растений на ранних стадиях их развития, но в различной степени на разных культурах и свойствах почвы. Замедление роста, хлороз и нарушение водного обмена относятся к наиболее общим малоспецифическим проявлениям токсического действия тяжелых элементов.

В исследованиях (2001-2010 гг.), проводимых на известкованной и неизвесткованной почве, выявлено, что на неизвесткованной почве в вариантах с кислой реакцией наблюдается «техногенная пустыня», причем условия среды и сильное загрязнение почв были губительны для всех изучаемых культур. Несмотря на разную интенсивность накопления сухой массы растений, различающихся по своим биологическим особенностям, можно отметить общие закономерности в ее накоплении под действием ТМ на тождественных этапах роста культур, в первую очередь, проявление отрицательного действия ТМ на формирование растений в начальный период их роста.

В среднем за 10 лет загрязнение почвы ТМ (3-й вариант) приводит к снижению урожайности *капусты* в сравнении с незагрязненной почвой (2-й вар.) в 2001-2003 г. более чем в 1,8 раза, в 2004-2006 г. – в 11,2 и в 2007-2010 г. – в 2 раза. Влияние навоза в длительном последствии было малоэффективным, прибавки урожая капусты в этом варианте (5-й) минимальные (на 15-65%). Внесение извести (4-й вар.) и извести +навоз (6-й вар.) обусловило резкое снижение фитотоксичности ТМ, что обеспечило в сравнении с вариантом НРК+ТМ (3-й вар.) повышение урожая капусты в зависимости от условий вегетационного периода в 8-42 раза и 12-66 раз соответственно (табл. 1).

1. Продуктивность овощных культур и картофеля в зависимости от влияния агрохимических приемов детоксикации почв, загрязненных ТМ (в среднем за 2001-2010 гг.)

Вариант опыта	Капуста				Свекла				Картофель				Лук			
	на известкованной почве		без извести		на известкованной почве		без извести		на известкованной почве		без извести		на известкованной почве		без извести	
	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %	г/сос.	+/-, %
1. Контроль (б/у)	531	-	189	-	158	-	94	-	178	-	164	-	147	-	113	-
2. НРК + фон (Ф)	743	-	68	-	265	-	-	-	353	-	241	-	319	-	57	-
3. Ф + ТМ	604	-	20	-	201	-	-	-	313	-	65	-	312	-	28	-
4. Ф + ТМ + известь	837	38,6	294	1370	265	31,8	270	-	390	24,6	193	197	342	9,9	114	307
5. Ф + ТМ + навоз	639	5,8	17	-15,0	211	5,0	-	-	307	-2,1	98	50,8	334	7,1	42	50,0
6. Ф + ТМ + навоз + известь	830	37,4	664	3220	322	60,2	387	-	462	47,6	258	296	385	23,4	184	557
7. N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + ТМ	627	3,8	101	405	247	22,9	-	-	435	39,0	91	40,0	326	4,5	25	-11,3
НСР <sub>05</sub> , г/сосуд	12,3		4,6		17,9		15,6		18,8		21,5		15,9		7,1	

Примечание. Прибавки урожая (%) рассчитаны по отношению к варианту Ф + ТМ (3-й вар.)

При загрязнении неизвесткованной почвы ТМ в 3-м варианте опыта (НРК), а также в 5-м (навоз) и 7-м (2 НРК) вариантах отмечается гибель растений свеклы, урожай корней значительно превышающий контрольный вариант получен только в 4-м и 6-м вариантах с внесением извести и в сочетании известь + навоз. Выявленные закономерности аналогич-

ны во все годы исследований в указанный период, несмотря на резкие различия температурно-влажностных условий вегетационных периодов.

