



«ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РТУТИ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, В УСЛОВИЯХ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В Г. АМУРСКЕ»

Выполнил: Аспирант 3 курса, направление «Экология»

Полещук Андрей Евгеньевич,

Руководитель: д.б.н., проф. кафедры «Техносферная безопасность»

Целых Е.Д.

д.б.н., проф. кафедры «Техносферная безопасность»

Ахтямов М.Х.

Актуальность проблемы

Проблема техногенного загрязнения населенных территорий и миграция поллютантов в трофической цепи урбоэкосистемы является актуальной; наличие Hg, в данной системе, формирует своеобразный территориальный элементный фон, что в конечном счете, отражается на здоровье людей. Исследование ученых Хабаровского края выявило, что территория целлюлозно-картонного комбината (ЦКК) г. Амурска (рис. 1) является основным источником загрязнения окружающей среды.



Рисунок 1 –Аэрофотоснимок (Google Maps) ЦКК, расположенного на территории г. Амурска (2025 г.)

Примечание: цветами показаны различные территории: **красным** – ЦКК, **синим** – водохранилище г. Амурска, **зеленым** – жилые дома и постройки.

ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первые обследования территорий были проведены в 2006-2008 годах. Многочисленными были проведены обследования в 2018-2025 годах. Обследование в октябре 2019 года территории бывшего ЦКК в Амурске, показало, что работы по демеркуризации не проводились в полном объеме (рис. 2, 3).



Рисунок 2 А — Ртуть на территории целлюлозно-картонного комбината (ЦКК) г. Амурска (сентябрь, 2008 г.)



Рисунок 2 Б — Ртуть на территории целлюлозно-картонного комбината (ЦКК) г. Амурска (октябрь, 2019 г.)

СРАВНЕНИЯ РАЗРУШЕННОГО КОРПУСА ЦКК 2008-2019 ГГ.

С 2008 до 2019 гг. на территории ЦКК г. Амурска ничего не изменилось в лучшую сторону: не произведен демонтаж в полном объеме (смена подрядчиков происходит на фоне отсутствия перемен), демеркуризация проводилась ненадлежащим образом (рис. 3)

А



Б



Рисунок 3 — Вид разрушенных корпусов ЦКК в 2008 (А) и 2019 гг. (Б)

СРАВНЕНИЯ РАЗРУШЕННОГО КОРПУСА ЦКК 2020 г.

После смены нескольких подрядчиков за последние 3 года, негативное впечатление от центральной части останков ЦКК усиливается: некоторое количество обломков (1 т) и ртути (35 кг) было утилизировано; согласно экспертным оценкам на территории остается 360 т загрязненной почвы и остатков зданий бывшего ЦКК, и 3 т ртути.



Рисунок 4 — Скопление обломков перекрытий второго этажа и др., с чрезвычайно загрязненным ртутью грунтом первого этажа (ноябрь, 2022 г.).

ЦЕЛЬ НАСТОЯЩЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ: определение особенностей элементного дисбаланса на всех уровнях экологической системы на фоне ртутного загрязнения окружающей среды, для предупреждения и ликвидации чрезвычайной ситуации в г. Амурске.

Задачи

- 1. Изучить содержание микроэлементов в пробах воды непитьевого назначения и почвы.**
- 2. Определить содержание токсичных и эссенциальных элементов в дикорастущих растениях, продукции дачных участков, твердых и жидких биосубстратах животных и человека на территории г. Амурска.**
- 3. Дать классификационную оценку экологическому состоянию урбоэкосистемы г. Амурска.**
- 4. Определить эффективность аргументированной программы мероприятий, направленных на снижение последствий элементарного дисбаланса и обеспечение безопасности жителей города Амурска.**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

