

На правах рукописи

СОСНИЦКАЯ Татьяна Николаевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ Г. СВИРСКА  
ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ: ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И  
ДЕТОКСИКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

03.02.08 – экология (биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Иркутск – 2014

Работа выполнена на кафедре агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Иркутск).

**Научный руководитель:** **Хуснидинов Шарифзян Кадирович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия», профессор кафедры агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений (г. Иркутск)

**Официальные оппоненты:** **Огарков Борис Никитович**  
доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет», профессор кафедры микробиологии (г. Иркутск)

**Ведущая организация:** **Баханова Милада Викторовна**  
кандидат биологических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Бурятский государственный университет», доцент кафедры ботаники (г. Улан-Удэ)  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск)

Защита состоится «23» мая 2014 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.022.03 при ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» по адресу: 670000, г. Улан-Удэ ул. Смолина, 24а, конференц-зал. Факс: (3012) 210588, e-mail: d21202203@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» и на сайте Бурятского государственного университета [www.bsui.ru](http://www.bsui.ru)

Автореферат разослан « » 2014 года и размещен на сайте ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru>

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

А.Б. Гулгенова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность исследований.**

Почвенный покров Муниципального Образования (МО) г. Свирск Иркутской области подвержен мышьяковому и свинцовому загрязнению. Загрязнение мышьяком явилось следствием деятельности Ангарского металлургического завода (АМЗ) в г. Свирске, производящего мышьяк для нужд оборонной промышленности СССР в 1934-1949 годах (Баранова, 2007; Пшонко, 2009), а свинцовое загрязнение – следствием работы аккумуляторного завода действующего с 1941 года по настоящее время.

В последние годы (2011-2013 гг.) очень большое внимание уделяется проблемам ликвидации очага загрязнения, определению границ и степени загрязнения ОПС МО г. Свирск мышьяком. После выделения финансовых средств с федерального бюджета в 2013 году за пределы г. Свирска были вывезены разрушенные цеха, отходы производства АМЗ и зараженная почва. Несмотря на ликвидацию очага загрязнения, необходимость детоксикации почвенного покрова (ДПП) зараженной территории актуальна. Однако технологические решения проблемы детоксикации ТМ и мышьяка и производства экологически безопасной продукции (ЭБП) пока не разработаны.

На землепользовании МО г. Свирск созданы и функционируют 9 садово-огородных кооперативов (СОК), где жители города для собственных нужд выращивают плодоовощную продукцию и картофель, которые в разной степени загрязнены ТМ и мышьяком.

Для детоксикации почв в настоящее время рекомендуются разнообразные физические, химические и биологические приемы. В связи со спецификой загрязнения ОПС МО г. Свирск, проблема детоксикации почв и производства ЭБП требует комплексного решения, включающего мониторинг степени загрязнения (МСЗ) почв и растений, фрезерную обработку почвы при их освоении и окультуривании, внесение компостированных органических удобрений, фитоэкстракцию ТМ и мышьяка за счет возделывания специальных растений-фитоаккумуляторов и выращивание растений-толерантов, которые в условиях загрязнения обеспечивают получение ЭБП. Однако эти технологические решения в условиях региона остаются слабо изученными.

### **Цель.**

Снижение уровня загрязнения почвенного и растительного покрова МО г. Свирск и получение экологически безопасной продукции растениеводства.

### **Задачи:**

1. Оценить уровень загрязнения почвенного и растительного покрова МО г. Свирск и состояние здоровья населения;
2. Изучить степень детоксикации почв в результате их освоения и окультуривания;
3. Дать оценку влияния длительного применения органических удобрений на снижение степени загрязнения почв;
4. Произвести оценку толерантности и кумулятивности сельскохозяйственных растений на загрязненных мышьяком и свинцом почвах;

5. Рассчитать эколого-экономическую эффективность применения органических удобрений как приема снижения уровня загрязнения сельскохозяйственных растений.

**Защищаемые положения:**

1. Оценка уровня загрязнения почвенного и растительного покрова МО г. Свирск мышьяком и свинцом и состояние здоровья населения.

2. Детоксикация загрязненного почвенного покрова и получение экологически безопасной продукции растениеводства достигается при окультуривании почв, внесении органических удобрений, фитоэкстракции и использовании потенциала толерантных растений.

**Научная новизна исследований.** Впервые в условиях региона проведено комплексное изучение уровня загрязнения почвенного и растительного покрова и дана оценка состояния здоровья населения МО г. Свирск. Изучен комплекс мероприятий по детоксикации ТМ и мышьяка и производства экологически безопасной продукции растениеводства в результате их освоения и окультуривания, длительного применения органических удобрений. Изучена экологическая эффективность растений – фиторемедиантов и разработаны технологии фитоэкстракции техногенно загрязненных мышьяком почв. В условиях техногенного загрязнения с целью получения экологически безопасной продукции произведена оценка толерантности (устойчивости) растений.

**Практическая значимость.** Предложен комплекс технологических приемов по ДПП за счет систематического применения органических удобрений и снижения загрязнения почв в результате их освоения и интенсивной обработки, определены сельскохозяйственные растения, отличающиеся толерантностью (устойчивостью) к загрязнению среды МО г. Свирск мышьяком и свинцом.

Выявлены растения, обладающие кумулятивными свойствами, рекомендуемые для фитоэкстракции – приема постепенного извлечения, отчуждения загрязнителей из почвы.

Материалы исследований могут быть использованы для получения ЭБП.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты исследований были доложены на: Всероссийском научно-практическом семинаре «Ресурсосберегающие технологии производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции» (Иркутск, 2011); Научно-практическом семинаре, посвященном «Дню аспиранта ИрГСХА» (Иркутск, 2012); Международной научно-практической конференции молодых ученых (Иркутск, 2012); Научно-практическом семинаре, посвященном «Дню аспиранта ИрГСХА» (Иркутск, 2013); Международной научно-практической конференции молодых ученых «Научные исследования и разработки к внедрению в АПК» (Иркутск, 2013); Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию аспирантуры ИрГСХА «Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии» (Иркутск, 2013); Региональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию ФБГОУ ВПО ИрГСХА «Современные проблемы и перспективы развития АПК» (Иркутск, 2014).

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 8 работ, в том числе 4 в изданиях ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы, включающего 169 источников. Диссертация изложена на 129 страницах машинописного текста, включает 17 таблиц, 27 рисунков, 5 приложений.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **1.1. Токсические свойства тяжелых металлов и мышьяка**

В разделе представлен литературный анализ основных свойств тяжелых металлов. Раскрыты понятия «токсические тяжелые металлы» и «микроэлементы». Охарактеризована опасность тяжелых металлов для организмов при вовлечении их в биохимические процессы. Отмечены канцерогенные свойства, а так же тот факт, что под действием тяжелых металлов в организме происходит блокировка ферментов, что приводит к нарушению действия физиологических систем.

Детальнее представлена характеристика свойств мышьяка и свинца, источники поступления их в объекты окружающей среды, токсическая доза и токсическое действие на живые организмы (органы-мишени при мышьяковом и свинцовом отравлении), охарактеризована их физиологическая роль в организме.

#### **1.2. Протекторные свойства почв по отношению к тяжелым металлам и мышьяку**

В разделе охарактеризованы свойства почв, влияющие на их устойчивость и способность к самоочищению в результате загрязнения тяжелыми металлами. А также перечислены и охарактеризованы основные приемы восстановления почвенного покрова в результате сильного техногенного загрязнения, когда почва утрачивает способность к самоочищению, такие как известкование, внесение органического вещества и минеральных удобрений, химическое осаждение, глинование.