Несмотря на сильнокислую реакцию почвенной среды и загрязнение ТМ, урожай *лука* был получен во всех вариантах. Выявлена высокая эффективность известкования (4-й вар.) в

снижении токсичности ТМ: урожайность в отдельные годы превышала контрольный вариант в 2 раза, или была меньше не более чем на 25%. В сравнении со 2-м вар., где почва не загрязнена, внесение извести обеспечило увеличение продуктивности по годам исследований в 3-5 раз. При сочетании извести с навозом был получен максимальный урожай – 102-412 г/сосуд. Эффективность этого приема обусловила снижение токсичного действия ТМ (в сравнении с 3-м вар.) в 3,5-16 раз. Эффективность применения только навоза (5-й вар.) в длительном последствии сравнима по действию с 2NPK (7-й вар.). В этих вариантах в зависимости от условий вегетационных периодов получен минимальный урожай лука – в 3-20 и 5-12 раз соответственно ниже в сравнении с наилучшим вариантом опыта известь +навоз.

Урожай клубней картофеля также получен во всех вариантах опыта, что характеризует эту культуру как устойчивую к действию ТМ: на неизвесткованной незагрязненной почве на фоне NPK (2-й вар.) в зависимости от года исследований он составил 47-398 г/сосуд (см. табл. 1). Загрязнение почвы ТМ обусловило снижение продуктивности картофеля в 1,5-7,7 раза. Картофель хорошо растет на кислых почвах. Однако,

применение извести и извести с навозом способствовало резкому ослаблению негативного действия ТМ. Детоксикационное действие 2NPK (7-й вар.) и навоза (5-й вар.) было менее эффективным. На известкованной почве резко снизилась фитотоксичность ТМ, при этом хотя и не отмечены различия по срокам наступления фаз развития растений и общему периоду вегетации, однако имеются существенные различия в структуре продуктивности культуры.

Продуктивность капусты при снижении кислотности почв значительно увеличилась, а при применении извести (4-й вар.) и извести + навоз (6-й вар.) токсичность ТМ практически не проявляется. Урожайность в 2001-2003 гг. составила, соответственно, 1163 и 1041 г/сосуд, что на 7,7 и 17,3% ниже по сравнению с незагрязненной почвой (2-й вар.) и на 24,3 и 11,2% выше контрольного варианта. Действие навоза (5-й вар.) и 2NPK (7-й вар.) в длительном последствии в этот период исследований было недостаточным для значимого снижения токсичности ТМ. В другие годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода закономерности несколько изменялись, но в среднем за 2001-2010 гг. четко проявилась приоритетность известкования.

**2. Влияние агрохимических приемов детоксикации загрязненных почв на накопление ТМ (мг/кг) в сельскохозяйственных растениях (основная продукция в среднем за 2007-2010 гг.)**