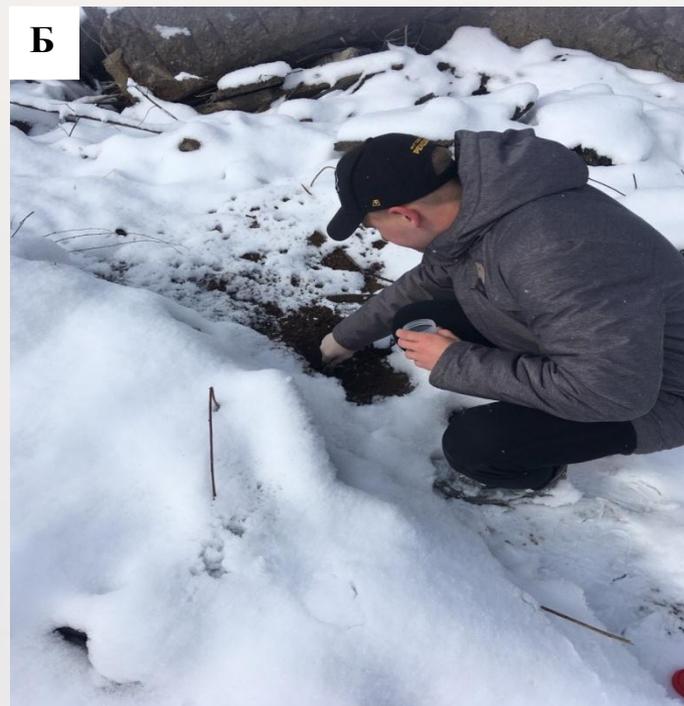


Рисунок 6 (А, Б) — Отбор проб воды в водоеме с примесями ртутных соединений, 2018 г. (А) и отбор проб почвы с примесями ртутных соединений, 2019 г. (Б) на территории ЦКК, г. Амурска

С 2018 по 2023 гг. произведены отборы проб воды и почвы на территории ЦКК.

Трансформация ртути в биосфере имеет далеко идущие экологические последствия.

