

# ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.82:504.53

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ

Г.А. Сатаров

*Ульяновский государственный университет*

В данной работе показано, что применение минеральных удобрений в научно обоснованных дозах не представляет опасности загрязнения почв и растениеводческой продукции тяжелыми металлами. Приведены возможные негативные последствия при чрезмерном попадании тяжелых металлов в организм животных и человека из других источников. Рекомендованы основные способы устранения загрязнения почвы и продукции тяжелыми металлами при нарушении экологического баланса в агроценозах.

**Ключевые слова:** агрохимикаты, тяжелые металлы, токсиканты, микроэлементы, фитотоксичность почв, мелиоранты, окружающая среда, агроэкосистема.

**Введение.** Токсичные вещества, встречающиеся в природе и применяемые в хозяйственной деятельности человека, оказывают негативное влияние на весь спектр биологических систем. Одной из наиболее значимых групп токсичных веществ являются тяжелые металлы. Токсические свойства тяжелых металлов известны довольно давно. Однако только последние несколько десятилетий им стали уделять достаточное внимание. Это связано, в первую очередь, с усилением роли этих элементов в биологических процессах, обусловленным увеличением поступления их в окружающую среду в ходе антропогенной деятельности. Кроме того, интерес к тяжелым металлам усилился в результате возросшего объема знаний, в т.ч. и экологических, об их влиянии на природные объекты, а также за счет повышения точности и чувствительности приборной базы, используемой в процессе контроля качества выращиваемой сельскохозяйственной продукции и состояния окружающей среды.

Тяжелые металлы представляют собой одну из приоритетных групп загрязнителей, являющихся факторами деградации окру-

жающей среды. К тяжелым металлам относят более 40 элементов, атомная масса которых превышает 50 а.е.м. Большая часть этих элементов входит в состав многих ферментов и имеет важное биологическое значение. При содержании их в почве или в различных организмах в естественных концентрациях они являются эссенциальными элементами, и к ним применяют термин «микроэлементы».

Под микроэлементами подразумевают химические элементы, необходимые для растительных и животных организмов, содержание которых измеряется незначительными величинами [2]. Микроэлементы могут присутствовать повсюду в окружающей среде (почве, растениях и т.д.), а также в различных агрохимикатах, применяемых в сельском хозяйстве.

К агрохимикатам относятся минеральные и органические удобрения, химические мелиоранты и средства защиты растений, а также некоторые бытовые и промышленные отходы, используемые в сельском хозяйстве. Все они содержат разное количество макро- и микроэлементов, в т.ч. и ряд токсичных веществ (табл. 1).

Таблица 1

## Содержание токсичных элементов в агрохимикатах, мг/кг сухой массы [8]

Элементы	Виды удобрений				Пестициды
	фосфорные	азотные	известковые	органические	
Мышьяк	2–1200	2,2–120,0	0,1–24,0	3–25	22–60
Кадмий	0,1–170,0	0,05–8,50	0,04–0,10	0,3–0,8	–
Кобальт	1–12	5,4–12,0	0,4–3,0	0,3–24,0	–
Хром	66–245	3,2–19,0	10–15	5,2–55,0	–
Медь	1–300	1–15	2–125	2–60	12–50
Ртуть	0,01–1,20	0,3–2,9	0,05	0,09–0,20	0,8–42,0
Марганец	40–2000	–	40–1200	30–550	–
Молибден	0,1–60,0	1–7	0,1–15,0	0,05–3,00	–
Никель	7–38	7–34	10–20	7,8–30,0	–
Свинец	7–225	2–27	20–1250	6,6–15,0	60
Селен	0,5–25,0	–	0,08–0,10	2–4	–
Цинк	50–1450	1–42	10–450	15–250	1,3–25,0

Из приведенных в табл. 1 агрохимикатов чаще всего используются минеральные удобрения, поэтому они требуют более пристального внимания. В связи с этим их следует рассматривать как важный фактор загрязнения продукции, почвы и окружающей среды. Наиболее «богатыми» по содержанию примесей тяжелых металлов являются фосфоросодержащие удобрения: двойной суперфосфат, аммофосы, аммофоски, нитрофосы, нитрофоски, жидкие комплексные удобрения [16]. Первопричиной высокого содержания в них тяжелых металлов являются природные фосфориты, которые используются для производства удобрений. В качестве примера можно привести фосфориты, добываемые в Австралии, в которых содержится 4–109 мг/кг кадмия, североамериканские – 3–130 мг/кг, встречаются фосфориты с содержанием кадмия 980 мг/кг [21]. Кроме кадмия фосфатные руды имеют в своем составе примеси свинца (до 1500 мг/кг) и других металлов [17]. Удобрения, производимые на основе такого сырья, действительно являются потенциальными ис-

