

**В.М. Слепцова**

**АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ  
И ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ  
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ЗАВОДА АГ. НЕМАНИЦА**

*Научные руководители: канд. биол. наук, доц. В.Н. Шаденко*

*М.В. Ерошенко*

*Кафедра общей гигиены*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

**V.M. Sleptsova**

**ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE SOIL AND VEGETATIVE  
ORGANS OF PLANTS IN THE ZONE OF INFLUENCE  
OF THE ASPHALT PLANT AG. NEMANITSA**

*Tutors: PhD, associate professor V.N. Shadenko, M.V. Eroshenko*

*Department of General Hygiene*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Резюме.** В связи с быстрым развитием промышленности во всем мире усиливается загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в масштабах, которые не свойственны природе. Проблема загрязнения актуальна и для агрогородка Неманица, который находится вблизи дороги Р53, а также в непосредственной близости (550 м) с асфальтобетонным заводом.

**Ключевые слова:** агрогородок Неманица, загрязнение, свинец, окружающая среда.

**Resume.** Due to the rapid development of industry around the world, environmental pollution with heavy metals is increasing on a scale that is not typical of nature. The problem of pollution is also relevant for the agricultural town of Nemanitsa, which is located near the P53 road, as well as in close proximity (550 m) to the asphalt plant.

**Keywords:** Nemanitsa agro-town, pollution, lead, environment.

**Актуальность.** В связи с быстрым развитием промышленности во всем мире усиливается загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в масштабах, которые не свойственны природе. В силу этого возрастание их содержания в окружающей среде становится серьезной экологической проблемой современности. Во всех международных документах, посвященных проблемам загрязнения окружающей среды, более 10 тяжелых металлов признаны опасными для живых организмов, в том числе свинец и ванадий. Проблема загрязнения актуальна и для агрогородка Неманица, который находится вблизи дороги Р53, а также в непосредственной близости (550 м) с асфальтобетонным заводом.

**Цель:** определение степени аккумуляции свинца в почве и вегетативных органах растений в зоне влияния асфальтобетонного завода.

**Метод 1. Определение содержания свинца в почве.** Метод основан на извлечении соединений элемента из почвы (переведении их в раствор), получении окрашенного комплекса свинца с дитизоном (карминово-красного цвета), экстракции его четыреххлористым углеродом и измерении оптической плотности экстракта. Оптимальные условия образования и экстрагирования комплекса рН 8-10.

**Реактивы и аппаратура.** Фотоколориметр, весы технические, весы аналитические, фарфоровая ступка с пестиком, сито с диаметром отверстий 0,25-0,50 мм, фильтры беззольные «синяя лента», универсальная индикаторная бумага, воронки лабораторные стеклянные, воронки делительные объемом 100 см<sup>3</sup>, стаканы объемом 100, 200 см<sup>3</sup>, колбы мерные объемом 25 см<sup>3</sup>, 100 см<sup>3</sup>, пипетки объемом 1, 5, 10, 25 см<sup>3</sup>, стандартный раствор свинца Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с содержанием элемента 100 мкг/см<sup>3</sup> (раствор А), стандартный раствор свинца с содержанием элемента 1 мкг/см<sup>3</sup> (раствор Б). Раствор дитизона в четыреххлористом углероде с массовой долей 0,05% (основной).

**Мешающие влияния.** Осаждение легко гидролизующихся в щелочной среде ионов (Fe(III), Al, Ti(IV)) предотвращается добавлением лимоннокислого 90 аммония. Мешающие влияния большой группы элементов (Zn, Си, Ni, Со и др.) устраняются в процессе резкстракции свинца в водный раствор в кислой среде, а также с помощью раствора желтой кровяной соли, которая связывает эти элементы.

**Приготовление почвенной вытяжки.** Для извлечения кислоторастворимых форм свинца из некарбонатных, дерново-подзолистых почв применяют 1 М HCl. Соотношение между почвой и раствором 1:10, время экстракции 1 час при взбалтывании на ротаторе или настаивание в течение суток. Полученную суспензию фильтруют через складчатый фильтр, первые порции фильтрата отбрасывают.

## **Метод 2. Определение фитотоксичности тяжелых металлов на тест-объектах**

### **Оборудование.**

**Цель:** оценить фитотоксичность почвы в зоне влияния асфальтобетонного завода в отношении *Lepidium Sativum L*, *Avéna satíva*.

1. Для каждого опыта необходимо несколько емкостей, число которых зависимости от количества проб с исследуемой почвой (проводить не мене двух параллельных опытов) объемом по 300–500 мл и числа исследуемых растений:

- 1 для чистой земли с растениями;
- 2 для загрязненной земли с растениями.

