

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (СВИНЦОМ, ЦИНКОМ) ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Фоменкова С. Н., Шадурко В. К., студенты

Научный руководитель Клясова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной работе представлены общие методы оценки загрязнения окружающей среды (почвенного покрова и поверхностных вод) тяжелыми металлами – свинцом и цинком; раскрываются причины загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, описываются современные методы по предотвращению загрязнения тяжелыми металлами (свинцом, цинком).

Ключевые слова: тяжелые металлы, свинец, цинк, экосистема, морские воды, биологические пробы, выбросы, мониторинг окружающей среды, методы оценки загрязнения, экологический риск.

Сегодня проблема загрязнения природы становится всё острее. По мере того, как растёт число заводов и городов, нам всё важнее контролировать, сколько опасных веществ, особенно тяжелых металлов, попадает в окружающую среду. В качестве критериев классификации тяжелых металлов используются различные показатели: плотность (более 8 г/см^3), атомная масса (свыше 50 атомных единиц), токсичность, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы [1].

Тяжелые металлы, такие как свинец и цинк, широко распространены в природной среде, однако их концентрация часто превышает допустимые нормы. Причинами данной ситуации могут послужить:

1) промышленные выбросы (множество отраслей (к примеру: горная добыча, металлургия и др.) выбрасывают в атмосферу и поверхностные воды значительное количество тяжелых металлов в процессе разработки, переработки и утилизации);

2) сельское хозяйство (использование удобрений, содержащих тяжелые металлы, а также нецелесообразное управление отходами сельского хозяйства может привести к накоплению этих элементов в почве и воде);

3) неправильная утилизация отходов (образование и накопление мусорных отходов в непредназначенных на то местах, и недостаточная переработка электронных и бытовых отходов могут привести к накоплению тяжелых металлов в экосистеме);

4) транспорт и дорожное строительство (выбросы от автомобилей, особенно при использовании старых машин с неэффективными системами очистки выхлопных газов, а также при строительстве и ремонте

дорог способствовать загрязнению окружающей среды свинцом и другими металлическими соединениями);

5) естественные источники (влияние тяжелых металлов может быть связано с природными процессами, такими как выветривание горных пород, где в составе минералов находятся свинец и цинк).

Выбор оптимального метода анализа содержания тяжелых металлов напрямую зависит от свойств определяемых элементов. В таблице 1 представлены ключевые характеристики цинка и свинца, значимые для идентификации и количественного определения в экосистемах [2].

Таблица 1 – Характеристики цинка и свинца

	Цинк	Свинец
Свойства	Плотность - 7.134 г/см ³ Порядковый номер - 24, серебристый металл с синим оттенком, добывается из цинковой обманки (сфалерита)	Плотность - 11.3 г/см ³ Порядковый номер - 37, мягкий тусклый серебристый металл, добывается из галенита
Использование	Гальванизация, производство оружия, электрического оборудования, батарей, текстиля, каучука и тд.	Производство инсектицидов, листов экрана компьютера для защиты от радиации, боеприпасов и снарядов, покрытия кабелей спортивного оборудования, кровли зданий
Основные источники поступления	Цветная и черная металлургия, гальваническое и лакокрасочное производство, коммунально-бытовые отходы	Выбросы плавильных заводов, транспорт, сжигание топлива, строительство и бытовые отходы

Поскольку, загрязнение окружающей среды, в самом широком смысле этого понятия, один из важнейших факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество жизни населения, то следует отметить инструменты, позволяющие оценить уровень неблагоприятного воздействия.

Таковыми инструментами служат методы, которые обеспечивают низкие пределы обнаружения для химических элементов.