точниками загрязнения. Многие авторы отмечают повышенное содержание кадмия в удобрениях, достигающее 170 мг/кг в простом суперфосфате, 175 мг/кг – в двойном, 153 мг/кг – в диаммофосе [11, 20]. Особенно велика вероятность загрязнения почв и продукции при использовании удобрения с повышенным содержанием тяжелых металлов в течение ряда лет. Однако существует мнение, что вклад минеральных удобрений в загрязнение почв тяжелыми металлами не столь существенен. Так, по данным некоторых исследователей [24], умеренное применение фосфорных удобрений за последние 50 лет в США не привело к увеличению содержания тяжелых металлов в зерне злаковых культур. Сегодня достоверно известно, что растения обладают физиолого-биохимическими барьерами, препятствующими проникновению тяжелых металлов в генеративные органы. Этим, вероятно, объясняется невысокое содержание тяжелых металлов в зерновой продукции.

Удобрения, производимые на основе отечественного сырья, отличаются от зару-

бежных в лучшую сторону: содержание в них токсичных элементов незначительно. Поэтому применение их в рекомендуемых дозах, возможно, не приведет к большому увеличению содержания нежелательных элементов в почве и в зерновых культурах. Однако под вопросом остаются кормовые и технические культуры, у которых основной продукцией являются стебли, листья и корнеплоды.

Органические удобрения значительно менее концентрированы по содержанию токсичных элементов, чем минеральные, однако, учитывая разницу в применяемых дозах, их не стоит сбрасывать со счетов. Поэтому в хозяйствах, где используются высокие дозы органических удобрений, следует обязательно учитывать в них содержание тяжелых металлов [6].

В качестве мелиорантов в зоне Среднего Поволжья используются, как правило, известковые материалы различного происхождения, в частности известняковая и доломитовая мука, цементная пыль и известковые отходы различных производств. Они в своем составе имеют свинец и кадмий в количествах, превышающих их содержание в почвах.

Использование некоторых пестицидов также является источником поступления токсичных элементов в почвы. Средства защиты растений могут служить источником загрязнения почв свинцом, мышьяком, медью, ртутью, цинком. Так, по сообщениям ряда авторов, применение арсенатов свинца может поднять содержание свинца в почвах до 500 мг/кг [22, 24].

Обработка сельскохозяйственных растений мышьякосодержащими препаратами в ряде ферм США привела к увеличению содержания мышьяка в почве до 165–830 мг/кг при фоновом содержании 13–14 мг/кг [25].

При количественной оценке токсичных элементов, поступающих из различных веществ, применяемых в сельском хозяйстве, отмечается, что их основная масса приходится на удобрения и мелиоранты. Поступление металлов с традиционными органическими удобрениями (навоз, навозная жижа) и известковыми материалами различается в незначительной степени и составляет, например, 14,6 и 26,4 % по свинцу и 20,6 и 14 % по кад-

мию. По данным некоторых исследователей, применение минеральных удобрений дает 2,5–3 % загрязнения почв тяжелыми металлами [16].

Источники и масштабы загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, свойства тяжелых металлов, нормирование их содержания в почвах и растениях, а также мероприятия по детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, рассмотрены некоторыми исследователями [13, 14].

Таким образом, становится очевидным, что средства химизации в современном земледелии не только приносят материальное благосостояние, но и обуславливают определенную экологическую нагрузку на почву, получаемую продукцию и в целом на окружающую среду. В связи с этим важно разрешить противоречие между химизацией земледелия и окружающей средой, так как высокопродуктивное земледелие немыслимо без применения удобрений и химических средств защиты. Научно обоснованная система их применения позволяет решить ряд важных задач земледелия: обеспечение воспроизводства плодородия почв, получение высококачественной растениеводческой продукции, сбалансированной по химическому составу и питательной ценности, а также повышение рентабельности растениеводства.