Вода, загрязненная ртутными соединениями является источником экотоксикации всего живого, в том числе, человека.

Дисбаланс микроэлементов на данной территории остается одной из главной проблем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

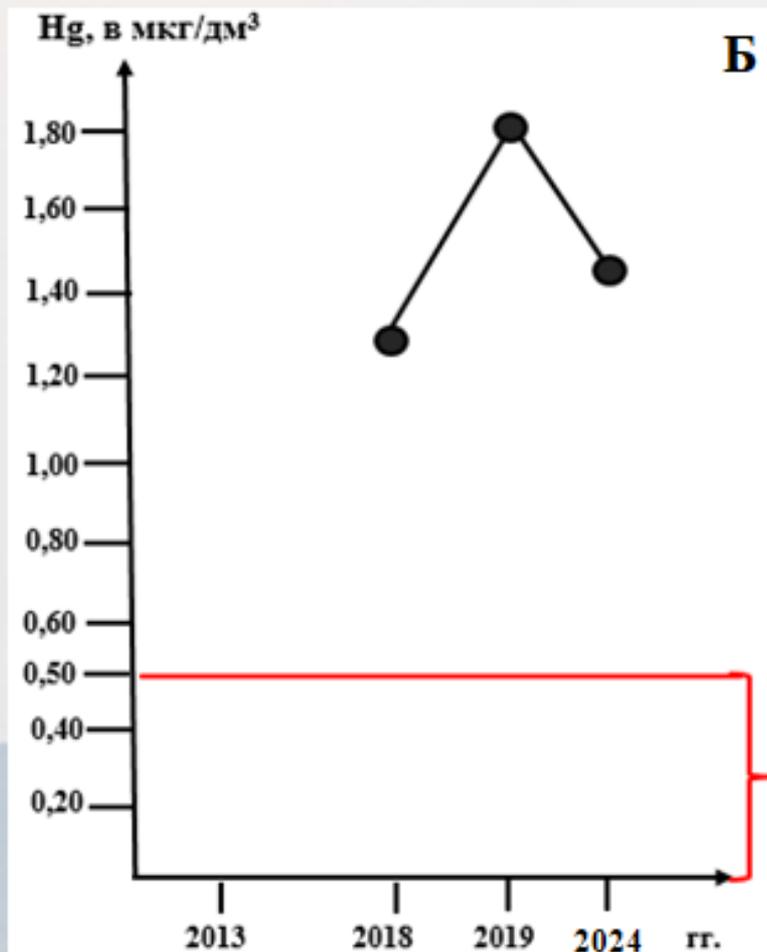
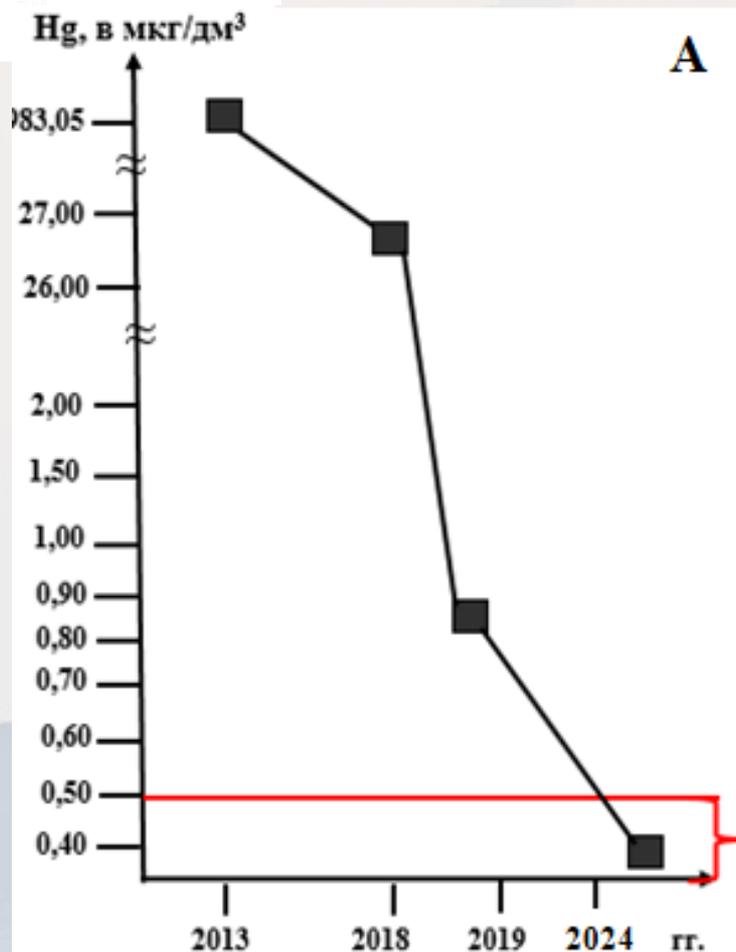