2. Весы, для взвешивания приготовленной почвы, цена деления 1 г

3. Вода питьевая, для полива

4. Линейка измерительная, цена деления 1 мм

5. Семена растений.

6. Светодиодная лампа.

7. Термометр для контроля температуры в помещении

## **Метод 3. Аккумуляция тяжелых металлов из почвы *Raphanus Sativus***

**Оборудование.** Для каждого опыты необходимо несколько емкостей (одинакового объема), число которых зависимости от количества проб с почвой, весы, для взвешивания приготовленной почвы, цена деления 1 г, вода питьевая, для полива, линейка измерительная, цена деления 1 мм, семена растений.

1. Почву измельчить (если большие куски). Общая масса почвы для одной пробы 400–500 кг в зависимости от того сколько поместите в каждую емкость (ее исходный объем).

2. Увлажнить почву. Довести влажность экспериментально составленной почвы до 60-80% Дать почве постоять для обеспечения равномерной влажности, даже после перемешивания.

3. Заполнили две емкости приготовленной почвой (контроль)

4. В такое же количество почвы по массе внести шлам и тщательно перемешать.

5. Заполнить две емкости почвой со шламом, масса почвы со шламом равна массе почвы в контрольных емкостях.

6. Посеять выбранные семена числом не менее 20 шт. высота бортика емкости над почвой не должна превышать 2 см, в противном случае из-за зимних условий световой поток у краев емкостей будет значительно занижен.

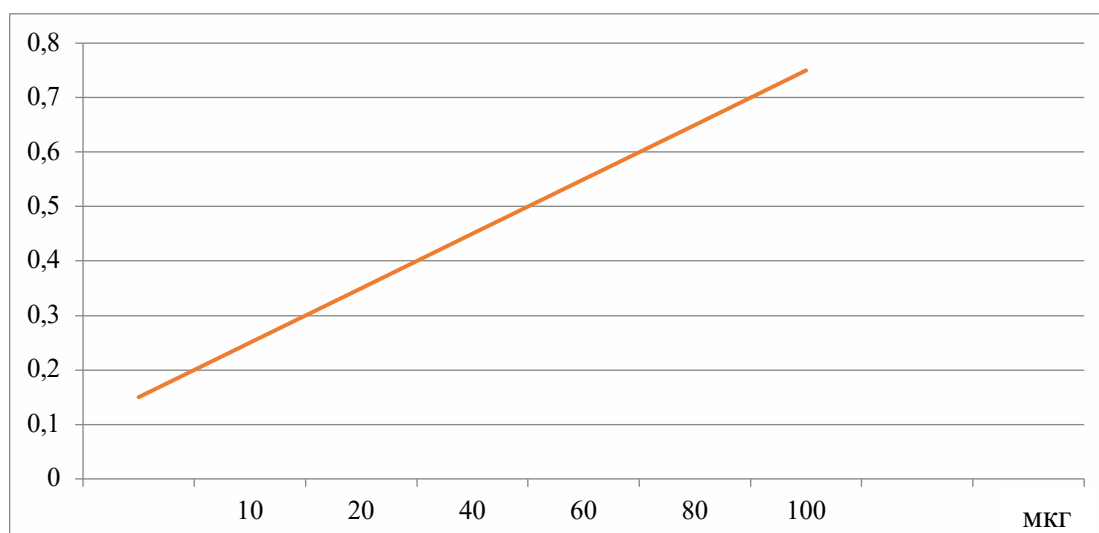
7. Семена предварительно надо отобрать, чтобы не было пустых, пораженных плесенью или еще какого-либо дефекта, что бы это не сказалось на росте и всхожести.

8. Емкости установить или под искусственным освещением, или на подоконник.

9. Полив проводить по мере подсыхания почвы.

**Результаты и их обсуждение. Выполнение задачи 1.** Отбор и подготовка проб для эксперимента осуществлялась на основе стандартной методики для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (ГОСТ 17.4.4.02-2017). Для проведения исследования было определено пять пробных участков, сходных по экологическим признакам. Предварительные исследования показали, что территории характеризуются одним типом почв (дерново-подзолистый), с pH от 6,2 до 6,9, сходным видовым составом растительности. Пробы почв брали в поверхностном слое (0-20см.) методом конверта (приложение 1) с расстоянием между точками 10м. Общий вес 1 пробы  $\pm 1$ кг.

После проведения исследований на стандартных растворах был построен калибровочный график:



**Граф. 1.1** – Оптическая плотность растворов с заданным содержанием свинца

По оси Х содержание свинца в 25 см<sup>3</sup> ССl<sub>4</sub> экстракта, мкг, по оси У –оптическую плотность.