**Цель исследования.** Дать экологическую оценку загрязнения тяжелыми металлами почв и растениеводческой продукции, выращенной с применением различных кратных доз минеральных удобрений.

**Материалы и методы.** Опыты проводились на опытном поле Ульяновского НИИСХ в шестипольном севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая рожь – кукуруза – яровая пшеница – ячмень – овес (табл. 2). Схема опыта состояла из 16 вариантов, представляющих 1/4 полного факториального опыта (4×4×4). Опыт был развернут во времени и в пространстве. Повторность четырехкратная.

В опытах использовались аммиачная селитра (34 % д.в.), двойной гранулированный суперфосфат (42 % д.в.) и хлористый калий (60 % д.в.).

Таблица 2

## Дозы внесения удобрений под культуры

Культуры	Уровни насыщения удобрениями			
	000	111	222	333
Пар (чистый)	–	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>
Озимая рожь	–	N <sub>60</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>180</sub>
Кукуруза	–	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>
Яровая пшеница	–	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub>
Ячмень	–	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>
Овес	–	N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub>
В среднем	–	N <sub>35,8</sub> P <sub>26,6</sub> K <sub>41,7</sub>	N <sub>71,6</sub> P <sub>53,3</sub> K <sub>83,3</sub>	N <sub>107,5</sub> P <sub>80</sub> K <sub>125</sub>
Общая сумма, кг/га д.в.	–	104,1	208,2	312,3

Почвы опытного участка представлены тяжелосуглинистым, среднemosным, выщелоченным черноземом.

Почвенные и растительные образцы для проведения учета и анализа отбирались согласно методическим указаниям [7–10].

Содержание тяжелых металлов в почве, удобрениях, осадках и продукции определяли на атомно-адсорбционном спектрофотометре.

**Результаты и обсуждение.** Агрехимические средства в современной земледелии являются приоритетными факторами воздействия на агроэкосистему в сельскохозяйственных ландшафтах. Однако следует помнить, что на почвы и растения оказывают воздействие не только биофильные элементы, ради которых применяют удобрения, но и балластные вещества, которые являются сопутствующими в агрохимикатах. Часто бывает, что качество многих минеральных удобрений снижается вследствие содержания в них сопутствующих балластных элементов из ряда особо токсичных тяжелых металлов (никеля, свинца, кадмия и т.д.). При систематическом их внесении, особенно в повышенных дозах, эти элементы могут накапливаться в почве, отрицательно влияя на ее свойства, а также в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур. Чтобы констатировать накопление тяжелых металлов в почве, необходимо знать уровень их исходного содержа-

ния. С этой целью была обследована почва опытного участка на содержание особо опасного ряда тяжелых металлов.

Анализ почвенных образцов, отобранных перед закладкой опыта, показывает, что валовое содержание опасных тяжелых металлов и мышьяка достаточно высокое и варьирует в следующих пределах: хром – 9,01–10,31; никель – 30,3–37,3; свинец – 48,4–53,2; ртуть – 1,32–1,51; кадмий – 1,06–1,52 и мышьяк – 4,86–6,40 мг/кг. В среднем по трем закладкам содержалось: хрома – 9,26; никеля – 33,8; свинца – 50,7; ртути – 1,44; кадмия – 1,26; мышьяка – 5,83 мг/кг. Как показали исследования, содержание данных элементов не превышает ПДК за исключением свинца, содержание которого превышает ПДК примерно в 1,7 раза.

Следует отметить, что определение валовой формы тяжелых металлов не дает полной картины загрязнения продукции, так как растениям доступна только небольшая их часть. Поэтому в почвенных образцах были определены кислотно-растворимая форма в 1N HCl и подвижная форма в ацетатно-аммонийном буфере с pH 4,8, которые представляют потенциальные запасы и при определенных условиях становятся доступными для сельскохозяйственных растений. Кислотно-растворимые формы соединений тяжелых металлов были несколько ниже по сравнению с валов-

вым содержанием и варьировали в следующих пределах: хром – 0,97–1,42; никель – 7,65–13,91; свинец – 10,22–17,06; ртуть – 0,43–0,57; кадмий – 0,006–0,008; мышьяк – 2,32–2,90 мг/кг. Кислотно-растворимые формы в зависимости от вида элемента составляют обычно 10–20 и 40–50 % от их валового содержания.

