

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06. Экология и природопользование

Кафедра Геоэкологии и геохимии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях зольного остатка организма человека г. Норильска

УДК 504.75.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Дериглазова Мария Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л. П.	Доктор геолого-минералогических наук, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экономики природных ресурсов	Цибулькикова М. Р.	Кандидат географических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и безопасности жизнедеятельности	Крепша Н. В.	Кандидат геолого-минералогических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Геоэкологии и геохимии	Языков Е. Г.	Доктор геолого-минералогических наук		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов _____
 Направление подготовки (специальность): 05.04.06 Экология и природопользование
 Уровень образования магистратура
 Кафедра Геоэкологии и геохимии
 Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.16
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.11.16	<i>Краткий обзор материалов по геохимии и минералогии человека (обзор ранее проведенных исследований)</i>	10
29.02.16	<i>Комплексная характеристика места отбора проб (обзор литературы)</i>	10
31.03.16	<i>Характеристика методов исследования</i>	10
30.04.16	<i>Геохимические и минералогические особенности ЗООЧ как индикатор состава среды обитания (геохимические и минералогические исследования)</i>	10
20.05.16	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
20.05.16	<i>Социальная ответственность при проведении исследований</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. Геоэкологии и геохимии	Рихванов Л. П.	Доктор геолого- минералогических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Геоэкологии и геохимии	Язиков Е. Г.	Доктор геолого- минералогических наук		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование
 Кафедра Геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой Геоэкологии и геохимии

 (Подпись) (Дата) Язиков Е. Г.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Дериглазовой Марии Александровне

Тема работы:

Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях
 зольного остатка организма человека г. Норильска

Утверждена приказом директора ИПР (дата, номер) Приказ № 2738/с от 08.04.16

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.16
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Материалы научно-исследовательской работы: пробы зольного остатка организма человека, отобранные в городе Норильск в 2015 году, а также пробы зольного остатка организма человека жителей 5 городов России: Новосибирска, Новокузнецка, Екатеринбурга, Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга, отобранные ранее.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение 1. Краткий обзор литературных источников с целью выяснения достижений науки в области геохимии и минералогии человека; 2. Эколого-геохимические особенности территорий отбора проб (г. Норильск); 3. Материал и методика исследований; 4. Геохимические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как отражение состава среды обитания; 5. Минералогические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как отражение состава среды обитания;

	6. Примерная стоимость аналитических работ; 7. Организация безопасной в лаборатории и помещении для обработки информации.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Карта-схема расположения мест отбора проб; 2. Круговая диаграмма элементного состава зольного остатка организма человека г. Норильска; 3. Круговая диаграмма элементного состава зольного остатка организма человека 6 исследуемых городов России; 4. Диаграмма кластерного анализа проб г. Норильска; 5. Снимки минеральных фаз, найденных в пробах г. Норильска, полученные с помощью электронного микроскопа 6. Таблица минеральных фаз, найденных в составе зольного остатка г. Норильска, с описанием состава.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (раздел 5)	Цибульникова М. Р.
Социальная ответственность (раздел 6)	Крепша Н. В.
Английский язык (приложение)	Матвеев И. А, Межибор А. М.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1. Материалы и методика исследований	
2. Геохимические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как индикатор состава среды обитания	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.09.15
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. Геоэкологии и геохимии	Рихванов Л. П.	Доктор геолого-минералогических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Дериглазова Мария Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Дериглазова Мария Александровна

Институт	природных ресурсов	Кафедра	ГЭГХ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Расчет стоимости научного исследования проводится на основании Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2 «Геолого-экологические работы» и выпуск 7 «Лабораторные работы».</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов определяются на основе Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2 «Геолого-экологические работы» и выпуск 7 «Лабораторные работы», а также Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденной Комитетом РФ по геологии и использованию недр 22.11.1993.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений.</i>	<i>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Планирование научных исследований и составление графика проведения работ.</i>	<i>К перечню пунктов, подлежащих обязательной разработке относятся: Составление календарного плана и графика проведения работ; Определение трудоемкости исследований; Определение трудоемкости работ для каждого исполнителя.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	<i>К перечню пунктов, подлежащих обязательной разработке относятся: Определение нормативов расхода материалов; Расчет заработной платы исполнителей проекта; Расчет общей сметной стоимости выполняемых работ.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план и график научного исследования;
2. Диаграмма Ганта;
3. Таблица трудоемкости затрат;
4. Таблица по расчету общей стоимости исследования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Цибульникова М. Р.	Кандидат географических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Дериглазова М. А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«Социальная ответственность специалиста при проведении исследований зольного остатка организма человека г. Норильска»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Дериглазова Мария Александровна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геоэкологии и геохимии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	<i>Исследование включает лабораторный и камеральный этапы.</i> Лабораторный этап 1. Отбор проб зольного остатка организма человека г. Норильска (Крематорий г. Норильска); 2. Пробоподготовка отобранного материала методом истирания и квартования; 3. Рентгеноструктурный анализ; 4. Исследование минералогического состава с использованием электронного микроскопа (Минералогическая лаборатория НИ ТПУ). Камеральный этап Статистическая обработка результатов анализа, оформление итоговых таблиц, диаграмм, графиков с помощью ЭВМ. Кабинет с электронно-вычислительными машинами (на кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	<i>1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению:</i> <i>Лабораторный этап и камеральный этапы:</i> 1.Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; 2.Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. Превышение уровня шума; 5. Монотонность труда. <i>1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</i> <i>Лабораторный и полевой этапы:</i> 1.Поражение электрическим током; 2. Пожарная безопасность.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<i>ЧС. Пожароопасность</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крепша Н.В.	Кандидат геолого-минералогических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Дериглазова М. А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 103 с., 23 рис., 27 табл., 73 источника, 1 прил.