#### **1.3. Реакция растений на степень загрязнения почвы тяжелыми металлами и мышьяком**

В разделе описано токсическое воздействие тяжелых металлов и мышьяка на растительный организм, а также представлен литературный анализ признаков угнетения растений при избыточном загрязнении окружающей среды. К ним относятся: подавление роста, снижение продуктивности, слабое развитие корневой системы, снижение транспирации, увядание, изменение цвета листьев, некрозы и хлорозы, нарушение фотосинтеза и дыхания, увеличение грибковых

заболеваний, проявление признаков ксеноморфности (карликовость, мелколистность, розеточность и др.). Сильное загрязнение среды произрастания тяжелыми металлами и мышьяком, может повлечь гибель растения.

#### **1.4. Устойчивость и степень поглощения тяжелых металлов и мышьяка растениями: растения – толлеранты и растения - «аккумуляторы»**

В разделе представлен литературный анализ основных механизмов приспособления растительных организмов к повышенной концентрации тяжелых металлов в среде обитания. Раскрыто понятие «толерантности» растений к тяжелым металлам. На основе литературных данных перечислены растения – гипераккумуляторы (накапливающие в своих тканях значительные количества поллютантов) и растения – исключители (ограничивающие поступление в организм тяжелых металлов и как следствие обладающие способностью не накапливать поллютанты в своей биомассе).

#### **1.5. Особенности загрязнения природной среды и мероприятия по устранению экологической катастрофы в МО г. Свирск**

В разделе на основе литературных источников представлена краткая характеристика г. Свирска, а так же история возникновения промышленных предприятий в этом городе, их работы, закрытия и реорганизации. Описаны основные источники и уровни загрязнения природной среды МО г. Свирск, а также проведенные мероприятия, направленные на исправление экологической ситуации, сложившейся в этом МО.

## **2. АБИОТИЧЕСКИЕ И ЭДАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Абиотические условия**

В работе использовались данные метеорологических ежемесячников ФГБУ «Иркутское УГМС». Показатели тепло- и влагообеспеченности в период исследований (2011-2013 гг.) были благоприятными для произрастания растений, как в Черемховском, так и в Иркутском районах.

### **2.2. Эдафические условия**

По агропочвенному районированию Черемховский район Иркутской области входит в Иркутско-Черемховскую лесостепную зону, в почвенном покрове которой доминируют серые лесные преимущественно оподзоленные, дерново-карбонатные и черноземные почвы. Участки исследований представлены выщелоченными черноземами и дерново-карбонатными почвами.

Контрольные участки п. Молодежный Иркутского района представлены серыми лесными почвами.



Аналогичные растения выращивались на опытном поле ИрГСХА на участке 1к (контроль). На участке 6, возделывался картофель (*Solanum tuberosum*), а на садово-огородных участках 1, 2, 3, 2к (контроль) выращивались овощные и зеленые культуры: морковь (*Daucus carota*), капуста белокочанная (*Brassica oleracea*), кабачки (*Cucurbita pepo*), картофель (*Solanum tuberosum*), свекла (*Beta vulgaris*), томаты (*Solanum lycopersicum*), огурцы (*Cucumis sativus*), укроп (*Anethum graveolens*), петрушка на зелень (*Petroselinum*), лук на зелень (*Allium*), а так же плодово-ягодные кустарники, такие как слива домашняя (*Prunus domestica*), смородина черная (*Ribes nigrum*).

### **3.2. Методы отбора почвенных и растительных образцов**

Отбор почвенных образцов производился в конце вегетационного периода в слое почвы 0-20 и 20-40 см. Отбор проводился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 с площадок квадратной формы (5\*5 м) методом почвенного конверта. Пробы отбирались пластмассовым шпателем в четырех крайних точках и одной центральной. Средняя проба из каждого слоя была массой около 1 кг.

Растительные образцы отбирались в конце вегетационного периода в фазе полной спелости. С целинных участков отбор производился со всей площади исследуемого участка. На садово-огородных участках отбирались все виды возделываемых на них культурных растений. Масса растительного образца составляла 1 кг.

Почвенные и растительные образцы помещались в пакеты, снабжались этикетками и отправлялись в аккредитованную испытательную лабораторию ФГБУ «ЦАС «Иркутский».

### **3.3. Методы исследований**

Воздушно-сухие почвенные образцы измельчались, просеивались через сито 1мм, после чего в них были определены следующие агрохимические и агроэкологические показатели: Ph солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91) и Мачигина (ГОСТ 20205-91); гумус – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91); валовые формы тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом (РД 52.18.191-89); подвижные формы тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом (РД-52.18-289-90).

В растительных образцах определялись содержания тяжелых металлов: Cu, Zn, Pb, Cd, атомно-абсорбционным методом согласно ГОСТ 30178-96, As согласно ГОСТ 26930-86 и Hg согласно МУ 5178-90 МЗ СССР.

Оценка степени опасности загрязнения и здоровья населения МО г. Свирск проводилась в зависимости от характера землепользования, согласно «Методическим указанием по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами» (Методические указания, 1987). Показатели фонового содержания ТМ в различных типах почв, являющиеся основой расчета коэффициента концентрации элемента, оценки степени опасности загрязнения



почв и показателей здоровья населения брались по В.П. Герасименко (2009). Расчеты производились по следующим формулам:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K - (n-1);$$

где:  $Z_c$  – суммарный показатель загрязнения;

$n$  – число суммируемых элементов;

$K$  – коэффициент концентрации, равный отношению содержания элемента в почве к фоновому содержанию этого элемента.

Для оценки миграции ТМ и мышьяка в системе почва-растение были рассчитаны коэффициенты накопления (КН) равные отношению концентрации загрязнителя в тканях растения к концентрации его в окружающей среде (почве).

Полученные результаты были статистически обработаны.

#### 4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЫШЬЯКОМ В МО Г. СВИРСК И ПРИЕМЫ ИХ ДЕТОКСИКАЦИИ

##### 4.1. Оценка загрязнения почвенного покрова МО г. Свирск тяжелыми металлами и мышьяком и состояния здоровья населения

Анализ содержания валовых форм ТМ и радионуклидов в почвах на участках 6 и 7 представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание валовых форм тяжелых металлов, мышьяка и радионуклидов в почвах участков 6 и 7

Участок исследования	Содержание валовых форм тяжелых металлов, мг/кг										Содержание радионуклидов, Бк/кг		мощность дозы гамма излучения мкР/ч
	Zn	Cd	Ni	Co	Pb	Cu	As	Hg	Mn	Fe	Cs137	Sr90	
2007													
6	156	0,78	50,4	10,6	192	108	42,0	0,25	470	22600	3,28	0,7	9
7	57	0,45	37,5	8,9	23	14	18,5	0,02	343	14100	3,04	1,58	5,9
2008													
6	136	0,73	35,7	8,2	346	248	15,4	0,4	348	31900	0,46	1,16	9
7	69	0,51	37,5	8,4	19	18	8,7	0,02	467	17600	3,63	0,93	5,9
2009													
6	128	0,58	45,3	7,8	159	146	64,0	0,05	585	28600	2,03	0,71	9
7	59	0,66	39,6	9,9	27	15	11,2	0,03	357	16800	2,52	0,43	5,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2011													
6	158	0,78	40,3	7,9	158	152	66,0	0,29	520	18200	4,67	0,73	9,9
7	67	0,45	38,2	11,0	20	15	14,9	0,02	496	13700	2,5	0,37	7,3
ГН 2.1.7.2042-06	220	2	80	-	130	132	2-10	2,1	1500	-	-	-	-

Определение уровня загрязнения валовыми формами ТМ проводилась с целью оценки опасности загрязнения почвы населенных пунктов для здоровья населения. Для этого был рассчитан суммарный показатель загрязнения почв

исследуемых участков по 6 основным поллютантам (As, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd). Результаты расчетов приведены на рисунке 2.