Рисунок 6 — Мониторинговые характеристики среднего содержания ртути в пробах:
 А — природной воды г. Амурска непитьевого назначения (n=16)
 Б — почвы г. Амурска (n=8)

Примечание: здесь и далее: } — пределы ПДК.



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 1

Среднее содержание ртути в пробах растений, произрастающих на загрязненной территории Целлюлозно-картонного комбината г. Амурска и городских участках (2023 г.)

Название растения	Содержание ртути в период месяцев Август –Сентябрь, мг/кг	
	Лист	Корень
Загрязненная территория ЦКК		
Commune absinthium (полынь обыкновенная)		
№ 1 (n=5)	0,042	0,070
№ 2 (n=5)	0,002	0,030
№ 3 (n=5)	0,051	0,070
№ 4 (n=5)	0,08	0,020
№ 5 (n=5)	0,011	0,030
	0,04±0,001	0,044±0,002
Городская среда*		
Taraxacum mongolicum (одуванчик монгольский)	0,042	0,030
Plantago major (подорожник большой)	0,040	0,034
Примечание: Городская среда* - по Е.А. Войтюк (2011).	0,041±0,001	0,032±0,001 ***

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

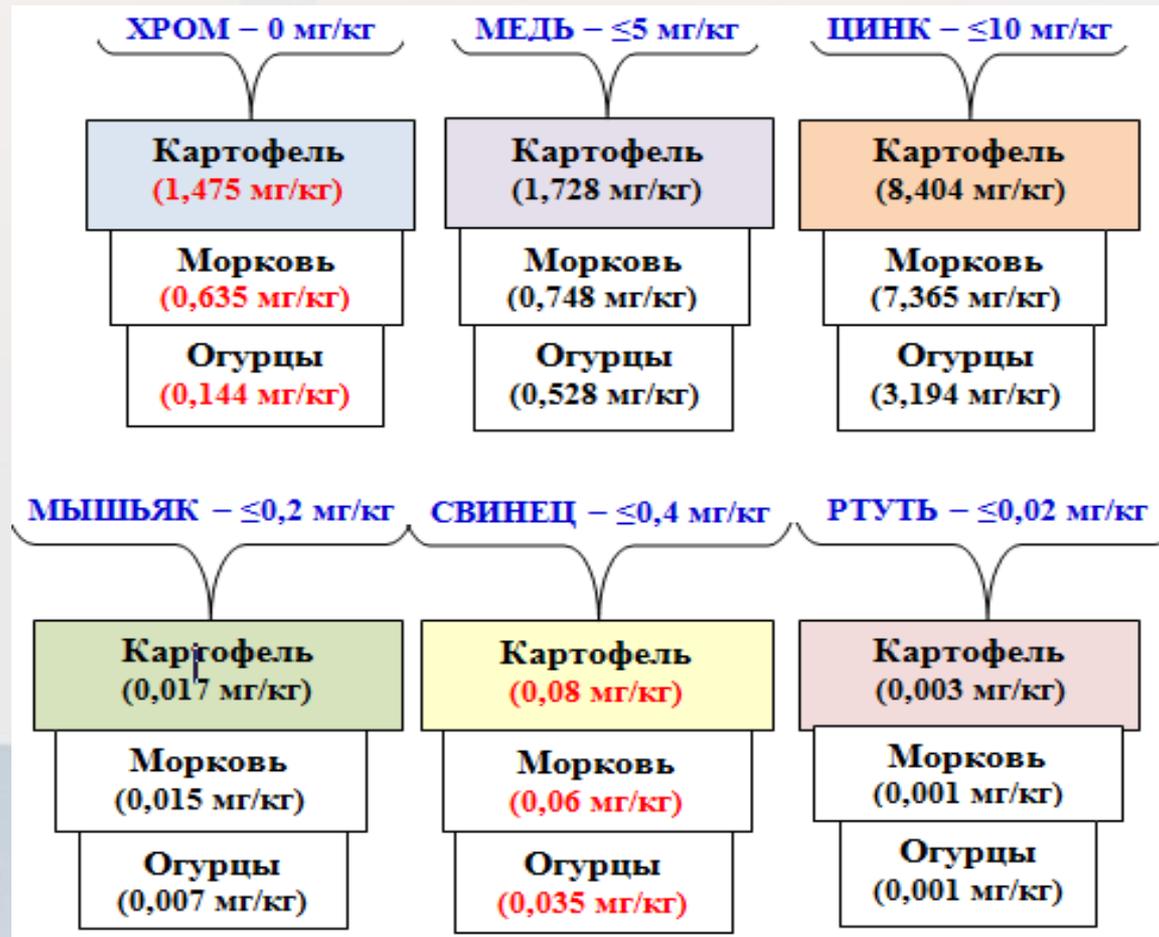


Рисунок 9 – Содержание микроэлементов (Cr, Cu, Zn, As, Pb, Hg) в овощной продукции дачных участков г. Амурска

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 2

Среднее содержание ртути в оперении птиц, гнездящихся на территории
г. Амурска (2023 г.)

№ пробы	Возраст	Среднее содержание ртути (Hg) - $M \pm m$ Норматив содержания – 0,001 мкг/кг
n=16	>1 года	1,032±0,01

Концентрация тяжелых металлов в органах птиц отражает их уровень содержания во внешней среде. Средние концентрации большинства металлов в оперении птиц, в зоне антропогенного загрязнения, достоверно превышали таковые в контроле (Лебедева Н.В., 1999; Добровольская Е. В., 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 3

Среднее содержание ртути в шерсти мышей полевков, обитающих на территории Целлюлозно-картонного комбината и прилегающих участках г. Амурска (2023 г.)