Ключевые слова: г. Норильск, зольный остаток организма человека, региональные особенности зольного остатка организма человека, элементный состав, минеральный состав,

Объектом исследования является зольный остаток организма человека г. Норильска в сравнении с зольным остатком организма человека пяти городов России: Новокузнецка, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга.

Цель работы: установление связи между составом окружающей среды г. Норильска и составом организме человека – жителя данного города.

В процессе исследования использовались следующие методы анализа: масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия.

В результате исследования были получены данные о содержании 61 химического элемента в зольном остатке организма человека г. Норильска, о региональных особенностях зольного остатка жителей данного города, а также данные о минеральном составе зольного остатка исследуемого материала.

Область применения данной работы: геохимия живого вещества.

В будущем планируется работы по дальнейшему изучению элементного минерального состава зольного остатка организма человека различными методами, а также увеличение выборки путем исследования зольного остатка организма человека других городов.

Оглавление

Введение.....	12
1. Краткий обзор материалов по геохимии и минералогии человека	14
1.1.1 Элементный состав организма человека.....	14
1.1.2 Радиоактивные элементы в организме человека.....	22
1.1.3 Элементный состав организма человека как индикатор экологической обстановки	26
1.2 Минералогический состав организма человека	27
1.3 Зольный остаток организма человека как возможный индикатор элементного состава среды обитания	34
2. Комплексная характеристика места отбора проб	36
2.1 Физико-географическое описание места отбора проб.....	36
2.2 Промышленность г. Норильска	38
2.3 Геологическая характеристика места отбора проб	40
2.4 Эколого-геохимическая характеристика района отбора проб	42
2.5 Медико-демографическая характеристика района отбора проб	46
3. Материал и методы исследования зольного остатка организма человека	49
3.1 Характеристика масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой.....	50
3.2 Характеристика рентгеноструктурного анализа	52
3.3 Характеристика электронной микроскопии	52
4. Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях зольного остатка организма человека г. Норильска	54
4.1.1 Геохимические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как отражение состава среды его обитания	54
4.1.2 Региональные особенности зольного остатка организма человека как отражение состава среды его обитания.....	61
4.2 Минералогические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как отражение состава среды его обитания.....	64
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение при проведении научно-исследовательских работ	74
5.1 Планирование научно-исследовательских работ	74
5.2 Определение трудоемкости выполнения работ	75
5.3 Разработка графика научно-исследовательской работы	78
5.4 Бюджет научно-исследовательской работы	81
5.4.1 Нормы расхода материалов.....	81

5.4.2	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ	82
6.	Профессиональная социальная безопасность при проведении исследований зольного остатка организма человека г. Норильска	85
6.1	Профессиональная социальная ответственность	85
6.1.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	86
6.1.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	91
6.2	Безопасность в чрезвычайных условиях	93
6.3	Законодательное регулирование проектных решений	96
	Заключение.....	98
	Список используемых источников	99
	Приложение А.....	105

Введение

Организм человека является своеобразным индикатором состава окружающей его среды. При этом человек концентрирует элементы избирательно, что связано со многими факторами, которые до конца не изучены. Актуальность данной работы заключается в том, что впервые проведено исследование накопления большого спектра элементов в организме жителя г. Норильска в целом, а не в отдельных органах и тканях. Кроме того, в настоящее время недостаточно данных о содержании химических элементов в организме человека. В большинстве случаев список исследуемых элементов ограничивается жизненно необходимыми, токсичными и радиоактивными. Изучение элементного состава зольного остатка организма человека и его региональных особенностей позволит в будущем корректировать состояние человека, например, путем добавления определенных элементов в рацион питания.

Целью данной работы являлось исследование элементного состава зольного остатка организма человека г. Норильска, его региональных особенностей и минерального состава как индикатора состава окружающей среды.

Для достижения поставленной цели в качестве объекта исследования был выбран зольный остаток организма человека (ЗООЧ) г. Норильска. ЗООЧ данного города был выбран как объект для исследования исходя из того, что Норильск является одним из самых загрязненных городов России и мира, а также наибольший вклад в загрязнение природных сред на данной территории вносит единственное крупное предприятие по добыче, обогащению и выплавке медно-никелевых руд. Предметом исследования стал элементный и минеральный состав ЗООЧ г. Норильска.

Научная новизна данной работы представлена впервые полученными данными об элементном составе зольного остатка организма человека г. Норильска, а также данными о минеральном составе материала данного города.

Результаты исследования были представлены автором на Международных симпозиумах имени академика М. А. Усова в 2015 и 2016 годах в г. Томске, на Международной конференции «Перспективы развития» (г. Красноярск, 2015 г.), на Международной экологической конференции «Экология России и сопредельных территорий» (г. Новосибирск, 2015 г.), а также на Всероссийской конференции-конкурсе студентов выпускного курса (г. Санкт-Петербург, 2016 г.).

Автор работы выражает признательность всему коллективу кафедры ГЭГХ за помощь в подготовке работы, в особенности Л. П. Рихванову за руководство и С. С. Ильенку за помощь при работе на электронном микроскопе.

Определения, обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

зольный остаток организма человека (ЗООЧ): крематорный материал, оставшийся после сжигания тела человека.

В данной работе применены следующие сокращения:

ЗООЧ – зольный остаток организма человека;

ИСП-мс (ICP-ms)– масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

Кк – коэффициент концентрации;

ГОСТ – государственный отраслевой стандарт;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СНиП – строительные нормативы и правила.