Следует перечислить и разъяснить некоторые методы:

1. Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) – это метод, который часто используется в лабораториях для определения элементов, особенно если их содержание очень низкое. С помощью ААС можно изменять условия измерения для каждого элемента, чтобы достичь наилучших результатов. Выделяют два варианта ААС: с пламенной и электротермической (ЭТ) атомизацией. Обычно в ЭТААС границы обнаружения ниже, чем в пламенной версии, потому что температура в первом случае выше. Метод ЭТААС успешно применяются для определения тяжелых металлов в растениях, морских водах и образцах сельского хозяйства, а также в биологических пробах. Существует также другой способ атомизации, называемый двухстадийной зондовой атомизацией. Этот метод помогает уменьшить помехи и позволяет анализировать образцы без сложной подготовки или с минимальными затратами времени.

2. Электрохимические методы – связаны с использованием электролитических ячеек. Как и в случае ААС электрохимические методы используют в одноэлементном варианте. Природа электроактивного вещества определяет потенциал окисления или восстановления, поэтому селективность электрохимических методов может быть повышена правильным выбором потенциала электрода. Методы анализа весьма специфичны, часто отсутствует необходимость предварительного разделения компонентов, поэтому методы характеризуются высокой экспрессностью. Среди электрохимических методов можно выделить инверсионную вольтамперометрию (ИВА), которая показала высокие аналитические характеристики при определении тяжёлых металлов в природных объектах, в растительном сырье, в биологических пробах.

3. Методы анализа, которые чаще всего применяются в лабораториях – атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС) и масс-спектрометрия (МС). Эти методы позволяют одновременно определять много элементов в образцах, хотя иногда их тоже используют для выявления отдельных примесей. Большинство научных работ, использующих эти методы, основываются на спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП). Это связано с тем, что ИСП имеет множество преимуществ: она позволяет одновременно анализировать много элементов, обладает высокой точностью и надежностью, а также есть много качественных приборов для анализа.

4. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) – это метод, позволяющий проводить неразрушающий анализ как твердых, так и жидких образцов. Синхротронное излучение, применяющее для возбуждения рентгеновской флуоресценции, обладает рядом уникальных свойств – высокая яркость, малая расходимость пучка, линейная поляризация. Все это позволяет успешно применять метод РФА СИ для исследования сложных биологических, геологических объектов и объектов окружающей среды.

5. Методы, основанные на радиоактивности. Среди них можно выделить группу методов, основанной на радиоактивации, в том числе активации нейтронами – нейтронно-активационный анализ (НАА). Достоинствами активационного анализа являются высокая, иногда даже рекордная чувствительность. Активационный анализ активно используют при анализе объектов различной природы [3].

Современные технологии и научные достижения открывают новые горизонты для более точной и эффективной оценки загрязнения. Однако, несмотря на достижения науки, ключевым останется ответственный подход к использованию ресурсов и соблюдение экологических норм. В ходе работы были рассмотрены и проанализированы основные аспекты проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, в частности свинцом и цинком. Возможности современных методов анализа при определении тяжелых металлов зачастую зависят от свойств изучаемого элемента. Таким образом, выбор оптимальной методики для исследования основывается на требуемых пределах обнаружения, природе данного образца и присутствии иных элементов. Дальнейшее развитие систем экологического мониторинга позволит своевременно выявлять источники загрязнения и минимизировать ущерб окружающей среде и здоровью населения.

Литература:

1. Дьякова, Н. А. Фармацевтическая экология : учебник для вузов / Н. А. Дьякова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 288 с. — ISBN 978-5-507-52658-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/456938> (дата обращения: 24.02.2026).

2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ / Б. И. Асроров, В. И. Asrorov, Б. И. Асроров [и др.] // Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук / Паёми Донишгоњи миллии тољикистон. Бахши Илмъои Табиӣ. — 2021. — № 2. — С. 166-186. — ISSN 2413-452X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/341414> (дата обращения: 24.02.2026).

3. Цыганкова А.Р., Гуляев С.А., Адаменко Л.С., Шестопалов М.А. Методы анализа и мониторинга тяжелых металлов в окружающей среде // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 2. С. 131-146. DOI: 10.18470/1992-1098 2024-2-12.