№ пробы	Пол	Возраст	Содержание ртути (Hg) Норматив содержания – 0,001 мкг/кг
n=20	♂♀	>1 года	0,020±0,001

Анализ шерсти мышей полевков, населяющих меркуризованный участок, показал превышение содержания Hg, в 60% случаев исследования

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ



Таблица 4

Среднее содержание ртути в шерсти овец из отары выпасающихся на меркуризованном участке г. Амурска

№ пробы	Пол	Возраст	Содержание ртути (Hg) Норматив содержания – 0,001 мкг/кг
n=26	♀	>1 года	0,016±0,004

Рисунок 10 — Место выпаса отары овец связано с арендой территории бывшего ЦКК населением, проживающим в г. Амурске

Средняя концентрация ($M \pm m$) токсичных, потенциально токсичных, радиоактивных и эссенциальных микроэлементов в сыворотке крови подростков Амурска и Хабаровска ($n = 194$)

Элемент	Содержание элемента в сыворотке крови подростков			
	♂		♀	
	г. Амурск	г. Хабаровск	г. Амурск	г. Хабаровск
токсичные тяжелые металлы и металлоиды				
Ртуть (Hg) 0,02 мкг/л	0,10±0,042	0,03±0,015	0,15± 0,040	0,02±0,002
токсичные				
Барий (Ba) 50,0–90,0 мкг/л границы нормы: от 50,0–58,0 до 82,0–90,0	<i>0,63±0,092</i>	44,82±0,141	<i>0,80±0,222</i>	7,23±0,327
Радиоактивные				
Уран (U) ≤ 0,5 мкг/л	<i>0,001±0,0001</i>	0,001±0,001	0,006±0,001	0,002±0,002
Эссенциальные				
Селен (Se) 65–135 мкг/л границы нормы: от 60,0–72,0 до 108,0–120,0	0,42±0,025	0,72±0,013	0,43±0,030	0,69±0,009
Марганец (Mn) 0,3–1,0 мкг/л границы нормы: от 0,30–0,47 до 0,86–1,00	25,92±0,706	6,09±1,503	1,65±0,563	<i>0,51±0,013</i>
Железо (Fe) 0,8–1,4 мкг/л границы нормы: от 0,80–0,92 до 1,28–1,40	4966,19±50,978	1357,57±21,114	291,52±12,337	287,743±13,511
Цинк (Zn) 10,7–22,9 мкмоль/л границы нормы: от 10,70–13,14 до 20,46–22,90	45,71±3,261	10,96±1,934	23,68±2,392	28,53±2,156
Молибден (Mo) 0,3–1,2 мкг/л от 0,30–0,48 до 1,02–1,20	0,71±0,231	0,001±0,001	0,06±0,005	0,14±0,010