Н.д – нет данных

1. Краткий обзор материалов по геохимии и минералогии человека

1.1.1 Элементный состав организма человека

Уже в древности люди понимали всю важность химических элементов для организма человека. Мышьяк и ртуть широко использовались для лечения многих болезней. В то же время люди осознали, что избыточное количество некоторых веществ ведет к летальному исходу для человека. Много лет назад были описаны основные симптомы отравления ртутью и дано название болезни – меркуриализм (по названию элемента). С античных времен известна и другая болезнь, связанная с токсическим действием свинца на организм человека – сатурнизм [1]. Отравление свинцом имело распространение в древние времена, так одной из причин гибели Римской империи считается отравление свинцом. Римляне широко пользовались свинцовыми предметами – посудой, водопроводом, а в найденных останках жителей Древнего Рима обнаружены высокие концентрации свинца [2].

Несмотря на эти факты, активное изучение роли определенных элементов для человека имело место уже в новое время. И если XIX век можно назвать началом современного этапа исследования микроэлементного состава организма человека, то XX – его расцветом.

В XIX веке некоторые врачи понимали взаимосвязь между содержанием такого элемента как йод в организме человека и эндемическим зобом, поэтому применяли йод для лечения данного заболевания. А в 1896 году ученый Е. Бауманн провел аналогию между пониженным содержанием йода в воде и почве территории и заболеваемостью эндемическим зобом. В 1912 году в работе Дж. Бертранда описана реакция организма человека на эссенциальные (жизненно необходимые) элементы. Он описывает несколько стадий данной реакции: летальный исход при полном отсутствии данного элемента в организме, болезнь при дефиците, нормальное состояние при оптимальном содержании в организме, болезнь при избытке и летальный исход при очень высоких концентрациях. В этой работе впервые прозвучал вывод о том, что есть пределы положительного влияния даже необходимых элементов на организм человека, то есть закон оптимума впервые был применен и для элементного состава организма человека [3].

В первой половине XX века копилка биогеохимии значительно пополнилась благодаря деятельности таких ученых как В. И. Вернадский и А. П. Виноградов.

В. И. Вернадский - основоположник учения о живом веществе, как никто другой понимал значение живых организмов для эволюции планеты. Он тесно связывал содержание химических элементов в земной коре с живым веществом, поэтому понимал необходимость изучения элементного состава биомассы планеты. В 1922 году В. И. Вернадский на своей

лекции «Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры» поставил два важнейших вопроса в изучении живого вещества:

- 1) из каких элементов состоит живое вещество
- 2) каков средний состав живого вещества.

В. И. Вернадский совместно с другими учеными активно занимался изучением данных вопросов. Совместно с различными институтами Вернадский вел работу по 4 основным направлениям в отношении живого вещества:

- 1) количественное определение химического элементного состава живого вещества,
- 2) проблема тождественности или различия смесей изотопов химических элементов в живом веществе по сравнению с изотопическими смесями химических элементов косной материи,
- 3) проблема определения геохимической энергии живого вещества – силы, с которой живое вещество подвергает миграции химические вещества в окружающей среде,
- 4) определение радиоактивных веществ в живом веществе.

Анализируя уже имеющиеся на тот момент данные, и, сочетая их со своими собственными исследованиями, В. И. Вернадский делает выводы о среднем составе живого вещества и организма человека в частности. К тому моменту в живом веществе найдено около 60 химических элементов, но ученый говорит о том, что ещё минимум 10 элементов (Br, Cs, Ga, In, J, Li, Rb, Sc, Ti, Y) будут найдены в живых организмах, так как эти элементы пронизывают абсолютно все оболочки нашей планеты. «В конце концов, большая часть химических элементов должна найтись – не случайно, а постоянно – в живом веществе» - писал в одной из своих статей В. И. Вернадский. В результате своих работ в статьях ученого появляются данные о среднем химическом составе живого вещества и организма человека в целом (Данные Р. Фолькмана с дополнением В. И. Вернадского)

Таблица 1.1 – Средний состав живого вещества и организма человека [4]

Декада	Содержание, вес %	Элементы в живом веществе	Элементы в организме человека
I	10	O, H	O(65,04), C(18,25), H(10,05)
II	10^0	C	N(2,65), Ca(1,4)
III	10^{-1}	P, Si, K, Ca, N	P($8 \cdot 10^{-1}$), K($2,7 \cdot 10^{-1}$), Na($2,6 \cdot 10^{-1}$), Cl($2,5 \cdot 10^{-1}$), S($2,1 \cdot 10^{-1}$),
IV	10^{-2}	S, Mg, Fe, Na, Cl, Al, P	Mg($4 \cdot 10^{-2}$), Fe($2 \cdot 10^{-2}$)
V	10^{-3}	Mn, B, Sr	Zn, Si
VI	10^{-4}	Cu, Ti, Zn, Li, Ba, Br	Al, Br, Cu, F, Mn
VII	10^{-5}	Ge, J, Ag, F, Rb, Sn,	As, J, B, Pb, Ti

		Ni, As, Ni, As, Mo, Co	
VIII	10^{-6}	Pb	
IX	10^{-7}	-	-
X	10^{-8}	Hg	-
XI	10^{-9}	Ag	-
XII	10^{-10}	Au	-
XIII	10^{-11}	Ra	-

Владимир Иванович считал, что главнейшая причина миграции химических элементов – деятельность живых организмов. Он определил и основные функции живого вещества, одной из которых является концентрационная функция I и II рода. Концентрационной функцией I рода ученый называл захват живыми организмами тех химических элементов, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов. К ним относятся: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe и некоторые другие элементы. Концентрационная функция II рода характеризует некоторые группы химических веществ, которые встречаются в одних организмах, а в других могут не встречаться. Примером такой функции являются организмы избирательно накапливающие определенные элементы: серные организмы, выделяющие самородную серу или богатые цинком организмы (содержание Zn - 1%), обитающие вокруг цинковых источников.