Вариант опыта		накопление ТМ (мг/кг) в сельскохозяйственных растениях (основная продукция в среднем за 2007-2010 гг.)															
		Лук				Свекла				Капуста				Картофель			
		Содержание элементов, мг/кг															
		Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu
1. Кон- троль	Известь	0,08	0,29	5,05	0,67	0,07	0,15	8,02	1,63	0,08	0,14	1,90	0,30	0,08	0,23	3,40	1,57
	Б/извести	0,06	0,24	6,67	0,75	0,06	0,16	9,55	1,25	0,08	0,16	5,57	0,37	0,06	0,26	3,65	1,63
2. NPK – фон (ф)	Известь	0,08	0,23	4,56	0,68	0,11	0,17	5,95	1,74	0,09	0,19	2,76	0,52	0,05	0,27	3,15	1,76
	Б/извести	0,09	0,28	6,46	0,86	-	-	-	-	0,07	0,23	6,13	0,41	0,09	0,31	3,55	1,54
3. Ф +ТМ	Известь	0,25	0,49	5,89	0,98	0,35	0,54	19,95	8,30	0,19	0,27	7,39	1,47	0,16	0,67	4,74	2,44
	Б/извести	0,43	1,29	14,44	3,71	-	-	-	-	1,31	1,42	22,5	4,12	0,29	1,16	12,85	4,67
4.Ф+ТМ + известь	Известь	0,15	0,39	5,07	0,66	0,18	0,22	12,05	2,45	0,15	0,27	2,09	0,29	0,11	0,45	3,49	2,00
	Б/извести	0,22	0,56	6,21	0,84	0,24	0,35	11,02	2,85	0,26	0,51	3,15	0,51	0,17	0,77	6,51	2,21
5. Ф +ТМ + навоз	Известь	0,23	0,47	6,31	1,12	0,31	0,33	19,95	6,99	0,29	0,37	6,76	2,14	0,16	0,57	5,34	2,24
	Б/извести	0,45	0,97	18,79	3,63	-	-	-	-	1,26	1,52	16,10	3,86	0,35	1,47	11,83	4,75
6.Ф + ТМ +навоз + известь	Известь	0,15	0,35	5,24	0,55	0,14	0,21	12,05	2,35	0,12	0,27	2,19	0,42	0,10	0,44	4,07	1,97
	Б/извести	0,24	0,37	6,04	0,94	0,24	0,31	11,97	2,04	0,25	0,51	2,95	0,56	0,25	0,57	6,98	2,12
7. N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> +ТМ	Известь	0,21	0,39	7,36	0,82	0,27	0,43	12,25	4,49	0,18	0,25	6,98	1,21	0,21	0,44	4,52	2,22
	Б/извести	0,51	1,38	17,23	3,59	-	-	-	-	1,44	1,45	27,9	3,97	0,39	1,24	10,06	4,41
HCP <sub>05</sub> , мг/кг		0,04	0,09	1,24	0,15	0,04	0,06	1,23	0,31	0,06	0,09	1,21	0,23	0,05	0,11	1,15	0,24

Урожай капусты на фоне извести (4-й вар.) и извести + навоз (6-й вар.) наибольший и превышает не только контрольный вариант, но и таковой на незагрязненной почве (2-й вар.).

У растений свеклы, как наиболее отзывчивой культуры на известкование почвы, в этих же вариантах также отмечаются наилучшие показатели, как в отдельные годы, так и в среднем за 2-й период исследований (табл. 1). Токсичность ТМ при использовании извести (4-й вар.) и извести + навоз (6-й вар.) практически не проявляется. Следует отметить, что известкование на всем протяжении опыта способствовало формированию урожая свеклы во всех вариантах опыта.

Исследования формирования продуктивности растений лука показали, что все применяемые в опыте приемы эффективны, величина урожая во всех вариантах превосходила таковую как в контрольном варианте, так и в фоновом (2-й вар.). Однако, наилучшие показатели по учету урожая во все годы исследований получены в 6-м вар. известь + навоз + NPK, прибавка урожая в среднем за 2001-2010 гг. к варианту NPK как на незагрязненной (2-й вар.), так и на загрязненной ТМ почве (3-й вар.) составила 20,7 и 23,4% соответственно.

В условиях техногенного загрязнения почв эффективным в формировании продуктивности картофеля было и повторное известкование (4-й вар.) – 390 г/сосуд, прибавка урожая клубней составила 24,6%. Следует отметить, что в длительном последствии на известкованных почвах двойная доза минеральных удобрений (7-й вар.) проявляет высокий детоксикационный эффект, прибавка урожая клубней в среднем за 10 лет составила 39,0%.

Сравнение результатов учета урожая овощных культур на известкованной и неизвесткованной почве в условиях силь-

ной степени её загрязнения ТМ показывает, что снижение кислотности почвенной среды с 4,0 до 6,5-6,7 устраняет негативное действие ТМ и обеспечивает в среднем за 10 лет повышение урожайности: капусты при внесении извести (4-й вар.) в 2,8 раза, картофеля -2,0, лука- 3,0; извести + навоз (6-й вар.) – капусты в 1,3 раза, картофеля -1,8, лука- 2,0 раза, 2NPK (7-й вар.) – капусты в 6,2 раза, картофеля – 4,8, лука- 13,0 раз. Действие навоза носит затухающий характер и не обеспечивает получение достоверных прибавок урожая. Если сравнивать варианты с минеральными удобрениями, то удвоение дозы обусловило повышение урожайности картофеля и лука, т.е. при благоприятных условиях почвенной среды запас минерального питания является положительным фактором в снижении токсичности ТМ.