**Табл. 2.1.** Результаты исследований (после забора почвы)

|                    |                                                                                 |                      |                                                   |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| Свинец             | Контрольная проба (грунт, приобретенный в садовом магазине с указанием состава) | Исследуемого участка | ПДК (валовое содержание) (СанПин19.11.2009 N 125) |
| Глубина почвы      |                                                                                 | 0-20 см              |                                                   |
| Частота поглощения | 0,0680                                                                          | 0,1282               |                                                   |
| Концентрация мг/кг | 26,3                                                                            | 41,4                 | 40,0                                              |

В ходе эксперимента определили, что в исследуемых образцах почвы содержание свинца 41,4 мг/кг (приложение 2).

### Выполнение задачи 2

**Табл. 2.2.** Результаты наблюдения за выращиванием тест-объектов в лабораторных условиях (период посадки с 10.11.2022 по 30.12.2022)

| Варианты опытов                                     | 50% всхожести семян контрольного опыта           | 14 день посадки                                                            | Промежуточные результаты 3-4 неделя                                     | Конечный сбор растений                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 опыт<br>Кресс-салат ( <i>Lepidium Sativum</i> L.) | <b>3 день.</b><br>24 растения из 50 семян (48%)  | Размер растений 2.1 – 2.7 см<br>Отмечается пожелтение листьев у 6 растений | Размер растений 3.4-6 см<br>Отмечается пожелтение листьев у 13 растений | <b>На 45 сутки.</b><br>Из 24 взошедших растений 7 не развивалось растения светло-зеленые, бледные. Общий вес растений 47г                                                   |
| 2 опыт<br>Овес посевной ( <i>Avéna satíva</i> )     | 5 день.<br>19 растений из 50 семян (38% всходов) | Размер растений 3– 3.4 см<br>(67% в сравнении с контрольным опытом)        | Размер растений 6– 9.4 см<br>Отмечается пожелтение листьев у 9 растений | <b>На 49 сутки.</b><br>В исследуемых образцах корневая система слабо развита, растения светло-зеленые, бледные, отмечается наличие некрозных пятен. Общий вес растений 129г |
| Контрольный опыт 1                                  | 43 растения (86%)                                | Размер растения 3.1–3,5 см                                                 | Размер растения 3.6–6,5 см                                              | Морфологические признаки в норме. Общий вес растений 125г                                                                                                                   |
| Контрольный опыт 2                                  | 47 растения (94%)                                | Размер растения 4– 4,7 см                                                  | Размер растения 10–14,7 см                                              | Морфологические признаки в норме. Общий вес растений 231г                                                                                                                   |

В целом фитотоксический эффект в зависимости от регистрируемого показателя определялся как средний и варьировал в диапазоне от 34,0 % до 63,0 %. Отмечается снижение длины проростков на 14 сутки эксперимента на 56,5 %. Наибольшее угнетающее воздействие испытывал показатель массы растений, развитие корневой системы.

**Выполнение задачи 3. Материалы и методы.** В качестве исходной почвы использовали образцы взятые около асфальтобетонного завода. В качестве тест-культур использовали редьку масличную, овес посевной. Растения выращивали в течение 7 недель, после этого на этих же образцах почвы тестировали фитотоксичность на кресс-салате и провели повторные опыты по количественному определению содержания свинца. Энергию прорастания определяли на 3 сутки эксперимента, всхожесть и морфометрические показатели – на 14 сутки. Конечные результаты на 45 сутки. Результаты внесли в таблицы 2.5, 2.6.

**Табл. 2.5.** Результаты исследований (после выращивания редьки масличной)

| Свинец                                                        | Справочные данные | Исследуемого участка | ПДК (валовое содержание) |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| Глубина почвы                                                 |                   | 0-20 см              |                          |
| Частота поглощения                                            | 0,680             | 0,281                |                          |
| Концентрация мг/кг почва после произрастания редьки масличной | 26,3              | 41,1                 | 40,0                     |
| Концентрация мг/кг почва после произрастания овса посевного   | 26,3              | 40,7                 | 40,0                     |

В ходе эксперимента, мы определили, что содержание свинца в почве после выращивания масличной редьки снизилось на 0,3 мг/кг, после выращивания овса посевного на 0,6 мг/кг, фитотоксический эффект снизился в среднем на 13,0-24,0% (приложение 3,4).

### **Выводы:**

В ходе проведенных исследований мы выяснили:

1. Экологические проблемы, связанные с производством необходимых компонентов стройматериалов на асфальтобетонных заводах определяются выбросом загрязняющих веществ: неорганическая пыль, с разным содержанием диоксида кремния; оксиды углерода и азота, серы; предельные углеводороды; сажа – при работе транспорта на дизельном топливе; свинец и его неорганические соединения – при работе транспорта.