Нельзя не отметить, что именно В. И. Вернадский указал на тесную связь живого вещества с геохимическими условиями окружающей среды. Ученый в одной из своих статей обозначает новое направление науки – геохимическую экологию – науку о взаимоотношениях отдельных организмов, их популяций и биоценозов с геохимическими факторами естественной и техногенной среды обитания [4].

Велико значение трудов ученика В. И. Вернадского – Александра Павловича Виноградова. Являясь сторонником теории учителя, он не только подтвердил, но и расширил теорию В. И. Вернадского. Так А. П. Виноградов говорил о том, что в живом веществе содержатся все известные элементы таблицы Менделеева, а также их радиоактивные и нерадиоактивные изотопы. Кроме того, ученый пошел в своих выводах ещё дальше. Он утверждал, что существует связь не только между содержанием элемента в земной коре и живом веществе, но и связь между соединениями элементов и их содержанием в живом веществе. А. П. Виноградов увидел закономерность: при высоком содержании в земной коре титана, алюминия и кремния их содержание в живом веществе – относительно низкое. Он связал этот факт с труднорастворимостью соединений, в которых находятся данные элементы в большинстве случаев. С другой стороны, он отметил низкое содержание углерода, йода, фосфора, азота, кальция, калия, натрия в земной коре, но их высокое содержание в живом веществе, что является следствием высокой подвижности данных

элементов в биосфере. Таким образом, А. П. Виноградов сделал вывод: содержание элементов в земной коре прямо влияет на их содержание в биосфере, но с учетом растворимости их соединений. Так же, изучив при жизни большое количество различных организмов, ученый пришел к выводу, что химический состав во многом зависит от рода организма, его вида: «Химический состав организма – есть его признак: видовой, родовой и т.д.».

Нельзя обойти вниманием и тот факт, что А. П. Виноградов широко развивал учение о биогеохимических провинциях, предложенное В. И. Вернадским. Биогеохимические провинции – территории с определенными геохимическими условиями, характеризующимися повышенным или пониженным содержанием элементов во всех природных средах. Это значит, что живое вещество, обитающее на данной территории, также характеризуется пониженным или повышенным содержанием элементов [5].

Идея биогеохимических провинций легла в основу биогеохимического районирования территории СССР, во главе которого стоял В. В. Ковальский. Создание карты, на которой были отражены районы с избыточным или недостаточным содержанием некоторых элементов, позволяло корректировать состав еды, употребляемой сельскохозяйственными животными и людьми, а также выявить патологии, развивающиеся на фоне дефицита или переизбытка элементов.

В этом направлении значительны труды Биогехимической лаборатории СССР. В. Л. Сусликов и В.В. Ковальский провели работу по районированию территории СССР по содержанию кремния в почвах, горных породах, растениях, воздухе, природных водах, организмах млекопитающих, человеке. В кремниевом субрегионе авторы выявляют повышенную заболеваемость человека и сельскохозяйственных животных болезнями эндокринной, нервной систем, органов пищеварения, а также повышенным уровнем новообразований по сравнению с контрольными регионами. В том числе на данных территориях повышена заболеваемость хроническим нефритом, пиэлонефритом, уrolитазом и другими заболеваниями почек и мочевого пузыря, учащены случаи заболевания анацидным гастритом, пояснично-крестцовым радикулитом. Ученые делают вывод: данные болезни в определенной мере связаны с биогеохимическими особенностями кремниевого субрегиона. При этом установлена прямая связь между заболеваемостью населения эндемическим уrolитазом и содержанием кремния в питьевой воде [6].

На основе районирования территории СССР В. В. Ковальский создает карту биогеохимических провинций (рис. 1)