Овощные культуры – своеобразные индикаторы и легко откликаются на поступление и накопление ТМ. Больше всего растения накапливают кадмий и цинк. Установлена корреляционная связь между содержанием Cd в почве и накоплением его в растениях ( $r = 0,69-0,79$ ). Внесение NPK приводило к усилению токсикации ТМ, растения отдельных культур погибали. На кислых почвах (рН 4,5-5,5, на неизвесткованной почве) шло интенсивное накопление кадмия, вследствие этого не получили растительную продукцию, соответствующую гигиеническим нормам по этому элементу (табл. 2).

В наименьшей степени все исследуемые растения поглощают медь (Cu), полученную продукцию по содержанию в ней меди в большинстве случаев можно охарактеризовать как экологически безопасную.

Определение качества лука показало, что загрязнение неизвесткованной почвы обусловило увеличение содержания

свинца (Pb) в перьях лука. Применение извести (4- и 6-й вар.), навоза (5-й вар.) и 2NPK (7-й вар.) существенно снизило накопление этого элемента в основной продукции, наилучшим был вариант известь + навоз, на фоне которого содержание Pb равно 0,37-0,43 мг/кг, что находится в пределах ошибки опыта и практически не отличается от вариантов с незагрязненной почвой. Снижение уровня кислотности среды способствовало уменьшению накопления Cd в растениях лука: на не известкованной повторности снижение концентрации кадмия было в 2 и более раз, и ещё большее на известкованной повторности. При сочетании извести с навозом по содержанию Cd (0,17 мг/кг) в луке не выявлено достоверной разницы с контрольными вариантами (0,11 мг/кг при  $HCp_{05}=0,07$  мг/кг).

Известкование почвы по всем вариантам опыта резко уменьшило поступление Zn в растения, на фоне известь + навоз (6-й вар.) содержание элемента было даже ниже чем на контроле – 5,31 мг/кг. Этот факт заслуживает особого внимания, так как в настоящее время в условиях практически отсутствия внесения микроудобрений, необходим контроль за содержанием цинка в почве – микроэлемент, необходимого для нормального роста и развития растений. Лучшим был вариант с известью (4-й вар.), имеющий некоторое преимущество перед сочетанием известь + навоз (6-й вар.). На не известкованной повторности опыта внесение минеральных (7-й вар.) или органических (5-й вар.) удобрений обуславливает увеличение накопления Си в 1,5-2 раза. Отчетливо выявлена краткосрочность действия органических удобрений в условиях избыточной кислотности почв. Снижение кислотности почвы до pH 6,5-6,7 в условиях сильного техногенного загрязнения почв обеспечивает получение продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам. На производственной почве все приёмы высокоэффективны, обеспечивают получение безопасной продукции лука.

При выращивании *капусты* на кислой почве больше всего в растениях накапливается Cd и Zn. На не известкованной почве (вар. 3, 5, 7) в отдельные годы растения капусты погибали, а в 4- и 6-м вариантах при внесении извести содержание Cd было выше ПДК. На известкованных повторностях опыта содержание Cd в растениях капусты по вариантам составило 0,34-0,15 мг/кг, наибольший эффект по снижению содержания элемента в растениях отмечен при применении навоза и извести (6-й вар.).

При анализе результатов по накоплению Zn в капусте выявлена аналогичная закономерность, как и в опыте с луком: известкование почв резко снижает поступление этого элемента в растения.

