

**Халилов Сохибжон Шокир угли, Самиев Ражаб Акбарович  
Ассистенты.**

**Ургутский филиал Самаркандского государственного  
университета имени Шарофа Рашидова. г.Ургут. Узбекистан**

## **ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ: ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены основные направления химической экологии, источники химического загрязнения окружающей среды и влияние тяжёлых металлов на почву, воду и атмосферу.

На примере промышленных зон Узбекистана проанализировано накопление тяжёлых металлов и их круговорот в биологической среде. Результаты исследований показывают, что избыточное содержание тяжёлых металлов представляет угрозу для устойчивости экосистем.

**Ключевые слова:** химическая экология, тяжёлые металлы, загрязнение, биоаккумуляция, биомониторинг, круговорот веществ, экологическая безопасность

**Khalilov Sokhibjon Shokir ugli, Samiev Rajab Akbarovich Assistants,  
Urgut Branch of Samarkand State University named after Sharof Rashidov  
Urgut, Uzbekistan**

## **CHEMICAL ECOLOGY: ENVIRONMENTAL POLLUTION AND THE IMPACT OF HEAVY METALS**

**Abstract:** This article examines the main areas of chemical ecology, the sources of chemical pollution of the environment, and the impact of heavy metals on soil, water, and the atmosphere.

Using the example of industrial zones in Uzbekistan, the accumulation of heavy metals and their circulation in the biological environment are analyzed. The research results show that the excessive content of heavy metals poses a threat to the stability of ecosystems.

**Keywords:** chemical ecology, heavy metals, pollution, bioaccumulation, biomonitoring, biogeochemical cycle, environmental safety

**Введение.** В последние десятилетия химические изменения, происходящие в природе под воздействием человеческой деятельности, стали одним из наиболее актуальных экологических проблем.

Особенно это касается промышленных предприятий, транспортных средств, а также сельскохозяйственного применения химических удобрений и пестицидов, что приводит к выбросам вредных веществ в атмосферу, воду и почву.

Химическая экология — одно из важнейших направлений современной экологии, изучающее воздействие химических веществ, образующихся в результате человеческой деятельности.

Химическая экология — это область науки, находящаяся на стыке химии и экологии, изучающая взаимодействие химических веществ между живыми организмами, атмосферой, гидросферой и литосферой.

Основная цель данного направления — управление химическими процессами в окружающей среде, определение источников загрязнения и обеспечение экологической безопасности.

## 1. Обзор литературы

В мировом масштабе исследования по химической экологии сосредоточены в следующих направлениях:

1. Контроль химических загрязнителей атмосферы ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ );
2. Круговорот и биоаккумуляция тяжёлых металлов в биосфере;
3. Химические изменения токсичных элементов в почвах и водных системах;
4. Технологии переработки химических отходов.

Например, Smith J. (2019) в своей работе "Environmental Chemistry and Pollution Control" комплексно оценил влияние промышленных выбросов на атмосферу [1]. Зайцев В. (2023) в исследовании "Industrial Ecology and Environmental Protection" провёл моделирование миграции тяжёлых металлов из металлургических отходов [2].

Среди узбекских учёных можно отметить Каримова Б. (2021), который в книге "Основы экологической химии" исследовал химический состав воздуха в промышленных зонах [3]. Холматов А. и Мавлонов Д. (2021) разработали теоретические основы химического загрязнения и экологической безопасности [4].

### 3. Источники химического загрязнения и их экологическое воздействие

Источники химического загрязнения делятся на естественные и антропогенные (вызванные деятельностью человека). На территории Узбекистана основными антропогенными источниками являются:

1. Промышленные предприятия — нефтеперерабатывающие, металлургические, химические и цементные заводы (выбросы  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Cd$ );
2. Транспорт — при неполном сгорании топлива выделяются  $CO_2$ ,  $NO_2$ , соединения свинца;
3. Сельское хозяйство — чрезмерное применение пестицидов и азотных удобрений загрязняет почву и воду;
4. Бытовые отходы — пластмассы, полимеры и медицинские отходы сохраняются в среде десятилетиями.

Такие загрязнения нарушают естественный круговорот веществ и усиливают биоаккумуляцию тяжёлых металлов в живых организмах, что приводит к их попаданию в пищевую цепочку и накоплению в организме человека.

Таблица 1. Содержание тяжёлых металлов в почве

№	Металл	Допустимая норма (мг/кг)	Определённое количество (мг/кг)	Превышение (%)
1	Свинец (Pb)	32	85	165%
2	Кадмий (Cd)	2	6	200%
3	Ртуть (Hg)	0.5	1.2	140%
4	Медь (Cu)	100	190	90%
5	Цинк (Zn)	300	420	40%

### 2. Источники загрязнения почвы тяжёлыми металлами

Существует множество источников, ответственных за избыточное накопление тяжёлых металлов в почве. К ним относятся атмосферные осадки (в виде пыли и газов), полив сточными водами, промышленные отходы, использование пестицидов и минеральных удобрений. В таблице 2 приведены основные источники тяжёлых металлов [5].