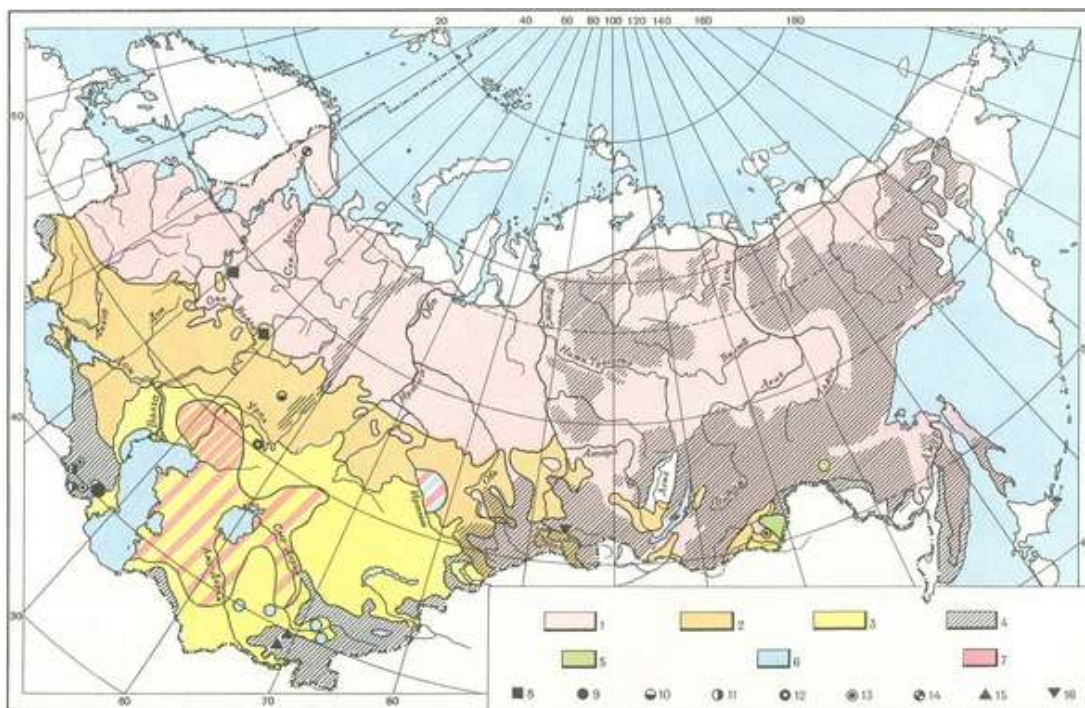


Рисунок 1.1 – Схематическая карта биогеохимического районирования СССР. (Составил В. В. Ковальский.)

Зоны: 1 - таежно-лесная нечерноземная; 2 – лесостепная и степная черноземные; 3 – сухостепная, пустынная и полупустынная; 4 – горные; зональные биогеохимические провинции: 5 – обогащенные Sr, бедные Ca; 6 – бедные Cu, богатые Mo и сульфитами; 7 – богатые B; 8 – бедные J и Co; аazonальные биогеохимические и (некоторые горные) провинции: 9 – богатые Co; 10 – богатые Cu; 11 – богатые Mo; 12 – богатые Ni; 13 – богатые Pb; 14 – богатые F; 15 – богатые Ca и Sr; 16 – богатые Se [7].

Ученый разделил территорию СССР на несколько зон и определил биологические реакции, которые выражаются в избытке или недостатке определенных элементов. Таежно-лесная нечерноземная зона (№1 в условных обозначениях) характеризуется недостатком Ca, P, K, Co, Cu, J, B, достатком Mn, Zn, относительным избытком Sr. По всей территории встречаются территории с недостатком кобальта (среди животных распространен акабальтоз, гипо-, авитаминоз витамина B12), меди (эндемические анемии), йода (эндемический зоб у животных и людей), кальция и фосфора (заболевания костно-суставной системы), меди и кобальта, с избытком стронция, но недостатком кальция (нарушение формирования костной ткани, урсовская болезнь). Лесостепная и степная черноземная зоны (№2) характеризуются достатком Ca, Co, Cu, I, недостатком K, Mn часто P.

Зона №2 характеризуется как лесостепная и степная черноземная. Основные реакции определяются достатком таких элементов как Co, Ca, Cu, J, недостатком K, Mn, P. На некоторых участках у животных встречается увеличение щитовидной железы и эндемический зоб.

Зона № 3 - сухостепная, пустынная и полупустынная зона – характеризуется избытком сульфатов, бора, нитритов, иногда молибдена, недостатком марганца и меди. В зоне распространены несколько провинций: а) провинции с достатком меди, молибдена, сульфатов (понижена активность окислительных ферментов ЦНС, имеются нарушения координации движений, распространены параличи и судороги у сельскохозяйственных животных); б) с достатком бора (нарушен метаболизм бора в почках, часто наблюдаются пневмонии у сельскохозяйственных животных); в) провинции с достатком нитритов (повышенное количество метгемоглобина, окисленной формы гемоглобина, в крови.)

Зона № 4 – горные территории, характеризующиеся разнообразными биологическими реакциями, связанными с концентрациями различных химических элементов. Имеются провинции с недостатком следующих элементов: J, Co и др. Биологические реакции проявляются в заболевании эндемическим зобом, недостатком витамина B12 у человека и сельскохозяйственных животных.

На карте также представлены и азональные провинции: 1) богатые Co (повышен синтез витамина B12) 2) с избытком меди (анемия у животных), 3) с избытком молибдена (ведет к увеличению содержания мочевой кислоты в моче и крови, отравление медью у животных), 4) с избытком никеля (сопровождается образованием отложений Ni в эпидермисе, рогах глаза, сопровождающиеся заболеванием глаз у животных), 5) с избытком свинца (заболевания нервной системы, наличие свинца в организме человека и животных), 6) с избытком фтора (сопровождается нарушением процессов образования костей, зубов, наблюдаются деформации костей, флюороз у животных и человека), 7) с достатком кальция и стронция (повышено содержание Sr в костной ткани, распространены рахиты), 8) с избытком селена (повышено содержание данных элементов в тканях животных, анемии, гепатиты, нефрозы у животных), 9) с пониженным содержанием фтора (кариес у человека и животных), 10) с недостатком марганца [7].

Вторая половина XX века характеризуется появлением новых, современных методов анализа, поэтому количество исследований, связанных с микроэлементами в организме человека, значительно увеличилось.

В 1985 году В. Мертц относит к числу эссенциальных для организма человека такие элементы как хром, железо, медь, цинк, селен, молибден, кадмий, йод, ртуть, свинец. Это те элементы, дефицит или переизбыток которых имеет практическое значение для здоровья человека. Нужно отметить, что в этот список вошли элементы, которые ранее считались высокотоксичными для человека. Эти данные подтверждаются рядом других исследователей. В 1987 году П. И. Аджетт также публикует свой список элементов, необходимых для нормального функционирования организма человека. Он отчасти

соотносится с вышеописанными данными, в список ученого входят: железо, хром, цинк, медь, марганец, селен, молибден, йод, кобальт. Чуть ранее Е. Фрайден говорит о том, что в число элементов, стимулирующих рост и выживаемость организма животных, входят литий, титан, галлий, германий, рубидий, циркон, сурьма, барий, золото, ртуть [3].