При загрязнении почв в условиях избыточной кислотности в вариантах с NPK, «навозом» и 2NPK отмечено увеличение накопления Zn в 2,0-3,0 раза. В не известкованной повторности приведение уровня реакции среды к pH 6,3-6,5 в 4- и 6-м вариантах обусловило снижение концентрации Zn в кочанах до безопасного уровня – 3,57-3,14 мг/кг. Дальнейшее снижение кислотности почв в известкованных повторностях в этих же вариантах способствовало уменьшению поступления Zn в растения до уровня незагрязненной почвы (табл.2). Аналогичные закономерности выявлены по накоплению Си и Pb. Наилучшими приёмами снижения концентрации этих элементов в растениях капусты были известь и известь + навоз, которые обеспечили получение продукции, не отличающейся по качеству от контроля, причем некоторое преимущество имел 4-й вариант.

Следует отметить, что снижение уровня кислотности среды до pH 6,5-6,7 на фоне внесения в почву 2NPK способствует уменьшению накопления меди в растениях капусты практически в 4 раза, а свинца – в 2,0 раза.

На не известкованной почве в большинстве вариантов отмечается гибель растений свеклы, применение извести и извести + навоз обеспечивает получение продукции, однако содержание в ней большинства элементов выше ПДК. В известкованных повторностях опыта выявлено большее, по сравнению с другими культурами, накопление Zn, однако в сравнении с NPK (3-й вар.) внесение извести и извести + на-

воз способствовало снижению концентрации элемента в корнях более чем в 1,5 раза.

В длительном последствии органических удобрений не выявлено существенного преимущества внесения навоза + известь перед повторным известкованием почв (известь – 4-й вар.).

*Картофель* значительно отличается от всех других культур опыта по устойчивости к накоплению ТМ, на не известкованной повторности в варианте известь (4-й вар.) и на фоне сочетания известь + навоз (6-й вар.) даже по содержанию Cd – (0,13-0,21 мг/кг) получена безопасная продукция. В известкованной повторности в этих же вариантах разница по содержанию Cd (0,09-0,13 мг/кг) в клубнях с контрольным вариантом (0,07 мг/кг) не достоверная или на грани достоверности (см. табл.2). На не известкованной почве снижение кислотности почвенной среды в 4- и 6-м вариантах обеспечило уменьшение накопления Pb в клубнях, соответственно, в 1,8 и 2,9 раз. Дальнейшее снижение кислотности на известкованной почве в этих же вариантах послужило улучшению качества клубней, обусловленного уменьшением концентрации Pb в 1,4 и 1,8 раз соответственно. Внесение извести на фоне двойной дозы NPK (7-й вар.) привело к снижению накопления Pb в 3,5 раза. Аналогичные закономерности выявлены и в отношении Zn и Си: применение агрохимических приемов снижающих избыточную кислотность среды (известь – 4-й вар. и известь + навоз – 6-й вар.) обеспечило сокращение поступления этих элементов в клубни картофеля в 2 раза.

Лучшие результаты по детоксикации почв и снижению накопления ТМ во всех изучаемых культурах получены в 4- (известь) и 6-м (известь + навоз) вариантах. По степени накопления ТМ в основной продукции объекты исследований можно расположить в следующей убывающей последовательности: свекла>капуста>лук>картофель. При полиметаллическом загрязнении почвы ряд биологического накопления в овощной продукции и картофеле можно расположить в следующем порядке: Cd>Zn>Cu>Pb.