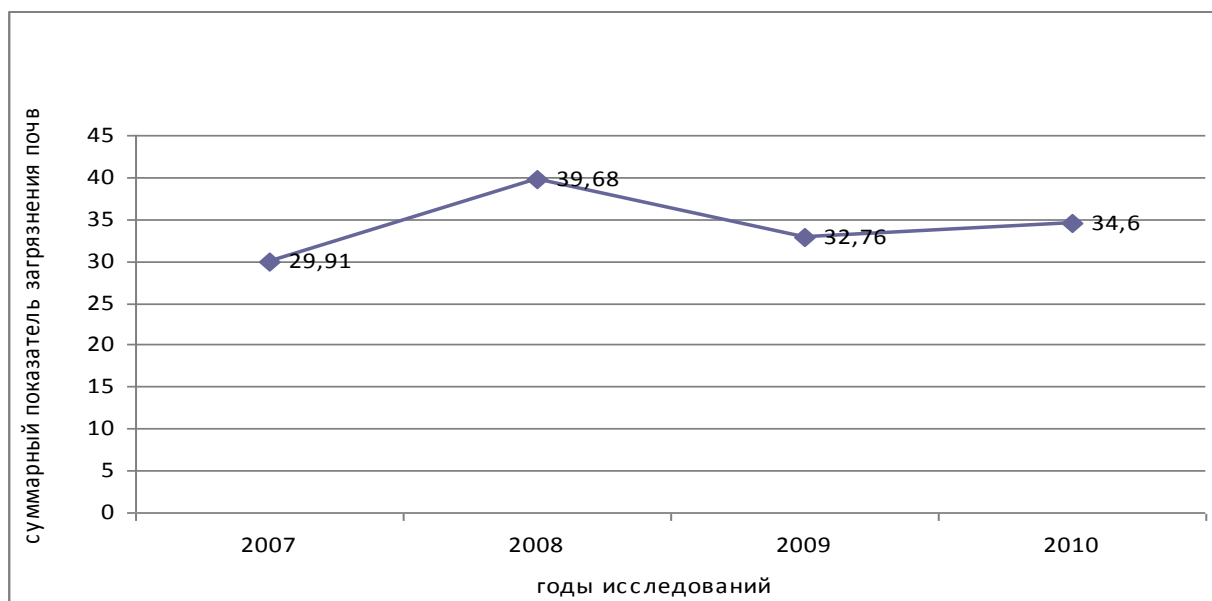


Рисунок 2 – Суммарный показатель загрязнения почвы на участке 6

Расчеты показали, что почва участка 6 относится к категории – опасной для проживающего населения. Согласно предложенных и принятых нормативов (Методические указания, 1987), представленный уровень загрязнения почв, изученными поллютантами приводит к увеличению общей заболеваемости людей, нарушениям функционального состояния сердечно-сосудистой системы, увеличению числа часто болеющих детей и детей с хроническими заболеваниями.

Почвы на участке 7 используются для выращивания сельскохозяйственных культур, поэтому основой для оценки опасности загрязнения почв этого участка является транслокационный показатель вредности.

Содержание ТМ в почвенном покрове на участке 7 не превышало ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК). Выявлено загрязнение почвы валовыми формами мышьяка, которые значительно превышали транслокационный показатель вредности (2 мг/кг). Исходя из этого, участок 7 отнесен нами к категории - высоко опасный для здоровья населения. Для более полной оценки состояния загрязнения почвенного покрова МО г. Свирск были проведены исследования на участках 4; 5 и 1к.

Результаты проведенных аналитических исследований представлены в таблице 2.

Расчет суммарного показателя загрязнения почв участков 4; 5 и 1к представлен на рисунке 3.

Расчет показал, что участок 4 характеризуется как опасный для человека и животных. Почвы на участках 5 и 1к характеризуется как допустимо загрязненные. При комплексной оценке состояния здоровья следует отметить, что уровень заболевания и частота функциональных отклонений взрослого населения минимальна, отмечается наиболее низкий уровень заболевания детей.

Таблица 2 – Содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в образцах почвы, отобранных на целинных участках 4; 5 и на контрольном участке 1к

Место отбора / номер участка	Тип почвы	Глубина отбора, см	Валовые формы тяжелых металлов, мг/кг								As, мг/кг	Hg, мг/кг
			Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Cu	Co	Fe		
2011												
г. Свирск/ 4	Вышел. чернозем	0-20	169,7	0,55	31,3	105,6	467	83,20	-	25300	432	0,100
		20-40	20,62	0,37	31,2	60,2	455	18,06	-	26800	172	0,015
г. Иркутск/ 1к	Серая лесная	0-20	11,25	0,31	25,8	56,6	502	11,45	-	29500	4,1	0,010
		20-40	11,72	0,32	29,7	59,8	487	11,32	-	28300	4,9	0,010
НСР 0,5		0-20	13,48	-	-	-	-	-	-	-	8,35	-
		20-40	7,04	-	-	-	-	-	-	-	8,49	-
2012												
г. Свирск/ 4	Вышел. чернозем	0-20	120,0	0,38	41,3	90,3	400	82,50	7,74	18000	135,0	0,083
		20-40	21,80	0,54	38,2	55,8	385	18,90	8,60	13500	41,0	0,024
г. Свирск/ 5	Дерново-карб.	0-20	14,06	0,32	41,4	65,7	490	18,38	7,74	19300	8,6	0,022
		20-40	14,77	0,38	44,5	65,2	485	17,90	8,91	22500	8,6	0,017
г. Иркутск/ 1к	Серая лесная	0-20	12,19	0,30	38,3	69,0	555	15,44	7,97	22900	5,3	0,031
		20-40	8,44	0,28	32,0	53,0	408	11,75	8,75	17900	3,4	0,010
НСР 0,5		0-20	12,94	-	-	-	-	-	-	-	8,42	-
		20-40	6,29	-	-	-	-	-	-	-	5,84	-
2013												
г. Свирск/ 4	Вышел. чернозем	0-20	122,3	0,37	32,3	89,7	510	83,20	13,8	28670	199,5	0,099
		20-40	59,60	0,33	34,7	101,2	525	34,80	14,2	28300	192,0	0,095
г. Свирск/ 5	Дерново-карб.	0-20	18,10	0,31	34,7	71,5	540	17,80	12,2	25400	9,6	0,018
		20-40	14,20	0,29	38,2	68,7	555	18,90	11,1	30700	10,7	0,016
г. Иркутск/ 1к	Серая лесная	0-20	12,90	0,42	34,3	58,5	373	13,86	13,2	37500	4,0	0,025
		20-40	10,78	0,37	32,8	59,8	562	14,25	12,8	36600	4,3	0,023
НСР 0,5		0-20	13,56	-	-	-	-	-	-	-	8,12	-
		20-40	6,62	-	-	-	-	-	-	-	6,41	-
ОДК			130	2	80	220	1500	132	-	-	10	2,1