Кроме того, во второй половине XX века исследователи уделяли большое внимание элементному составу отдельных органов и тканей человека. Изучая химический состав обезжиренной кости человека Ф. Бетс в 1981 году пришли к выводу, что она состоит из кальция, фосфора, натрия, магния, хлора, углерода, кислорода, калия и фтора [1]. Содержание данных элементов представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав сухой обезжиренной кости человека по данным Ф. Бетса, 1981 г. [1]

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Ca	24	Mg	0,3
P	11,2	Cl	0,01
CO ₂	3,9	K	0,2
Na	0,5	F	0,5

Также А. А. Кораго был изучен элементный состав сухой зубной эмали, которая наряду с фосфором и кальцием, содержит большое количество других элементов (таблица 1.3) [1].

Таблица 1.3 – Химический состав сухой эмали человека по данным А. А. Кораго [1].

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Ca	33,6-39,4	Mg	0,25-0,56	Fe	$(8-218) \cdot 10^{-4}$
P	16,1-18,0	Cl	0,19-0,3	Zn	$(152-277) \cdot 10^{-4}$
CO ₂	1,95-3,66	K	0,05-0,3	Cu	$(10-100) \cdot 10^{-4}$
Na	0,25-0,9	F	0,05-0,5	Mn	$(0-18) \cdot 10^{-4}$

Кроме того, вскоре было установлено, что элементный состав органов и тканей в значительной степени зависит не только от экологической обстановки, но и от болезней человека. Так Г.Н. Авакян установил изменения содержаний микропримесей в межпозвоночном диске человека. Он установил содержание 15 элементов в межпозвоночном диске и отметил, что при заболевании остеохондрозом возрастает содержание Sr, Al, Si, Ti, Mg, Cu, Mn, происходит снижение содержания Cr, P, Fe, Zn при неизменности Li, Na, K, Ca [1].

Одну из наиболее полных оценок содержания элементов в организме человека провел Дж. Эмсли в 80-х годах 20 века (таблица 1.4). Автор приводит содержание 59

элементов [8], однако, содержание некоторых из них опровергнуто дальнейшими исследованиями и отличается малой точностью. Для сравнения также приводятся содержание элементов в костной ткани человека по данным различных авторов [9]

Таблица 1.4 – Содержание элементов в костной ткани и в организме человека [8, 9]

Элемент	Содержание в организме человека при 70 кг (мг) [8]	Содержание в костной ткани (%) [9]
H	7 кг	-
Li	7	-
Be	0,036	$3 \cdot 10^{-7}$
B	18	$(1.1-3.3)10^{-4}$
C	16кг	36
N	1,8 кг	4.3
O	43 кг	28,5
F	2600	0.2-1.2
Na	100000	1
Mg	19000	$(7-17) \cdot 10^{-2}$
Al	61	$(4-27) \cdot 10^{-4}$
Si	1000	$17 \cdot 10^{-4}$
P	780000	6,7-7,1
Cl	95000	0.09
K	140000	0,21
Ca	1(кг)	17
Sc	0,2	$1 \cdot 10^{-7}$
Ti	20	Н.д
V	0,11	$35 \cdot 10^{-8}$
Cr	14	$(0,1-33) \cdot 10^{-4}$
Mn	12	$(0.2-100) \cdot 10^{-4}$
Fe	4200	$(0,03-3,8)10^{-2}$
Co	3	$(0,01-0,04) \cdot 10^{-4}$
Ni	15	$<0.7 \cdot 10^{-4}$
Cu	72	$(1-26) \cdot 10^{-4}$
Zn	2300	$(0.75-1.7) \cdot 10^{-2}$
As	7	$(0.08-1.6) \cdot 10^{-4}$
Se	15	$(1-9) \cdot 10^{-4}$
Br	260	$6.7 \cdot 10^{-4}$
Rb	680	$(0,1-5) \cdot 10^{-4}$
Sr	320	$(0,36-1,4) \cdot 10^{-2}$
Y	0,6	$7 \cdot 10^{-6}$
Zr	1	$<10^{-5}$
Nb	1,5	$7 \cdot 10^{-6}$
Mo	5	$<7 \cdot 10^{-5}$
Tc	0	0
Ag	2	$(0.01-0.44)10^{-4}$
Cd	50	$1.8 \cdot 10^{-4}$
Sn	20	Н.д
Sb	2	$(0.1-6) \cdot 10^{-5}$
I	12-20	$2,7 \cdot 10^{-5}$

Cs	6	$(13-52) \cdot 10^{-7}$
Ba	22	$(3-70) \cdot 10^{-4}$
La	0.8	$< 8 \cdot 10^{-8}$
Ce	40	Н.д
Ta	0,2	$3 \cdot 10^{-6}$
W	0,02	$25 \cdot 10^{-9}$
Au	0,2	$0.016 \cdot 10^{-4}$
Hg	6	$0.45 \cdot 10^{-4}$
Tl	0,5	$2 \cdot 10^{-7}$
Pb	120	$(3.6-30) \cdot 10^{-4}$
Bi	0,5	$< 2 \cdot 10^{-5}$
Ra	$31 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-13}$
Th	0,1	Н.д
U	0,1	Н.д

Таким образом, в 19-21 веке появилось множество работ по элементному составу организма человека различной направленности. Однако, работы по исследованию элементного состава организма человека в целом до сих пор единичны и не обладают данными по содержанию многих химических элементов, в том числе редкоземельных.