Большую опасность в экологическом плане представляют подвижные формы тя-

желых металлов, которые могут свободно поглощаться сельскохозяйственными культурами и накапливаться в их основной или побочной продукции. Запасы легкопоглощаемых форм тяжелых металлов выделяют в ацетатно-аммонийном буфере с рН 4,8. Количество подвижных форм тяжелых металлов, переходящих в вытяжку ацетата аммония, составляет около 0,4–1,0 % от их валового содержания (табл. 3).

Таблица 3

**Исходное содержание тяжелых металлов  
в выщелоченных тяжелосуглинистых черноземах, мг/кг**

Показатели	Хром	Мышьяк	Никель	Свинец	Ртуть	Кадмий
Валовое содержание	9,26	5,83	33,8	50,7	1,44	1,28
ПДК на валовые формы	100	50	100	30	5,0	5,0
Кислотно-растворимая форма в 1N HCl	1,27	2,10	10,73	13,39	0,51	0,007
Растворимые формы в ацетатно-аммонийном буфере с рН 4,8	0,27	2,16	1,21	8,10	0,20	0,005
ПДК на подвижные формы	10,6	20,2	10,4	10	2,0	0,30
Общий диапазон концентраций	0,2–10,3	1,9–6,4	0,73–37,30	7,5–53,0	0,17–1,52	0,05–1,70

В целом, данные, приведенные в табл. 3, показывают, что, несмотря на интенсивное использование пашни до закладки опытов, опасность чрезмерного загрязнения почвы тяжелыми металлами, попадающими с удобрениями, пока отсутствует. Валовое содержание элементов, представляющих опасность для окружающей среды, не превосходит ПДК. Наибольшую озабоченность вызывает свинец. Высокий фон его валового содержания в почве отражается и на подвижных формах, концентрация которых составляет 8,1 мг/кг сухой почвы при ПДК=10 мг/кг. Содержание подвижных форм других элементов в почве намного ниже ПДК.

Повышенная концентрация свинца на черноземных почвах с высокой буферной способностью частично обусловлена их генетическим сложением, внесением фосфорно-

калийных удобрений под предшествующие культуры или выпадением свинца с атмосферными осадками.

Анализ фосфорно-калийных удобрений показал, что в их составе среди 6 наиболее опасных элементов наибольшая часть приходится на долю свинца. Так, его валовое содержание в двойном гранулированном суперфосфате составляет 60,3 мг/кг, а в хлористом калии – 8,79 мг/кг. На втором месте находится никель, за ним следуют мышьяк, хром, кадмий и ртуть. Такая же последовательная зависимость сохраняется и по содержанию растворимых форм в 1N HCl и ацетатно-аммонийном буферном растворе с рН 4,8 (табл. 4). При использовании минеральных удобрений, особенно фосфорных, отмечается значительное поступление легкоусвояемых подвижных форм свинца и никеля.

Таблица 4

## Содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях, мг/кг

Показатели	Хром	Мышьяк	Никель	Свинец	Ртуть	Кадмий
Валовое содержание: – двойной гран. суперфосфат – хлористый калий	6,46 1,81	8,17 2,20	18,70 5,25	60,3 8,79	1,42 0,05	1,72 0,24
Кислотно-растворимые в 1N HCl: – двойной гран. суперфосфат – хлористый калий	2,16 0,29	4,70 1,08	6,35 0,39	18,70 1,51	0,75 0,05	0,300 0,006
Растворимые в ацетатно-аммонийном буфере с pH 4,8: – двойной гран. суперфосфат – хлористый калий	0,78 0,15	2,53 0,25	6,03 0,26	7,90 0,80	0,19 0,05	0,190 0,005

Таким образом, существует определенная, хотя и незначительная, зависимость между содержанием токсичных веществ в удобрениях и накоплением их в почве и в растениях. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения негативного воздействия тяжелых металлов и мышьяка на растения и человека.

Избыточное количество свинца ( $Pb^{2+}$ ) в сельскохозяйственных культурах способствует ослаблению дыхания и сильному подавлению процессов фотосинтеза, а иногда проявлению синергизма с кадмием и антагонизма к ряду необходимых элементов: фосфору, кальцию и сере. Следствием этого является снижение не только урожайности, но и качества продукции. При употреблении загрязненной продукции у животных и человека поражаются органы кроветворения, нервная система и почки. Снижается активность ферментов, нарушаются процессы метаболизма и биосинтеза органических веществ [19].