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Количество особей, в %

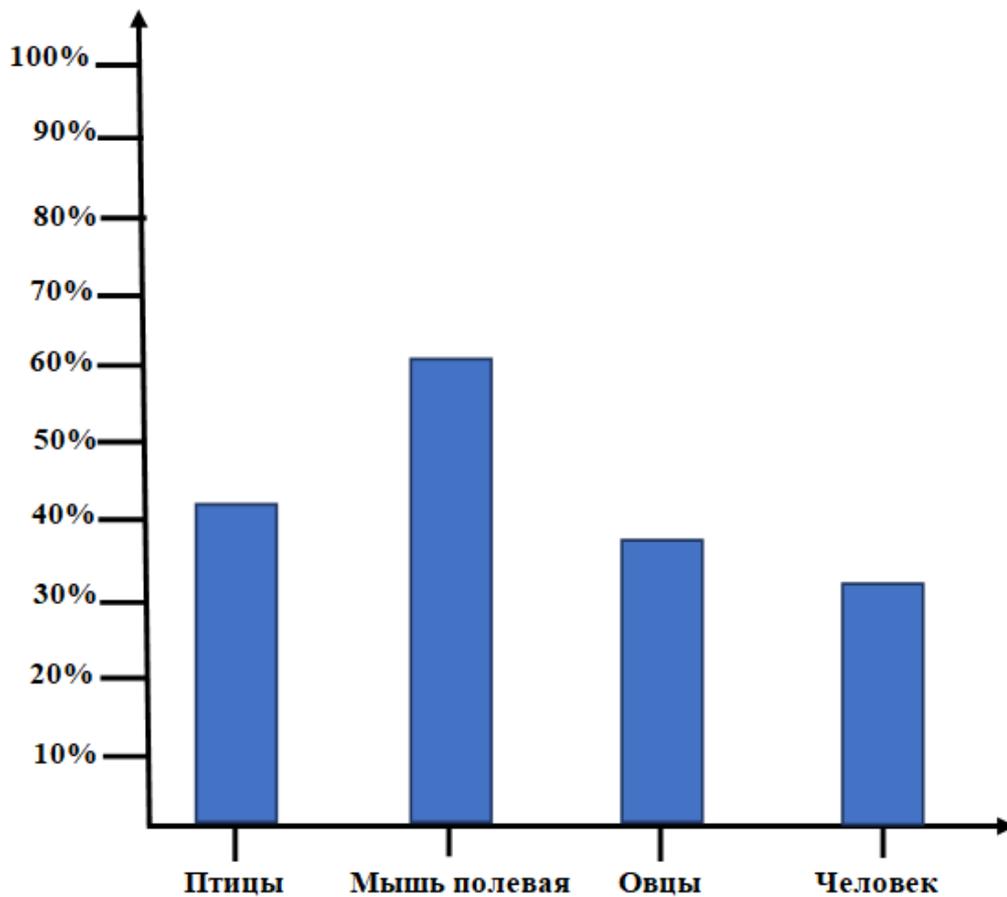


Рисунок 13 — Парциальная составляющая исследуемой группы с высоким содержанием ртути в перьевом покрове птиц, шерсти и волосяном покрове млекопитающих (в %)

Среднее ($M \pm m$) содержание микроэлементов (мг/кг) в волосяном покрове разных групп населения гг. Амурска (n= 214) и Хабаровска (n=135)

Элемент. нормативы		Mn (0,1-1,0)	Fe (5,0-25)	Cu (7,5-80)	Zn (100-250)	Se (0,5-1,5)	Mo (0,02-0,15)	Ba (0,2-1,0)	Hg (0,01-2,0)	Th (< 0,001)	U (< 0,003)
Г. Амурск.	Пожарная часть 23 ФПС МЧС (n=20)	2,67± 0,05***	84,75± 4,26***	7,32± 0,08*	156,2± 14,7	0,24± 0,003***	0,06± 0,001	1,04± 0,094*	0,052± 0,004	<0,001	0,005± 0,0003***
	АО «Полиметалл», инженерный состав (n=12)	1,98± 0,15**	39,09± 3,3*	9,84± 0,87	131,95± 10,2	0,6±0,02	0,062± 0,005	2,31± 0,19**	3,03± 0,27**	0,0056± 0,0003***	0,004± 0,0002***
	ООО «Амурский ДОК», рабочие (n=12)	10,00 ±0,82***	470,0± 38,91**	12± 0,79	177,2± 16,9	0,7±0,04	0,1±0,007	16,8± 1,3***	1,6±0,12	0,1± 0,004***	0,002± 0,0001
	Восток ДВПО ФГУП, руководящее звено (n=12)	0,06± 0,003***	23,4± 1,98	8,58± 0,77	115±13,4	0,47± 0,33*	0,042± 0,001	0,059± 0,004**	0,048± 0,003	0,002± 0,0001***	0,006± 0,0004***
	Дети подросткового возраста (n=158)	0,62 ±0,04	35,82± 3,97*	2,61± 0,22***	244,87± 28,52	0,10± 0,009***	0,07± 0,003	0,25± 0,31	0,04± 0,002	<0,001	0,005± 0,0002***
Г. Хабаровск	Пожарные – спасатели (n=91)	7,01± 0,65***	164,01± 15,50**	–	170,64± 16,40	2,49± 0,10***	0,03± 0,004	3,47± 0,08***	0,3±0,03	–	0,02± 0,03***
	Дети подросткового возраста (n=44)	1,96± 0,14**	165,57± 3,068**	–	258,45± 17,58*	0,0171± 0,031***	0,006± 0,001***	2,24± 0,09**	0,01±0,03	–	0,006± 0,001***
M±m		3,5± 0,0025	140,4± 1,74	8,07± 0,078	179,2± 9,7	0,66± 0,0025	0,005± 0,001	3,74± 0,0033	0,73± 0,0017	0,015± 0,0001	0,006± 0,00029

Примечание: синим цветом, жирным шрифтом показаны значения ниже физиологического норматива (дефицит); красным – выше физиологического норматива (избыток); прочерк – нет данных; характеристики, соответствующие пределам физиологического норматива показаны черным шрифтом (норматив - по А.В. Скальному, И.А.Рудакову, 2004); достоверность различий с нижним/верхним значением норматива показаны: при $p \leq 0,05$ (*); при $p \leq 0,01$ (**); $p \leq 0,001$ (***)