Основным природным источником тяжёлых металлов в почве являются **материнские горные породы**, из которых они образуются. Земная кора состоит на 95 % из магматических пород и на 5 % из осадочных. Магматические породы, особенно базальты, богаты такими металлами, как медь (Cu), кадмий (Cd), никель (Ni) и кобальт (Co). В сланцах (глинистых породах) содержатся значительные количества свинца (Pb), меди (Cu), цинка (Zn), марганца (Mn) и кадмия (Cd).

Тяжёлые металлы из горных пород могут попадать в почву в результате **естественных процессов** — эрозии, выщелачивания, ветровой деятельности, вулканических извержений и биогенных процессов. Однако **антропогенные факторы** ускоряют эти процессы, что приводит к накоплению одного или нескольких тяжёлых металлов в почвенной среде.

В последние десятилетия **развитие сельского хозяйства, урбанизация и индустриализация** значительно способствовали повышению уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами. Среди основных антропогенных источников загрязнения выделяются **добыча и плавка руд, сжигание топлива, неправильная утилизация бытовых отходов, чрезмерное использование пестицидов и удобрений, а также орошение сточными водами.**

По данным международных исследований, ежегодное поступление тяжёлых металлов в атмосферу и почву во всём мире составляет примерно:

**кадмий (Cd) — 22 000;**

**медь (Cu) — 939 000;**

**свинец (Pb) — 783 000;**

**цинк (Zn) — 1 350 000 т.**

Таблица 2. **Основные источники загрязнения почвы тяжёлыми металлами**

№	Источник загрязнения	Основные тяжёлые металлы	Источник загрязнения
1	Атмосферные	Pb, Cd, Zn, Cu	Атмосферные выбросы

	выбросы		
2	Промышленные отходы	Hg, Pb, Cd, Cr, Ni	Промышленные отходы
3	Сточные воды и ирригация	Cd, Zn, Ni, Cu	Сточные воды и ирригация
4	Пестициды и удобрения	As, Cu, Pb, Zn	Пестициды и удобрения
5	Горнодобывающая и плавильная промышленность	Pb, Zn, Cd, Cu, Ni	Горнодобывающая и плавильная промышленность
6	Сжигание ископаемого топлива	Hg, Pb, Cd, Cr	Сжигание ископаемого топлива

### 3. Анализ содержания тяжёлых металлов в почвах Ургутского района

Ургутский район Самаркандской области характеризуется высокой степенью промышленной и сельскохозяйственной активности. В июне–августе 2024 года были отобраны образцы почвы и проанализированы методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Таблица 3. Загрязненность почвы Ургутского района тяжёлыми металлами

№	Место отбора	Pb (мг/кг)	Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
1	Вдоль автодороги	95.3	42.6	126.7
2	Сельскохозяйственные поля	57.4	37.5	93.1
3	Сады и виноградники	41.2	28.3	75.6
4	Предгорная зона	25.7	19.8	48.3

Результаты показали, что концентрация свинца вдоль автодороги превышает норму в три раза, что связано с выхлопами транспортных средств. Цинк и кадмий также превышают допустимые уровни [6].

### 4. Экологическая оценка (коэффициент загрязнения IF)

Расчёт коэффициента загрязнения проводится по формуле:

$$IF = \frac{C_i}{C_{пдж}}$$

$C_i$  — измеренная концентрация,

$C_{пдж}$  — предельно допустимая концентрация.

Средние значения IF для Ургутского района:

**Pb: 2.97;**

**Cu: 1.06;**

**Zn: 1.27;**

**Cd: 1.20.**

Таким образом, свинец (Pb) относится к категории высокого экологического риска ( $IF > 2.5$ ).

Результаты анализа показывают, что, в целом, содержание тяжёлых металлов в почвах Узбекистана превышает допустимые нормы. Это представляет угрозу для здоровья человека и требует ужесточения экологического мониторинга и внедрения экологически чистых технологий.

### **Список литературы:**

1. Smith J. (2019). Environmental Chemistry and Pollution Control. Oxford University Press.
2. Каримов Б. (2021). Основы экологической химии. Ташкент: Издательство «Фан».
3. Зайцев В. (2023). Industrial Ecology and Environmental Protection. Springer.
4. Холматов А., Мавлонов Д. (2021). Химическое загрязнение и экологическая безопасность. Ташкент: Инновация.
5. WHO (World Health Organization). Heavy Metals in Soil and Health Impact, 2020.
6. Отчёт Комитета по экологии Республики Узбекистан, 2022.