Кадмий ( $Cd^{2+}$ ) является очень токсичным элементом. В норме он в небольших количествах присутствует в организме здорового человека. В организм животных и человека может попасть при потреблении растительной продукции. Особенно легко кадмий адсорбируется кукурузой и картофелем. Кадмий – кумулятивный яд. Симптомы острого отравления человека кадмием – рвота и судороги. Растворимые соединения кадмия после всасывания в кровь поражают центральную нервную систему, печень и почки, нарушают фосфорно-кальциевый обмен. Хроническое

отравление приводит к анемии и разрушению костей. Токсичность кадмия для растений проявляется в нарушении активности некоторых ферментов, ответственных за фотосинтез аминокислот, а также в нарушении транспирации и фиксации азота бобовыми культурами. Кадмий часто становится антагонистом цинка, меди, марганца, кальция, магния, фосфора, селена [19]. Тем самым, употребление загрязненной кадмием продукции вызывает у животных и человека нарушение функционирования сердечно-сосудистой системы и часто становится причиной образования различного рода злокачественного опухолей [18].

Избыток хрома ( $Cr^{3+}$ ) в растениях ингибирует поступление фосфора, калия, железа, марганца, бора и меди, что проявляется в виде сильного хлороза и в конечном итоге приводит не только к увяданию надземных частей, но и к отмиранию корневой системы. Об отравляющих свойствах хрома, вызывающего расстройства центральной нервной системы, знали еще древние греки. При длительном вскармливании кормами с высоким содержанием этого элемента у животных снижается иммунитет, падает активность ферментов, поражается печень.

Мышьяк ( $As^{3+}$ ) и все его соединения ядовиты. Отравление ими ведет к серьезным нарушениям деятельности почек, печени, легких, желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы человека. При остром отравлении мышьяком наблюдаются рвота, боли в животе, понос, угнетение центральной

нервной системы. У людей, проживающих на территориях, где в почве содержится избыток мышьяка, он накапливается в щитовидной железе и вызывает эндемический зоб.

Никель ( $Ni^{2+}$ ) относится к числу микроэлементов, необходимых для нормального развития живых организмов. Известно, что никель принимает участие в ферментативных реакциях у растений и животных. В организм никель поступает в основном через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и кожу и накапливается в ороговевших тканях. В малых концентрациях никель может вызывать у чувствительных к нему людей дерматиты, экзему рук. Повышенное содержание никеля в почвах приводит к эндемическим заболеваниям: у растений появляются уродливые формы, у животных – заболевания глаз, связанные с накоплением никеля в роговице.

Ртуть ( $Hg^{2+}$ ), попадая в организм, влияет на поглощение и обмен микроэлементов – меди, цинка, кадмия и селена. В организме ртуть циркулирует в крови, соединяясь с белками; частично откладывается в печени, почках, селезенке, ткани мозга. Ртуть представляет опасность для всех живых существ. Проникновение ее в организм чаще всего происходит при вдыхании ее паров, не имеющих запаха. Ртуть и ее соединения являются высокотоксичными веществами, способными накапливаться в организме и долго не выводиться, нанося непоправимый вред

здоровью. Вследствие этого поражаются нервная система, печень, почки и желудочно-кишечный тракт. Ртуть может сохраняться в организме в течение года; выводится через почки, кишечник, потовые железы и другие органы выделения.

Очевидно, что при поступлении тяжелых металлов в организм человека и животных с выращенной на загрязненных почвах продукцией в первую очередь подвергаются риску органы пищеварения. При систематическом поступлении тяжелых металлов в организм человека начинает действовать закон биологического накопления, и мишенями становятся все остальные внутренние органы [3, 5].

Исследования по выявлению ряда опасных тяжелых металлов и мышьяка в сельскохозяйственной продукции показывают, что накопление их избирательно и преимущественно происходит в побочной продукции. Так, у озимой ржи возрастает содержание мышьяка (в соломе – 0,75–0,91, в зерне – 0,33–0,74 мг/кг), хрома (в соломе – 0,45–0,78, а в зерне – всего 0,15–0,26 мг/кг), свинца (в соломе – 2,14–3,09, а в зерне – 1,57–2,04 мг/кг); в кукурузе накапливаются мышьяк, никель и свинец, причем в початках их в 2–15 раз меньше, чем в листьях; в соломе пшеницы накапливаются мышьяк и кадмий; в зерне ячменя – никель и кадмий, в соломе – хром, свинец и кадмий; в зерне овса – хром, в соломе – кадмий.