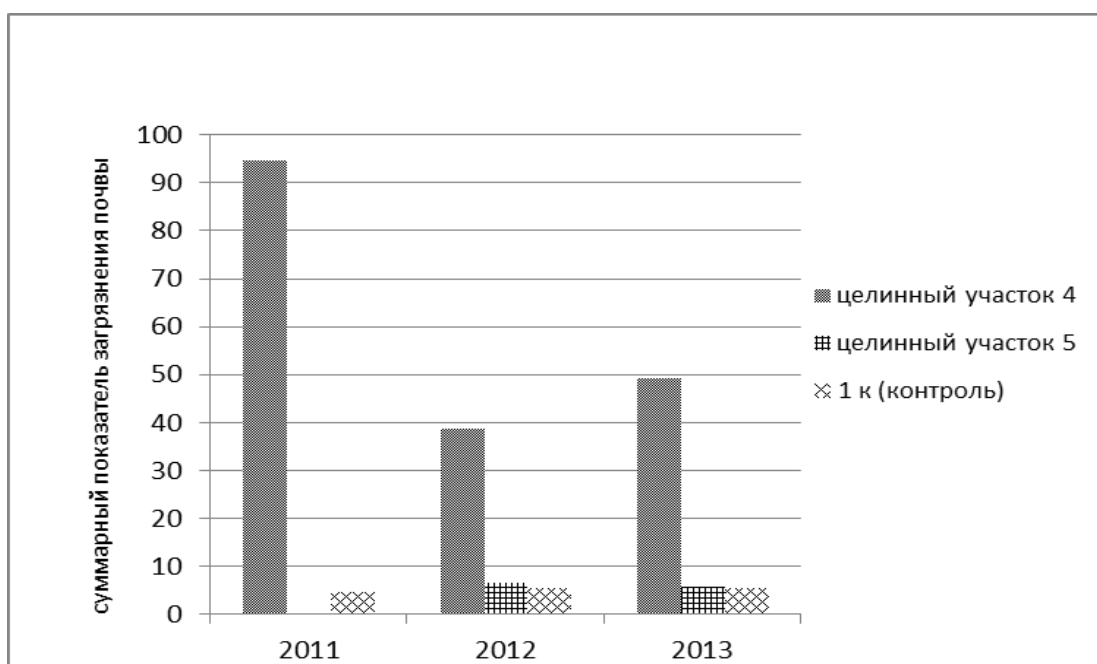


Рисунок 3 – Суммарный показатель загрязнения почв участков 4; 5 и 1к

Аналитические данные, представленные на рисунке 3 и в таблице 2, свидетельствуют о высокой степени мышьякового и свинцового загрязнения почв участка 4, где содержание валовых форм свинца и мышьяка в пахотном горизонте достигало 1,3 ОДК и 43,2 ОДК соответственно.

В почве на участке 5 содержание валовых форм тяжелых металлов не превышало ОДК, концентрация мышьяка составила 0,9 ОДК.

В почве контрольного участка содержание валовых форм ТМ не превышало ОДК.

Таким образом, почвенный покров МО г. Свирск загрязнен ТМ и мышьяком. Суммарный показатель загрязнения почвенного покрова превышал значение – 32. По общепринятой градации эти почвы отнесены к опасным для здоровья населения и способствуют увеличению числа заболеваний.

#### **4.2. Степень детоксикации загрязненных почв в результате их освоения и окультуривания**

Для изучения механизмом накопления, трансформации и детоксикации ТМ и мышьяка возникла необходимость произвести оценку степени загрязнения окультуренных почв, используемых для производства растениеводческой продукции, на которых применялись различные мелиоративные приемы.

Анализ содержания валовых форм ТМ и мышьяка в окультуренных почвах участков 1; 2; 3 и в почвах контрольного участка 2к представлен в таблице 3.

На почвах садово-огородных участков МО г. Свирск, используемых для выращивания продовольственных растений для оценки степени опасности применялся транслокационный показатель вредности.

В почве участка 1 содержание мышьяка и свинца значительно превышало транслокационный показатель вредности (2 мг/кг), причем загрязненными оказались как пахотный (0-20 см), так и подпахотный (20-40 см) слои почвы. Кроме того, наблюдалось превышение уровней водного и общесанитарного показателей вредности, что позволяет почву участка 1 отнести к чрезвычайно опасной для здоровья человека.

Почвенный покров участка 2 по сравнению с участком 1 в меньшей степени загрязнен исследуемыми токсикантами. Отмечено содержание свинца, превышающее транслокационный показатель вредности в 1,6 раз в пахотном слое и в 1,3 раза – в подпахотном. Транслокационный показатель загрязнения мышьяком почвы этого участка был превышен в 25 раз. Отмечалось превышение водного и общесанитарного показателей загрязнения мышьяком. В этой связи почву участка 2 следует отнести к категории чрезвычайно опасных почв.

В почве садово-огородного участка 3 отмечалось содержание мышьяка на уровне 1 ОДК. Транслокационный показатель загрязнения мышьяком этой почвы превышен в 5,6 раз, что позволяет нам участок 3 отнести к категории – высоко опасный для здоровья населения.

Таблица 3 – Содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в окультуренных почвах на участках 1; 2; 3 и контрольном участке 2к

Место отбора / номер участка	Тип почвы	Глубина отбора, см	Валовые формы тяжелых металлов, мг/кг								As, мг/кг	Hg, мг/кг
			Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Cu	Co	Fe		
2011												
г. Свирск / 1	Выщелоч. чернозем	0-20	70,2	0,38	27,4	93,7	360	23,02	-	23600	158	0,033
		20-40	35,87	0,40	31,3	73,0	492	19,41	-	22700	136	0,019
г. Иркутск / 2к	Серая лесная	0-20	17,35	0,27	29,0	70,1	622	15,56	-	27000	3,9	0,024
		20-40	12,42	0,28	38,2	60,1	632	14,06	-	33100	3,9	0,026
НСР 0,5		0-20	8,41	-	-	-	-	-	-	-	4,16	-
		20-40	7,01	-	-	-	-	-	-	-	6,49	-
2012												
г. Свирск / 1	Выщелоч. чернозем	0-20	101,4	0,32	41,5	68,3	398	22,13	7,74	21000	44,5	0,056
		20-40	33,75	0,33	53,8	65,3	425	17,58	8,59	28000	29,5	0,039
г. Свирск / 3	Дерново-карбонат.	0-20	27,89	0,41	44,5	115,3	425	18,03	8,21	15500	11,2	0,061
		20-40	21,32	0,59	53,9	74,1	373	16,15	9,91	11200	7,1	0,026
г. Иркутск / 2к	Серая лесная	0-20	9,14	0,23	24,1	65,1	298	15,03	6,10	13100	3,4	0,021
		20-40	10,31	0,28	32,0	63,2	375	15,50	7,26	19400	5,6	0,019
НСР 0,5		0-20	4,41	-	-	-	-	-	-	-	7,77	-
		20-40	4,56	-	-	-	-	-	-	-	6,12	-
2013												
г. Свирск / 1	Выщелоч. чернозем	0-20	96,5	0,31	28,9	116,2	500	28,60	14,2	22400	141,0	0,057
		20-40	78,5	0,32	31,2	96,2	525	25,90	12,3	24100	141,0	0,042
г. Свирск / 2	Выщелоч. чернозем	0-20	56,1	0,29	18,5	110,2	230	15,80	14,2	9200	49,0	0,051
		20-40	46,5	0,30	24,6	102,8	245	15,90	12,8	10140	43,0	0,037
г. Иркутск / 2к	Серая лесная	0-20	12,43	0,28	27,8	66,6	490	13,92	11,0	26800	4,57	0,025
		20-40	11,48	0,30	23,5	63,7	547	13,92	10,9	29700	4,41	0,022
НСР 0,5		0-20	6,28	-	-	-	-	-	-	-	6,72	-
		20-40	4,36	-	-	-	-	-	-	-	5,44	-
ОДК			130	2	80	220	1500	132	-	-	10	2,1

Таким образом, окультуренные используемые почвы садовых участков МО г. Свирска загрязнены свинцом и мышьяком. Причем почвы на участках 1 и 2, которые находятся в садоводческом кооперативе, расположенном в 1 км от бывшего АМЗ загрязнены в большей степени, чем почва на участке 3, находящегося на возвышенности над поймой и против направления господствующих ветров.