Ресурсы проекта

Сметная стоимость работ по демеркуризации (по данным, согласованным с компанией «Эко-Восток»)

Медицинское обслуживание, питание, комплексные услуги, диагностическое обследование (функциональное, лабораторное)

Общая стоимость: **173 300 000 руб.**

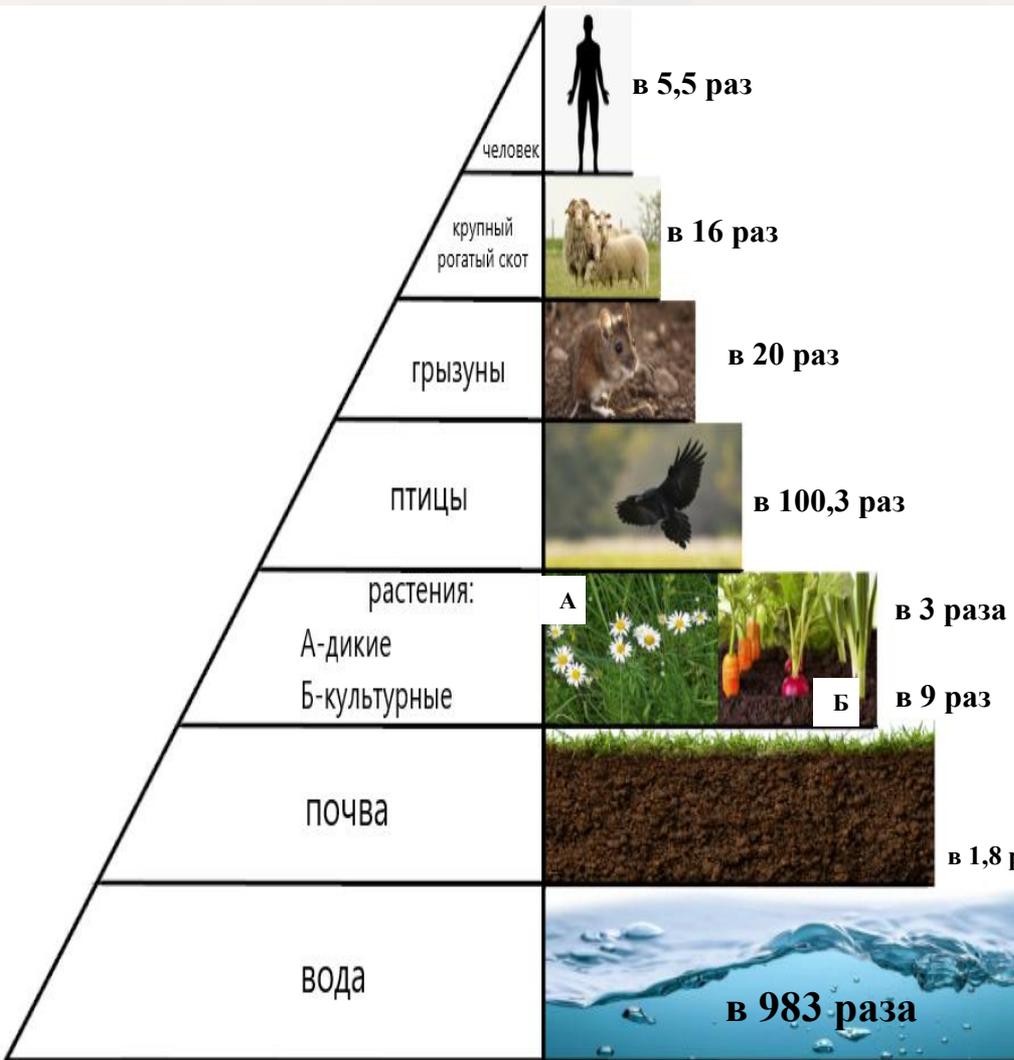
Смета мероприятий по медицинской реабилитации населения г. Амурска

Сметная стоимость работ по демеркуризации и очистке прилегающих водных объектов (по данным, согласованным с компанией «Эко-Восток»)

Общая стоимость: **1 593 270 000 руб.**

Общая стоимость: **1 765 570 000 руб.**

АДРЕСНОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ



Работа посвящена исследованию экологической ситуации в урбоэкосистеме г. Амурске, которая делает невозможным проживание людей как в самом городе, так и в прилегающих районах, из-за наличия поллютантов на всех уровнях трофической цепи.