В опыте установлено, что наиболее активно процесс накопления ТМ происходит в побочной продукции; в ботве картофеля, перьях лука и листьях свеклы их содержание превышало ПДК. Поэтому, например, при выращивании картофеля на загрязненных ТМ почвах ботву следует удалять с поля. Внесение извести отдельно и в сочетании с навозом обеспечивает резкое снижение накопления ТМ, низкий уровень перехода их в растения из почвы. По степени насыщенности ТМ растительной ткани основные органы овощных растений можно расположить в следующей последовательности: листья > корни. Эта закономерность характерна для лука, картофеля и свеклы, но листья свеклы способны накапливать гораздо больше ТМ, чем перья лука или ботва картофеля. Результаты исследований показывают, что проведение известкования почв (4-й вар.) в сочетании с внесением минеральных удобрений (3- и 7-й вар.), навоза (6-й вар.) позволяет снизить уровень накопления ТМ в перьях лука в среднем за 10 лет: кадмия в 2,1; 1,6 и 2,2 раза, соответственно, меди в 2,65; 1,87 и 2,67, цинка в 2,0; 1,78 и 2,5, свинца в 2,5, 2,36 и 2,56 раза. Наиболее эффективно сочетание известкования с навозом (6-й вар.).

По степени накопления в растениях наиболее активным загрязнителем является Cd, в наименьшей степени накапливается Pb. Остальные ТМ располагаются в следующем убывающем ряду: Zn>Cu>Pb. Наиболее устойчив к накоплению ТМ картофель.

Таким образом, при загрязнении почв ТМ в качестве детоксикационных мероприятий целесообразно проводить периодическое известкование, положительное действие которого усиливается внесением органических и минеральных удобрений. Это способствует снижению подвижности ТМ в 1,5-4 раза. Применение повышенной дозы минеральных удобрений при снижении кислотности до pH 6,4-6,7 оказывает существенное детоксицирующее действие. Снижение кислотности почв до pH 6,5-6,7 обеспечивает в среднем за 10 лет повышение урожайности: капусты при внесении извести в 2,8 раза, картофеля – 2,0, лука – 3,0 раза; извести + навоз – капусты в

1,3, картофеля – 1,8, лука – 2,0 раз, 2 NPK – капусты в 6,2 раза, картофеля – 4,8, лука – в 13,0 раз. Наилучшим был вариант известь + навоз.

#### Литература

1. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. Влияние известкования на фоне длительного действия и последствие удобрений на физико-химические показатели дерново-подзолистой почвы. // Почвоведение.- 2000.- №9.- С. 103-110.
2. Кузнецов А.В., Кузнецов М.А., Раскатов В.А. Результаты агроэкологической оценки почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации на основе ПДК и ОДК// Доклады ТСХА. Вып. 276, 2006. – С.338-341.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях.- М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Черников В.Н., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция.- М:КолосС, 2009.-435 с.

5. Водяницкий Ю.Н. Изучение фаз – носителей Zn и Pb в почвах методами химического фракционирования и синхротронного рентгеновского анализа// Агрохимия. – 2010. – №8.- С. 77.

6. Комарова Н.А. Экологические аспекты влияния тяжелых металлов на агрохимические и биологические свойства дерново – подзолистой супесчаной почвы// Автореф. канд. дисс. Казань,- 2005.-28 с.

7. Глебова И.В. Закономерности сорбционного распределения тяжелых металлов в почвах Центрального Черноземья// Автореф дис. д. с.-х. н. – Курск, 2009. – 60 с.

8. Andersson A., Siman G. Levels of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer level // Acta Agric. Scandinavica. 1991. V. 41. P.3-11.

9. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение.- Новосибирск: Наука, 1991. -151 с.

10. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях.- Л.: Агропромиздат, 1987.- 142 с.

### AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF FORMATION OF THE YIELD AND QUALITY OF VEGETABLE CROPS ON THE SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

N.A. Komarova

Vladimirskii Center of Agrochemical Service ul. Sokolova-Sokolenka 26a, Vladimir, 600027 Russia

*The results of a long-term experiment on the development of agrochemical methods for the detoxification of soils contaminated with heavy metals are presented. The best parameters have been obtained at the application of lime materials and their combinations with organic fertilizers.*

*Keywords: soil pollution, yield, toxicity, crop quality, heavy metals.*