В почвенных пробах, взятых для сравнительного анализа на садовом участке в г. Иркутске, содержание валовых форм ТМ и мышьяка не превышало ОДК.

Влияние освоения и окультуривания почв на степень детоксикации ТМ и мышьяка прослеживается при сравнении степени загрязнения окультуренных и целинных почв. Для проведения сравнительного анализа уровня загрязнения освоенных и целинных почв различными видами токсикантов нами были рассчитаны коэффициенты соотношения их содержания на участках 1 и 4. Эти участки находятся недалеко друг от друга и в одном направлении относительно бывшего очага загрязнения. Почвы этих участков относятся к одному типу и имеют приблизительно одинаковые агрохимические показатели. Расчеты производились на основе данных таблиц 2 и 3 для основных загрязнителей – As и Pb. Наглядно результаты этих расчетов представлены на следующих рисунках.

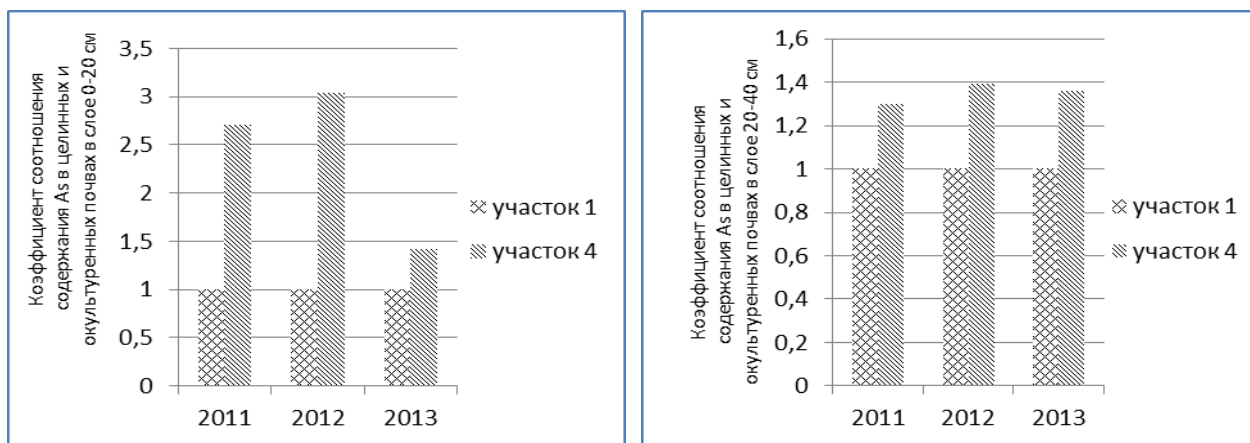


Рисунок 4 – Соотношение содержания мышьяка в почвенных слоях 0-20 и 20-40 см на участках 1 и 4

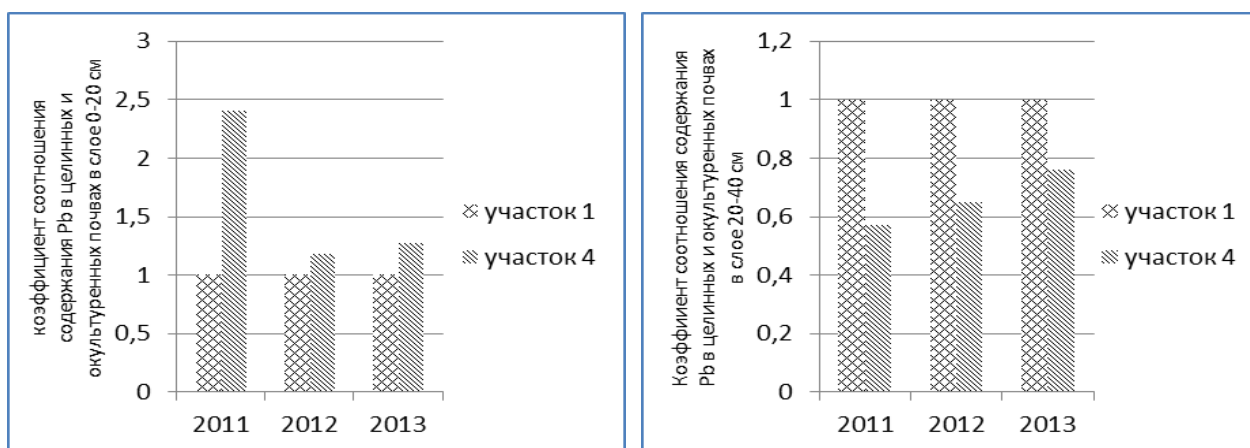


Рисунок 5 – Соотношение содержания свинца в почвенных слоях 0-20 и 20-40 см на участках 1 и 4

Данные рисунка 4 и таблиц 2 и 3 свидетельствуют о том, что целинные почвы по сравнению с окультуренными в большей степени загрязнены мышьяком. Содержание мышьяка в слое 0-20 см в целинных почвах в 1,4-3 раза превышало этот показатель в окультуренных, а в слое 20-40 см – в 1,3-1,39 раз.

Загрязнение слоя 0-20 см свинцом в целинной почве было в 1,18-2,24 раза больше в сравнении с окультуренной почвой. Несколько изменилась ситуация с содержанием свинца в подпахотном горизонте. Этот слой в целинных почвах был менее загрязнен – в 1,54-1,74 раза, чем в окультуренных. Мы считаем, что это связано с тем, что в процесс выращивания культурных растений на садово-огородном участке вовлекается только пахотный слой (0-20 см), который подвергался различным видам обработки.

Таким образом, при сравнительном анализе степени загрязнения целинных и окультуренных почв нами прослежена устойчивая закономерность: большая загрязненность целинных почв по сравнению с окультуренными валовыми формами мышьяка и свинца.

Мы считаем, что освоение, окультурирование почвы и применяемые агротехнические приемы при возделывании сельскохозяйственных культур на участке 1 способствовали ДПП. Кроме того часть загрязняющих веществ

выносилась из почвы с основной и побочной продукцией возделываемых растений.

### 4.3. Изменение содержания тяжелых металлов и мышьяка в почвах и растениях в результате систематического применения органических удобрений

С целью оценки санитарно-гигиенической роли органических удобрений был проведен сравнительный анализ загрязненных ТМ и мышьяком почв на двух садово-огородных участках в МО г. Свирск. Для анализа были выбраны участки 1 и 2. Участки 1 и 2 расположены в одном садоводстве, в одинаковом направлении относительно бывшего очага загрязнения, неподалеку друг от друга (рис. 1). На участке 2 в течение многих лет в почву ежегодно вносились органические удобрения в норме около 30 кг/м<sup>2</sup>, в почвы на участке 1 органика вносилась в той же норме один раз в два года.