Практическая значимость полученных результатов состоит в развитии и совершенствовании методов предупреждения и ликвидации последствий техногенных, ртутных загрязнений.

Полученные результаты востребованы для своевременного определения признаков микро- и макроэлементозов

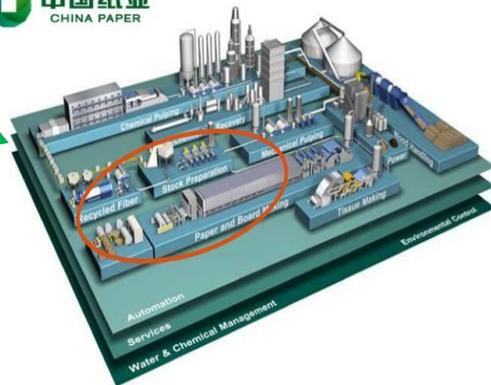
Рисунок 9 — Экологическая пирамида урбоэкосистемы г. Амурска с информацией о превышении содержания ртути в сравнении с ПДК и физиологическим нормативом

СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

В 2019 году Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и компания «China Paper» подписали меморандум о взаимопонимании по реализации проекта строительства ЦБК в г. Амурске



вложение средств для
демеркуризации территории



«Амурский ЦБК»

сырьё



ООО «АЛК»

Благодаря этому социальная и экономическая значимость проекта будет проявляться в:

- Рабочие места
- Снижение затрат на логистику
- Урбанизация населения
- Благоустройство городской среды
- Снижение оттока (Миграции) население

Рисунок 10 — Социальная и экономическая значимость демеркуризационных работ и мероприятий по медицинской реабилитации населения, проживающего в г. Амурске и прилегающих районах загрязненной территории бывшего ЦКК

ВЫВОДЫ

1. На исследуемой территории г. Амурска обнаружено высокая концентрация тяжелых металлов (Hg, Fe, Mn, Zn) в окружающей среде, при отсутствии мер по демеркуризации; дисбалансное содержание микроэлементов, связанное с повышением концентрации токсичных (Ba) и снижением эссенциальных (Se, Mo) элементов в твердых биосубстратах животных и человека;

2. Микроэлементный дисбаланс влияет на протяжении 28 лет на экологическую пирамиду урбоэкосистемы, отравляя окружающую среду и организм жителей г. Амурска, накопление ртути выявлено в 4 из 5 звеньев трофической цепи за последние 10-летие

3. В 40% случаев у населения г. Амурска выявлено повышенное содержание ртути в сыворотке крови – в 3,3-7,5 раз (в среднем 5,5 раз), соответственно, в сравнении с физиологическим нормативом. Содержание ртути в оперении птиц превышает норматив в 100,3 раза; в шерсти полевых мышей – в 20 раз, в шерсти овец в 16 раз

4. Демеркуризационные мероприятия позволяют обеспечить устойчивую тенденцию к снижению рисков пагубного воздействия на окружающую среду и здоровья населения. Реализация проекта по организации нормального жизненного пространства для населения, ликвидации экологической катастрофы, реабилитации пострадавших продлится до 7 лет.

Апробация работы

Основные результаты диссертации представлены на 23 научно-практических конференциях, из которых: 9 — межвузовские (региональные); 10 — всероссийские с международным участием; 4 — международные.

Публикации

Основные положения диссертации опубликованы в 19 печатных работах, в том числе: 2 статьи, рецензируемые изданием ВАК, 17 статей, рецензируемых изданием РИНЦ.

Связь работы с крупными научными программами

Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021 - 2030 годы (Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 N 3684-р), пункт 3.4.1. (разработка технологий здоровьесбережения), раздел 3.4.1.3. (изучение влияния патофизиологических механизмов производственных и неблагоприятных факторов окружающей, в том числе производственной среды на здоровье населения).



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**