1.1.2 Радиоактивные элементы в организме человека

Оцененное содержание элементов в живом веществе (кларк живого вещества), говорит о том, что содержание урана в биосфере находится на уровне $8 \cdot 10^{-7}$ (г/т), а содержание радия на уровне $n \cdot 10^{-12}$ (г/т). Впервые о накоплении радиоактивных элементов в организме человека говорил В. И. Вернадский. На основе данных Р. Фолькмана он составил таблицу среднего состава организма человека (табл. 1.1), в котором оценил содержание радия на уровне 10^{-11} [4].

Скоблин А. П. и Белоус А. М. в середине 20 века проводили исследование содержания химических элементов в костной ткани человека. Исследователи показали, что радиоактивные и редкоземельные элементы, а также большинство элементов, образующихся при расщеплении ядерного материала, являются остеофилами (имеют тенденцию к накоплению в костной ткани). Однако обмен и распределение радиоактивных элементов в организме человека зависит от пути их введения, количества носителя, химического соединения, в котором они поступают в организм, валентности и т.д. Металлы, в зависимости от валентности, образуют прочные или легкосвязанные биок комплексы в костной и других тканях. Такие элементы как U^{6+} , Pu^{6+} , Sr^{90} , Sr^{89} , Ba^{131} , Ca^{45} , Ca^{47} , Ra^{226} , Y^{90} и некоторые другие полностью откладываются в костях. По отношению к костной ткани радий является высокотоксичным элементом. Кроме того, многочисленные эксперименты показали, что гибель остеоцитов (клеток костной ткани) от воздействия радия является результатом нарушения кровоснабжения костей, а не результатом прямого поражающего

действия α -частиц. Радий при попадании внутрь организма может накопиться в скелете и частично поражать сосуды. При этом образуются большие полости и атипичные остеоны (трубочки, которые формируют стенки костей), что может вызвать спонтанный перелом кости. Исследователи указывают на то, что имеются данные (Rowland и др.) о повышении минерализации гаверсовых каналов (трубчатых полостей внутри кости), минеральных лакун, а также об истончении коркового слоя кости у людей, имевших 20-летний контакт с радием. А систематическое введение повышенных доз радия в организм человека вызывает образование сарком костей.

Другие радиоактивные элементы по мнению авторов также являются остеофильными. Кроме того, прочность их комплексов также зависит от многих факторов. Например, при соединении трансурановых элементов в организме человека с фосфором и жирными кислотами всасываемость таких комплексов снижалась. Однако, комплексные соединения, образованные в организме человека трансуранидами, длительное время удерживались в скелете. Валентность также имеет значение при распределении радиоактивных элементов в организме человека. Например, Pu^{6+} , всасывается быстрее, чем Pu^{4+} . Такие элементы как U^{6+} , Pu^{6+} , Sr^{90-89} , полностью откладываются в скелете человека, а Pu^{4+} откладывается в скелете только частично на 25-60%. Cm, Am в основном адсорбируются в печени, а Po примерно одинаково во всех органах.

Радиоактивный изотоп церия-144 по данным ряда исследователей быстро проникает в костную ткань и свыше 90% его откладывается в коллагеновой фракции кости. На выделение церия из кости хороший эффект оказывает тринатрийкальциевая соль диэтилентриаминопентауксусной кислоты [10].

Т. Н. Рыскина в 1960 году установила, что при внутривенном введении Pu-239 40% оказывается в скелете и 30% в печени. При этом плутоний довольно быстро связывается с белками костной ткани. По данным Цевелевой И. А. плутоний связан в основном с коллагеновой фракцией кости. При этом при поступлении в организм плутоний сначала попадает в печень, а затем переходит в костную ткань. В настоящее время большинство исследований утверждает, что плутоний при введении в организм человека в основном откладывается в костной ткани. А главным местом отложения плутония является поверхностный слой кости, в то время как в её толще количество данного элемента оказывается незначительным. Это указывает на то, что плутоний, прежде всего, локализуется в остеогенных зонах и оказывает повреждающее действие на клеточные элементы кости, обеспечивающие нормальные процессы окостенения [10].

Костная ткань – единственная длительно удерживающая уран. Концентрируется этот металл в основном в компактной и губчатой кости. При этом костный мозг уран не

поглощает. Находящийся в минеральном компоненте кости уран не подвержен миграции и стабильно удерживается в местах оседания. Считают, что уран фиксирован в кости на поверхности кристаллов апатита и конкурирует с кальцием за определенные химические группировки на поверхности кристаллов. Частично уран, по-видимому, связан и с белковыми компонентами кости. В случае освобождения урана из связей с белком и кристаллами апатита он в ионной форме может проникать в остеобласты и вызывать изменения в вязкости протоплазмы, осаждение белков и т.д. По данным большинства авторов шестивалентные соединения урана являются ферментным ингибитором. Благоприятный эффект на выведение урана из скелета оказывает лимонная кислота, комплексные типы соединения типа уранил-цитрат, легко выводимые из организма, а также карбонаты и бикарбонаты [10].

Что касается воздействия тория, то по данным некоторых исследователей он не оказывает определенного влияния на обмен веществ у высших животных. При введении радиоактивного тория микроэлемент накапливается в крови, после чего проникает в скелет, где около 80% этого изотопа длительно удерживается. Отмечается очень медленный обмен тория в костях, напоминающий по своему характеру обмен плутония-239. Таким образом, для тория характерно диффузионное распределение в кости. Этот элемент, как и плутоний, вовлекается в обменные процессы кости и оказывает повреждающее действие на клеточные элементы [10].

Америций – один из остеофильных элементов, который, проникнув в костную ткань, не выводится из неё совершенно на протяжении года. Am^{241} в кости отлагается, в первую очередь, в периостате, эндостате и вдоль малых сосудов.