Содержание валовых форм ТМ и мышьяка представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в окультуренных почвах на участках 1 и 2

Номер участка	Тип почвы	Глубина отбора, см	Валовые формы тяжелых металлов, мг/кг							As, мг/кг	Hg, мг/кг
			Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Cu	Fe		
июнь 2013											
1	Выщелоч. чернозем	0-20	94,7	0,36	35,9	88,2	512	31,50	32756	124,5	0,036
		20-40	53,3	0,33	38,2	80,1	580	26,75	27132	101,5	0,029
2	Выщелоч. чернозем	0-20	90,7	0,33	28,7	126,2	500	29,98	22400	60,5	0,039
		20-40	74,7	0,33	32,8	94,6	525	25,87	24016	60,4	0,033
август 2013											
1	Выщелоч. чернозем	0-20	96,5	0,31	28,9	116,2	500	28,60	22400	141,0	0,057
		20-40	78,5	0,32	31,2	96,2	525	25,90	24100	141,0	0,042
2	Выщелоч. чернозем	0-20	56,1	0,29	18,5	110,2	230	15,80	9200	49,0	0,051
		20-40	46,5	0,30	24,6	10,8	245	15,90	10140	43,0	0,037
ОДК			130	2	80	220	1500	132	-	10	2,1

Наблюдалась тенденция меньшего загрязнения мышьяком и свинцом почвенного покрова на участке 2, где проводилось систематическое внесение органических удобрений. Соответственно содержание мышьяка в растительной продукции, произрастающей на почвах участка 1 и участка 2, отличалось (табл. б). Наглядно содержание мышьяка в овощной продукции, отобранной на участках 1 и 2, представлено на рисунке 6.

Данные рисунка 6 свидетельствуют о большем загрязнении овощной продукции, произрастающей на садово-огородном участке 1 в сравнении с овощами, произрастающими на огородном участке 2, где в почву постоянно в течение длительного времени вносились органические удобрения.

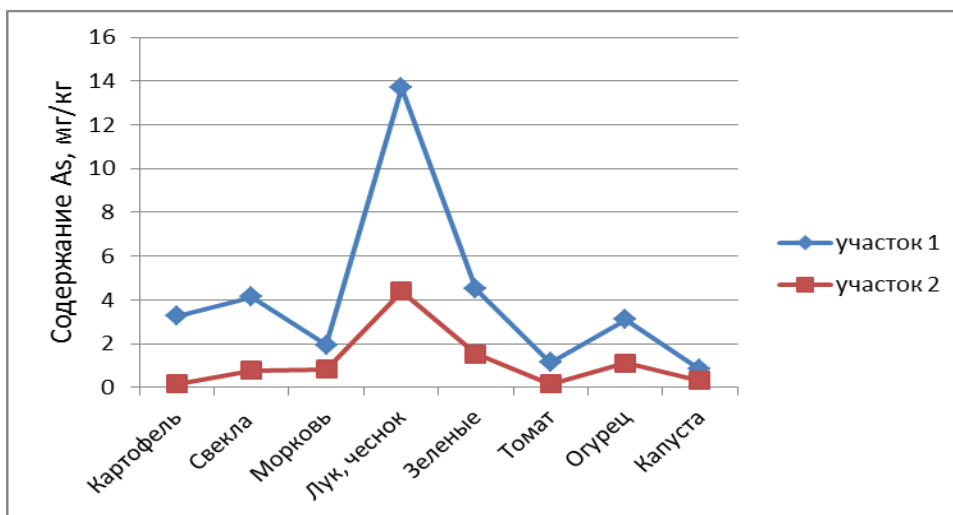


Рисунок 6 – Содержание мышьяка в растениях, произрастающих на участках 1 и 2

Таким образом, при систематическом внесении органических удобрений в почву, происходило снижение содержания мышьяка не только в почве, но и в растениях, произрастающих на этой почве. Кроме этого в почвенном покрове под действием органических удобрений происходило снижение содержания свинца.

#### 4.4. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка различными видами растений

В соответствии с поставленными задачами изучения механизмов аккумуляции ТМ однолетними и многолетними травами, перспективными для использования в технологиях фитоэкстракции, были проведены исследования, результаты которых приведены в таблице 5.

Полученные данные свидетельствуют о загрязнении вегетативной массы однолетних и многолетних растений, произрастающих на территории МО г. Свирск мышьяком. Содержание остальных металлов в растениях не превышало ПДК. Оценка накопления мышьяка изучаемыми растениями проводилась на основе сопоставления данных таблиц 2; 3 и 5.

Представленные аналитические данные свидетельствуют о том, что при значительном загрязнении почвенного покрова мышьяком, растения, произрастающие на этих почвах, также были значительно загрязнены этим поллютантом, что указывает на неспособность защитных механизмов изучаемых растений препятствовать поступлению мышьяка в органы и ткани при сильном уровне загрязнения почвенного покрова.

Представленные данные свидетельствуют о наибольшем накоплении мышьяка в вегетативных органах люцерны посевной. В связи с полученными данными мы рекомендуем люцерну посевную в качестве растения-фиторемедианта на загрязненных почвах МО г. Свирск. В отдельные годы наблюдалось значительное накопление мышьяка кострцом безостым, однако устойчивая закономерность накопления мышьяка этим растением за весь период исследований не выявлена.



Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов и мышьяка в зеленой массе трав с участков в г. Свирске и п. Молодежном

Наименование культуры	Номер участка отбора	Содержание токсикантов, мг/кг					
		Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	As
2011 год							
Люцерна посевная	4	6,16	26,44	3,00	0,13	0,0220	1,310
Кострец безостый	4	5,70	26,91	1,40	0,18	0,0090	0,430
Пырей ползучий	4	1,63	23,00	0,58	0,15	0,0180	0,960
Овес	4	3,50	15,81	0,48	0,13	0,0030	0,200
Люцерна посевная	1к	4,40	12,98	0,13	0,09	0,0060	0,060
Кострец безостый	1к	2,17	12,81	0,13	0,05	0,0050	0,040
Пырей ползучий	1к	3,30	17,30	0,25	0,09	0,0010	0,090
Овес	1к	2,45	12,60	0,10	0,07	0,0000	0,050
НСР 0,5		1,42	4,06	0,11	0,06	0,001	0,38
2012 год							
Люцерна посевная	4	4,40	24,20	0,13	0,10	0,0100	2,000
Кострец безостый	4	5,25	21,25	0,22	0,19	0,0248	2,500
Пырей ползучий	4	4,85	17,85	0,27	0,09	0,0060	1,160
Эспарцет	4	5,25	17,19	0,19	0,19	0,0156	1,070
Рапс	4	4,25	20,15	0,24	0,24	0,0110	1,090
Люцерна посевная	1к	4,25	17,05	0,81	0,10	0,0112	0,037
Кострец безостый	1к	2,25	18,40	0,75	0,11	0,0146	0,058
Пырей ползучий	1к	2,85	12,30	0,15	0,09	0,0135	0,055
НСР 0,5		1,28	3,62	0,12	0,07	0,001	0,42
2013 год							
Люцерна посевная	2	5,00	22,90	0,29	0,14	0,0190	1,340
Кострец безостый	2	4,25	19,50	0,35	0,14	0,0178	1,280
Эспарцет	2	4,15	17,80	0,31	0,11	0,0136	0,980
Люцерна посевная	1к	4,25	20,10	0,28	0,10	0,0160	0,045
Кострец безостый	1к	4,10	18,60	0,27	0,09	0,0112	0,087
Эспарцет	1к	3,65	17,80	0,21	0,14	0,0108	0,039
НСР 0,5		1,36	3,87	0,14	0,07	0,001	0,34
ПДК		30	50	5,0	0,3	0,05	0,5

С целью изучения механизмов устойчивости овощных культур к накоплению ТМ были проведены исследования, результаты которых приведены в таблице 6.

Содержание ТМ в овощных растениях выше ПДК не выявлено, также как и не выявлено загрязнение почвенного покрова, на котором они произрастали этими поллютантами. Однако отмечается значительное загрязнение овощной продукции, произведенной в МО г. Свирск мышьяком, что обусловлено сильным мышьяковым загрязнением почв.