Таблица 5

**Валовое содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы  
в конце ротации севооборота, мг/кг**

Элементы	Варианты										ПДК
	000	200	020	002	220	202	022	222	111	333	
Кадмий	0,20	0,24	0,51	0,24	0,35	0,51	0,35	0,24	0,40	0,34	3
Свинец	6,1	8,4	6,8	5,2	5,2	8,1	7,7	5,0	8,3	6,1	30
Никель	4,3	16,8	7,7	6,4	8,6	12,7	102	10,0	5,5	4,0	85
Хром	6,8	16,0	11,9	7,3	15,1	17,4	7,9	14,5	11,3	7,3	100
Категория загрязнения	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–
Суммарный показатель загрязнения	–	11,1	4,63	2,22	6,15	13,1	4,46	4,57	3,93	4,15	

Полученные данные подтверждают наличие у растений физиолого-биохимических барьеров, препятствующих поступлению токсичных веществ и тяжелых металлов в генеративные органы.

В целом, можно отметить, что возрастающие дозы минеральных удобрений слабо влияют на содержание тяжелых металлов в почве. Данные табл. 5 показывают, что при внесении минеральных удобрений за рота-

цию севооборота отмечается лишь тенденция к повышению содержания кадмия, никеля и хрома в почве. При таких темпах загрязнения для достижения предельно допустимых концентраций потребуются не один десяток лет.

Для убедительности на вариантах с полной схемой использования удобрений были проведены балансовые исследования, результаты которых представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Баланс наиболее опасных тяжелых металлов при внесении разных доз минеральных удобрений, г/га**

Показатели	Кадмий				Свинец			
	000	111	222	333	000	111	222	333
Поступило в почву с:								
– минеральными удобрениями	–	0,03	0,06	0,09	–	0,68	1,36	2,04
– осадками	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12
Выбыло из почвы с урожаем	6,5	6,8	8,8	9,4	7,3	10,9	13,5	15,0
Баланс	-6,4	-6,7	-8,7	-9,2	-7,2	-10,1	-12,0	-12,8
Показатели	Никель				Хром			
	000	111	222	333	000	111	222	333
Поступило в почву с:								
– минеральными удобрениями	–	0,42	0,84	1,26	–	0,53	1,06	1,59
– осадками	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10
Выбыло из почвы с урожаем	7,8	10,1	11,3	14,0	5,3	8,4	9,2	9,7
Баланс	-7,7	-9,5	-10,3	-12,6	-5,2	-7,8	-8,1	-8,0

Расчеты показывают, что тяжелые металлы, вносимые в почву с удобрениями и выпадающие с атмосферными осадками, не представляют опасности как загрязнители, так как с урожаем их выносятся больше, чем поступает по двум основным статьям.

#### **Выводы:**

1. Нет прямой зависимости между содержанием тяжелых металлов в почве и поступлением их в растения при применении разных доз удобрений.

2. Не все морфологические части растений обладают одинаковой способностью накапливать тяжелые металлы. Большая часть

последних обычно накапливается в побочной продукции зерновых культур и в стеблевой массе кукурузы.

3. Растения имеют физиолого-биохимические барьеры, препятствующие интенсивному поступлению тяжелых металлов в генеративные органы.

4. Строгое соблюдение научно обоснованных технологий применения удобрений в оптимальных дозах с учетом почвенно-климатических условий и биологических особенностей культур полностью предотвращает загрязнение продукции и почвы.

5. Анализ почвенных образцов, отобранных по завершении ротации севооборота, показывает, что за пять лет использования минеральных удобрений даже при повышенных дозах загрязнение почвы тяжелыми металлами выше ПДК не отмечается.

6. Возделывание сельскохозяйственных культур при широком использовании минеральных удобрений не требует особых ограничений и не вызывает проблем, связанных с загрязнением продукции и окружающей среды.

1. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв Московской области / С. С. Праздников [и др.] // Плодородие и качество продукции при биологизации земледелия. М. : Колос, 1996. С. 305–320.

2. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. 2-е изд. М. : Изд-во АН СССР, 1957. 290 с.

3. *Горбачев В. Н., Бабинцева Р. М.* Почвы и болезни. Ульяновск : Типография Облучинского, 2010. 118 с.

4. *Дабахов М. В., Дабахова Е. В., Тутова В. И.* Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород, 2005. 163 с.

5. *Иванова Ю. С., Горбачев В. Н.* Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок // Ульяновский медико-биологический журн. 2012. № 1. С. 119–123.

6. *Ковда В. А.* Биогеохимия почвенного покрова. М. : Наука, 1985. 264 с.

7. Методики исследований в полевых и производственных опытах по изучению систем питания растений в комплексе с другими средствами химизации / В. Ф. Ладонин [и др.]. М. : ВИУА, 1991. 186 с.

8. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 40 с.

9. Методические указания по оценке загрязнения почвы химическими веществами. Утверждены заместителем Главного гос. санитарного врача СССР 13 марта 1987 г. № 4266-87. М., 1987. 19 с.

10. Методологические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе географической сети объектов) / Н. А. Муромцев [и др.] ; под ред. Н. З. Милащенко и Ш. И. Литвака. М., 1991. 354 с.

11. *Минеев В. Г., Дебрецени Б., Мазур Т.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М. : Колос, 1993. 415 с.

12. Научные основы мониторинга земель Российской Федерации. М. : АПЕК, 1992. 172 с.

13. *Овчаренко М. М.* Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение. ДЖУ. М. : Пролетарский светоч, 1997. 290 с.

14. *Овчаренко М. М.* Тяжелые металлы в системе почва – растения – удобрения // Химизация сельского хозяйства. 1995. № 4. С. 8–16.

15. *Перельман А. И.* Геохимия : учеб. для геол. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1989. 528 с.

16. *Постников А. В., Чумаченко И. Н., Кривоуст Н. П.* Влияние различных форм фосфорных удобрений на плодородие и накопление тяжелых металлов в почвах и растениях // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. М. : Изд-во РАСХН Агроэколас, 1994. С. 53–66.

17. Свинец в окружающей среде. М. : Наука, 1987. 181 с.

18. *Скальный А. В., Рудаков И. А.* Биоэлементы в медицине. М. : ОНИКС 21 век : Мир, 2004. 271 с.

19. *Стожаров А. Н.* Медицинская экология. Минск : Высшая школа, 2007. 368 с.

20. *Beaufays J. M., Nangniot P.* Etude comparative du dosage du Cd dans les eaux, les engrais et les plantes par polarographie impulsionnelle différentielle et spectrométrie et absorption atomique. Analysis 4. 1976. P. 193–199.

21. Cadmium accumulation in soils from long-continued application of superphosphate / H. P. Rothbaum [et al.] // The J. of Soil Science. 1986. Vol. 37, № 1. P. 99–107.

22. *Merry R. N., Tiller K. G., Alston A. M.* Accumulation of copper, lead, and arsenic in some Australian Orchard soils // Australian J. Soil Res. 1983. № 21. P. 549–561.

23. *Mortvedt J. J.* Cadmium level in soils and plants from some long-term soil fertility experiment in the United States of America // J. Environ. Quality. № 16. P. 137–142.

24. Sources of metal and elemental contamination on terrestrial environment / B. N. Freedman [et al.] // Effect of heavy metal pollution on plants. Vol. 2. London and New Jersey : Applied Science Publishers, 1981. P. 35–94.

25. *Woolson E. A., Axley J. N., Kearney P. S.* The chemistry and phytotoxicity of As in soils. 1. Contaminated field soils // S.S.S. Am. Pros. 1971. Vol. 35, № 6.

## ECOLOGICAL ASPECTS OF APPLICATION OF AGROCHEMICALS

G.A. Satarov

*Ulyanovsk State University*

In this work it is shown that application of mineral fertilizers in scientifically reasonable doses doesn't constitute danger of pollution of soils and crop production heavy metals. Possible negative consequences are given at excessive hit of heavy metals to an organism of animals and the person from other sources. The main ways of elimination of pollution of the soil and production are recommended by heavy metals at violation of ecological balance in agrocoenosis.

**Keywords:** agrochemicals, heavy metals, toxic substances, microelements, phytotoxicity of soils, fertilizers for land-reclamation, environment, agroecosystem.