2. Растения – аккумуляторы – это растения, накапливающие металлы главным образом в надземных органах, как при низком, так и высоком содержании их в почве.

Растения – аккумуляторы могут использоваться как основа для фиторемедиации – восстановления загрязненных тяжелыми металлами почв.

3. Содержание свинца в почве в зоне влияния асфальтобетонного завода определили с помощью метода экстракционно-фотометрического определения. В ходе эксперимента выяснили, что в исследуемых образцах почвы содержание свинца 41,4 мг/кг, что на 1,4 мг больше, чем ПДК (валовое содержание) (СанПин 19.11.2009 N 125).

4. Фитотоксический эффект тест-объектов в зависимости от регистрируемого показателя определялся как средний и варьировал в диапазоне от 34,0 % до 63,0 %. Отмечается снижение длины проростков на 14 сутки эксперимента на 56,5%. Наибольшее угнетающее воздействие испытывал показатель массы растений, развитие корневой системы.

5. Определили, что уровень содержания свинца после выращивания на образцах почвы *Raphanus Sativus* (редька масличная) уменьшился на 0,3 мг, после выращивания *Avéna satíva* (овес посевной) на 0,7 мг, что может свидетельствовать об аккумуляции свинца из почвы экспериментальными растениями.

### Литература

1. Алексеева-Попова, Н.В. Токсическое действие свинца на высшие растения (обзор) /Н.В. Алексеева-Попова. – Л.: Наука, 1991. С. 92–100.
2. Зайковская, Е.А. Аккумуляция свинца городскими растениями в условиях автотранспортной нагрузки /Е.А. Зайковская //Вестн. Ленингр. ун-та. – Л., 1980. – №3. - С. 29-37.
3. Линдиман, А.В. Фиторемедиация почв, содержащих тяжелые металлы / А.В. Линдиман, Л.В. Шведова, Н.В. Тукумова// Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 45-47.
4. Муравьев, А.Г. Оценка экологического состояния почвы /А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, Х.Р. Ляндзберг. – Практическое руководство. Изд. 2-е, перераб. и дополн. СПб.: Крисмас+, 2015.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Отбор проб почвы

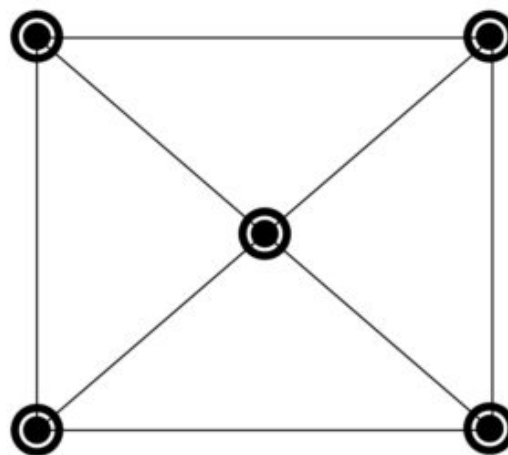


Рисунок 1.1, 1.2 – забор почвы около асфальтобетонного завода

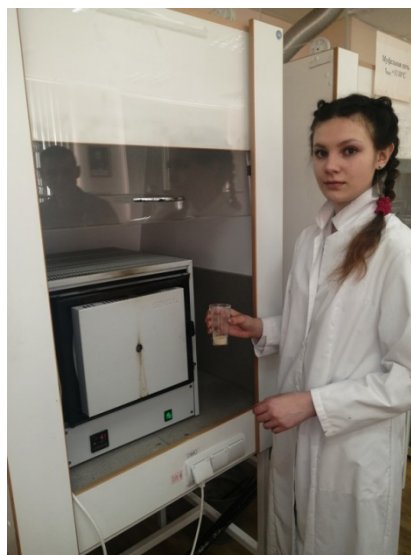


## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Выполнение задачи 1



Рисунок 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 – проведение опытов в лаборатории филиала института переподготовки и повышения квалификации Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, д. Светлая Роща методом экстракционно-фотометрического определения свинца



## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

УДК61:001(06)(476)  
ББК51.1  
Ф 94

## Выполнение задачи 2



Рисунок 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 – посадка и всходы кресс-салата на 3 сутки

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Выполнение задачи 2,3



Рисунок 1.11, 1.12, 1.13 – всходы кресс-салата, овса посевного на 14 сутки



Рисунок 1.14, 1.15 – выращивание масличной редьки, овса посевного, кресс-салата (третий период посадки), обработка статистических данных