Менее устойчивым к мышьяковому загрязнению оказался чеснок, накапливающий мышьяк в зеленой массе и луковице в очень больших количествах. Высоким накоплением мышьяка отличались зеленые овощи, такие как лук, укроп, салат. Высокое содержание мышьяка отмечалось в плодах огурца, корнеплодах столовой свеклы и моркови. Горох накапливал в своей биомассе значительное количество этого поллютанта. Выращивать на загрязненных почвах все названные культуры нами не рекомендуется.

Таблица 6 – Содержание тяжелых металлов и мышьяка в овощных культурах с садово-огородных участков в МО г. Свирск и п. Молодежный

Наименование культуры	Номер участка отбора	Содержание токсикантов, мг/кг					
		Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	As
2011 год							
Картофель (клубни)	1	2,44	11,16	0,50	0,07	0,0010	3,27
Смородина (ягоды)	1	4,52	14,81	0,75	0,09	0,0028	0,27
Свекла (корнеплоды)	1	7,33	24,38	3,06	0,14	0,0032	4,13
Укроп (зелень)	1	5,73	27,22	1,00	0,14	0,0090	4,50
Слива (плоды)	1	2,27	8,82	0,42	0,04	-	0,65
Томат (плоды)	1	4,57	26,00	0,74	0,22	0,0030	1,14
Огурец (плоды)	1	5,00	25,86	1,07	0,09	-	3,11
Морковь (корнеплоды)	1	5,13	16,48	0,95	0,12	0,0058	1,94
Лук (зелень)	1	4,75	28,9	1,25	0,11	0,0070	2,72
Капуста (кочаны)	1	2,72	14,58	0,13	0,10	0,0010	0,83
Чеснок (луковица, зелень)	1	3,05	16,95	0,50	0,09	0,0040	13,7
Горох (плоды, ботва)	1	4,41	20,51	1,75	0,12	0,0030	5,79
Салат (зелень)	1	5,34	25,85	1,00	0,16	0,0130	2,20
Картофель (клубни)	2к	4,77	17,00	0,75	0,10	0,0020	0,10
Свекла (корнеплоды)	2к	5,70	26,35	0,90	0,11	0,0070	0,12
Укроп (зелень)	2к	4,26	24,09	1,07	0,10	0,0020	0,54
Томат (плоды)	2к	2,77	16,12	0,58	0,18	0,0000	0,48
Огурец (плоды)	2к	4,87	22,70	0,25	0,14	-	0,42
Морковь (корнеплоды)	2к	3,77	16,45	0,23	0,15	0,0060	0,27
Лук (зелень)	2к	-	-	-	-	-	0,20
Капуста (кочаны)	2к	2,34	13,63	0,13	0,10	0,0050	0,16
Чеснок (луковица, зелень)	2к	3,05	16,95	0,50	0,09	0,0040	0,08
Горох (плоды, ботва)	2к	4,68	24,06	0,25	0,09	0,0060	0,05
Салат (зелень)	2к	4,45	20,54	0,25	0,13	0,0050	0,33
НСР 0,5		1,23	3,08	0,17	0,08	0,009	0,27
2013 год							
Огурец (плоды)	2	2,14	10,80	0,30	0,09	0,0060	1,12
Томат (плоды)	2	2,45	14,70	0,25	0,08	0,0050	0,15
Зеленые культуры (зелень)	2	3,85	13,50	0,22	0,09	0,0070	1,53
Лук, чеснок (луковица)	2	3,45	12,40	0,21	0,11	0,0060	4,40
Свекла (корнеплоды)	2	2,76	24,50	0,17	0,10	0,0075	0,79
Морковь (корнеплоды)	2	2,45	21,85	0,15	0,13	0,0081	0,82
Капуста (кочаны)	2	2,25	17,50	0,21	0,10	0,0105	0,32
Картофель (клубни)	2	3,45	14,55	0,20	0,11	0,0115	0,15
Огурец (плоды)	2к	3,05	10,85	0,09	0,06	0,0075	0,057
Томат (плоды)	2к	3,15	14,50	0,15	0,07	0,0064	0,061
Зеленые культуры (зелень)	2к	2,50	13,25	0,24	0,08	0,0085	0,050
Лук, чеснок (луковица)	2к	2,65	17,40	0,23	0,10	0,0065	0,095
Свекла (корнеплоды)	2к	3,25	20,85	0,17	0,06	0,0090	0,140
Морковь (корнеплоды)	2к	4,15	17,40	0,19	0,11	0,0080	0,100
Капуста (кочаны)	2к	5,25	14,20	0,22	0,07	0,0095	0,040
Картофель (клубни)	2к	4,48	11,20	0,19	0,12	0,0072	0,027
НСР 0,5		1,32	3,22	0,18	0,07	0,008	0,26
МДУ		30	50	5,0	0,3	0,05	0,5

Относительную устойчивость к загрязнению мышьяком проявляли такие овощные культуры как капуста, картофель, томат и ягодные культуры, представленные смородиной и сливой. В условиях загрязнения почв мышьяком и ТМ необходим постоянный контроль их содержания в продовольственной части урожая этих растений, а также осуществление комплекса мероприятий по снижению доступности изученных токсикантов.

## 5. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

### 5.1. Экономическая эффективность

Нами установлено что, внесение в почву перепревшего подстилочного навоза КРС способствует детоксикации загрязненных почв, что является предпосылкой получения экологически безопасных продуктов питания.

Экономическая эффективность приема внесения органических удобрений на техногенно загрязненных почвах, где выращивался картофель, была рассчитана на основе зональных научно-обоснованных технологических карт.

В расчетах использовались рыночные цены стоимости внесения органических удобрений (1000 руб./т) и стоимости картофеля (25 руб./кг).

Себестоимость картофеля оказалась выше рыночной стоимости, что привело к отрицательным показателям экономической эффективности возделывания картофеля, снижению рентабельности его производства. Возделывание картофеля по предлагаемой технологии приводит к убыткам (табл. 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при внесении различных доз органических удобрений

Показатели	Доза органических удобрений, т/га		НСР 0,5	Увеличение (+) Уменьшение (-)
	150	300		
Урожайность товарной продукции, т/га	12,0	20,0	2,5	+8,0
Затраты на 1 га, тыс. руб.	348,9	575,2	-	+226,3
Себестоимость 1т, тыс. руб.	29,0	28,7	-	-0,3
Выручка от реализации (25 руб./кг), тыс. руб.	300,0	500,0	-	+200,0
Условно чистый доход, тыс. руб.	-48,9	-75,2	-	-26,3
Окупаемость затрат, %	86,0	87,0	-	+1

В этой связи нами предлагается выделение дополнительных финансовых средств из областного и федерального бюджетов на решение экологических проблем МО г. Свирск.

### 5.2. Энергетическая эффективность

ДПП, как правило, сопровождается ростом энергозатрат, поэтому одной из актуальных экологических проблем земледелия МО г. Свирск является разработка и обоснование энергосберегающих приемов и технологий возделывания и использования картофеля.

Нами был произведен расчет энергетической эффективности возделывания картофеля при внесении различных доз органических удобрений согласно методическим указаниям «Энергетическая оценка агроэкосистем» (Хуснидинов, 2008). Результаты расчетов приведены в таблице 8.

Расчеты энергетической эффективности показали, что применяемые технологии выращивания картофеля с применением высоких доз органических

удобрений экологически оправданы. Коэффициент энергетической эффективности в изучаемых вариантах опыта был выше единицы.

Таблица 8 – Энергетическая эффективность возделывания картофеля при внесении различных доз органических удобрений

№ п/п	Агрэкосистема	Выход энергии, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Энергетическая эффективность
1	Картофель-картофель (при внесении орг. уд. 150 т/га)	246,6	168,2	1,57
2	Картофель-картофель (при внесении орг. уд. 300 т/га)	511,7	294,2	1,73

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований выявлено значительное загрязнение почвенного покрова в МО г. Свирск мышьяком на уровне 43 ОДК, связанное с деятельностью бывшего АМЗ и свинцом - на уровне 5 ПДК – в результате промышленных выбросов аккумуляторного завода «Востсибэлемент», отмечалось загрязнение почв медью, цинком и никелем. Выявлена значительная пространственная изменчивость загрязнения почв МО г. Свирск мышьяком и ТМ. Степень загрязнения была обусловлена месторасположением участков отбора почвенных проб.
2. Освоение и окультуривание почв способствовали их детоксикации. Целинная почва (участок 4) в большей степени была загрязнена мышьяком и ТМ в сравнении с окультуренной почвой (участок 1). В результате проведенных исследований выявлена способность органического вещества почвы к интенсивному поглощению и накоплению мышьяка и ТМ. При систематическом длительном применении перепревшего навоза КРС происходило снижение загрязнения как почвенного, так и растительного покрова. В почвах, на которых систематически вносились органические удобрения, отмечалось снижение содержания мышьяка и свинца.
3. Установлена эффективность фитоэкстракции как приема, снижающего степень загрязнения почвенного покрова. Большой накопительной способностью по отношению к мышьяку отличалась люцерна посевная (*Medicago sativa*), которую можно рекомендовать в качестве фиторемедианта. Люцерна посевная отличаются высокой продуктивностью зеленой массы и хорошо развитой корневой системой, что будет способствовать ускорению процесса фитоэкстракции. Выявлены растения – толеранты, которые в условиях загрязнения среды произрастания проявляли устойчивость к накоплению ТМ в концентрациях выше ПДК. Относительно устойчивыми к мышьяковому загрязнению оказались такие культуры, как капуста (*Brassica oleracea*), картофель (*Solanum tuberosum*), томат (*Solanum lycopersicum*) и плодово-ягодные кустарники (смородина черная - *Ribes nigrum*, слива домашняя - *Prunus domestica*).
4. Пахотный слой освоенных и используемых почв оказался более загрязненным в сравнении с подпахотным, что связано с продолжающимся

поступлением поллютантов при атмосферном загрязнении. Освоение и окультуривание почв, внесение органических удобрений, использование фитоэкстракции способствовали ускорению процесса очищения почвы от мышьяка и ТМ, а возделывание растений-толерантов – получению экологически безопасной растениеводческой продукции.

5. Расчеты экономической и энергетической эффективности показали, что применение высоких доз органических удобрений с позиции стоимостных показателей в условиях региона не оправданы, однако с точки зрения экологии этот технологический прием способствует сохранению плодородия почв и детоксикации ТМ и мышьяка. Экологический эффект лежит в основе производства экологически безопасных продуктов питания и реабилитации проживающего в МО г. Свирск населения.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В условиях техногенного загрязнения природной среды МО г. Свирск Иркутской области необходим постоянный мониторинг степени загрязнения почвенного и растительного покрова.
2. С целью детоксикации почвенного покрова техногенно загрязненной территории г. Свирска, рекомендуется прием фитоэкстракции. В качестве растения фиторемедианта нами предлагается люцерна посевная (*Medicago sativa*).
3. Для получения экологически безопасной продукции на приусадебных участках в г. Свирске рекомендуется выращивать растения-толеранты, которые не накапливают в хозяйственно-полезной части урожая загрязнители выше допустимых уровней. К ним относятся капуста (*Brassica oleracea*), картофель (*Solanum tuberosum*), томат (*Solanum lycopersicum*) и плодово-ягодные кустарники (смородина черная - *Ribes nigrum*, слива домашняя - *Prunus domestica*).
4. Не рекомендуется выращивать на загрязненных почвах г. Свирска не устойчивые к мышьяковому загрязнению культуры, такие как чеснок (*Allium sativum*), зеленые овощи (лук - *Allium*, укроп - *Anethum graveolens*, салат - *Lactuca sativa*), огурец (*Cucumis sativus*), свекла (*Beta vulgaris*), морковь (*Daucus carota*), горох (*Pisum*).

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК

1. Хуснидинов Ш.К. Транслокация тяжелых металлов в экосистемах МО г. Свирск / Ш.К. Хуснидинов, Т.Н. Сосницкая, М.В. Бутырин, Р.В. Замашиков // Вестник ИрГСХА. – Иркутск. – 2014. – №60 – С. 24-31.
2. Хуснидинов Ш.К. Оценка загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами и мышьяком МО г. Свирск Иркутской области / Ш.К. Хуснидинов, Т.Н. Сосницкая, М.В. Бутырин, Р.В. Замашиков // Вестник БГСХА. – Улан-Удэ. – 2014. – №1(34) – С. 45-50.
3. Хуснидинов Ш.К. Оценка загрязнения природной среды г. Свирска Иркутской области / Ш.К. Хуснидинов, Т.Н. Сосницкая, М.В. Бутырин, З.В. Замашиков, Е.О. Красикова // Достижения науки и техники АПК, М. – 2014. – №
4. Сосницкая Т.Н. Влияние длительного систематического применения органических удобрений на снижение уровня загрязнения почв МО г. Свирск Иркутской области / Т.Н. Сосницкая, Ш.К. Хуснидинов, М.В. Бутырин, Р.В. Замашиков // Мир науки, культуры, образования, Горно-Алтайск. -2014. –№2 (45) – С. 32-38.

### Работы, опубликованные в других изданиях

5. Хуснидинов Ш.К. Оценка содержания мышьяка в почвах садоводческих кооперативов г. Свирска / Ш.К. Хуснидинов, М.В. Бутырин, Т.Н. Сосницкая, З.В. Замашиков, Т.Г. Кудрявцева, Е.О. Красикова // Ресурсосберегающие технологии производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции : материалы научно-практического семинара посвященного 75-летию со дня рождения профессора Хуснидинова Ш.К. (27-28 октября 2012 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2011. – С. 35-38.
6. Хуснидинов Ш.К. Сравнительный анализ загрязнения целинных и органогенных почв г. Свирска Иркутской области тяжелыми металлами и мышьяком / Ш.К. Хуснидинов, Т.Н. Сосницкая, М.В. Бутырин // материалы научно-практического семинара, посвященного «Дню аспиранта ИрГСХА» (26.02. 2013 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2013. – С. 125-128.
7. Хуснидинов Ш.К. Оценка загрязнения целинных и окультуренных почв г. Свирска Иркутской области тяжелыми металлами и мышьяком / Ш.К. Хуснидинов, Т.Н. Сосницкая, М.В. Бутырин, Р.В. Замашиков // Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию аспирантуры ИрГСХА (3-5 декабря 2013 г.). Часть II – Иркутск: ИрГСХА, 2013. – С 102-106.
8. Сосницкая Т.Н. Фиторемедиационная способность многолетних трав на техногенно загрязненных почвах МО г. Свирск Иркутской области / Т.Н. Сосницкая, Ш.К. Хуснидинов, М.В. Бутырин, Р.В. Замашиков // Современные проблемы и перспективы развития АПК : материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА (25-27 февраля 2014 г.). Часть I – Иркутск: ИрГСХА, 2014. – С. 168-173.

Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.  
Подписано в печать 18.02.2014 г.  
Тираж 50 экз.

Издательство Иркутской государственной  
сельскохозяйственной академии  
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,  
пос. Молодежный