Наиболее изучаемым радиоактивным изотопом в настоящее время является стронций -90. Содержание данного изотопа обязательно для изучения в местах воздействия АЭС. Для человека период полувыведения изотопа Sr^{90} составляет 90-154 суток. От депонированного в костной ткани стронция-90 страдает, в первую очередь, красный костный мозг - основная кроветворная ткань, которая к тому же очень радиочувствительная. От стронция-90, накопленного в тазовых костях, облучаются генеративные ткани. Поэтому для этого радионуклида установлены низкие ПДК — примерно в 100 раз ниже, чем для цезия-137. В организм стронций-90 поступает только с пищей и водой, причем в кишечнике всасывается до 20% от его поступления. Наибольшее содержание этого радионуклида в костной ткани жителей северного полушария было зафиксировано в 1963-1965 гг. Тогда этот скачок был вызван глобальными выпадениями радиоактивных осадков от интенсивных испытаний ядерного оружия в атмосфере в 1961-1962 гг [10].

Таким образом, наиболее опасные элементы (Pu , Sr^{90} , Sr^{89} , C^{14}) накапливаются как в минеральном компоненте костей, так и в остеогенных клеточных элементах, оказывая на них прямое повреждающее действие.

Ещё один наиболее изучаемый радиоактивный изотоп цезий -137 является отходом атомной промышленности. В организм животных и человека Cs^{137} проникает в основном через органы дыхания и пищеварения. Растворимый Cs^{137} в кишечнике и легких всасывается практически полностью, однако у жвачных животных этому препятствуют содержащиеся в корме клетчатка и калий. Независимо от пути поступления около 80% Cs^{137} накапливается в мышцах, 8% - в скелете и остальная часть относительно равномерно распределяется в других тканях [11]. Из организма матери изотоп цезия-137 проникает через плаценту в плод, причем, чем старше эмбрион, тем в больших количествах нуклид накапливается в его органах и тканях. В условиях постоянного поступления цезий накапливается в органах и тканях до определенного предела. Вначале процесс протекает интенсивно, затем постепенно затухает, и наступает равновесное состояние, когда, несмотря на присутствие нуклида в окружающей среде, его содержание в организме остается постоянным. Время достижения такой стабилизации зависит от возраста. У человека радиоактивный цезий накапливается в организме и в мышечной ткани, в частности, в пропорции 94:68, а равновесное состояние устанавливается через 431 сутки [10].

Обобщенные данные по распределению радиоактивных элементов и изотопов по органам и тканям человека [10, 11] представлено на рисунке 1.2.

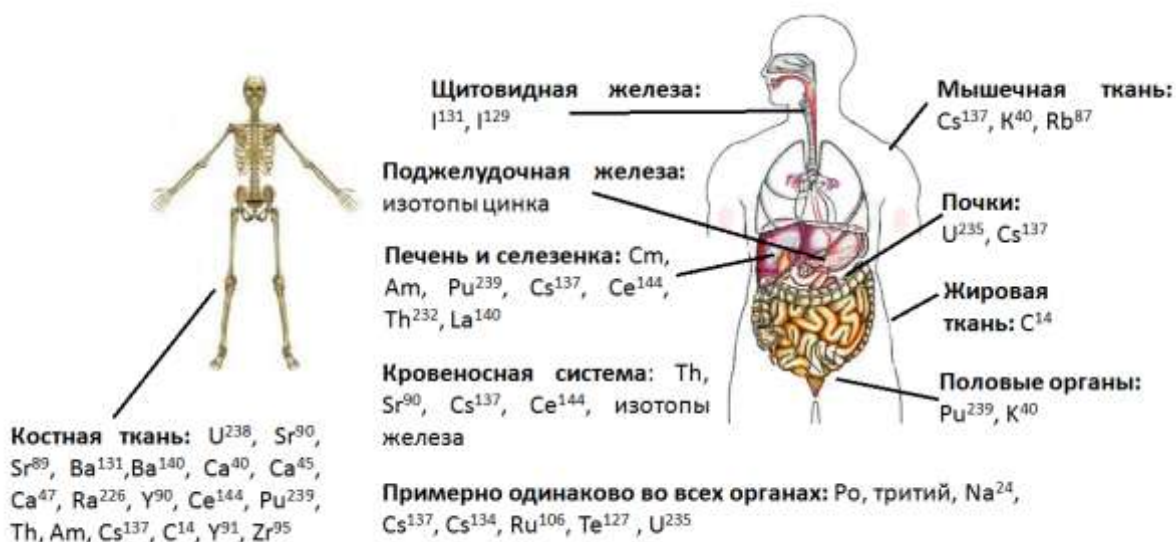


Рисунок 1.2 – Распределение радиоактивных элементов и изотопов по органам и тканям человека

1.1.3 Элементный состав организма человека как индикатор экологической обстановки

Одним из индикаторов геохимической обстановки территории стали волосы человека. Впервые Л. И. Жук (1987) и А. А. Кист (1990) отметили и стали использовать способность волос быть высокогенерализованной системой, использование которой позволяет оценивать экологическое состояние и проводить районирование больших территорий геохимическими методами [13]. В 1988 году В. А. Бацевич проанализировал волосы на содержание микроэлементов с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа. Отбор проб производился у населения, проживающего в таких областях, где отсутствовало техногенное влияние. При этом установлено, что в биогеохимических провинциях с дефицитом или переизбытком микроэлементов наблюдаются соответственные пониженные или повышенные значения концентраций элементов в волосах [3].

Одними из часто используемых индикаторов экологической обстановки являются почечные камни. Зачастую исследователи связывают состав уrolитов с составом окружающей среды, а также заболеваемостью. Коллективом авторов под руководством Э. В. Сокол была установлена взаимосвязь между составом почечных камней и территорией проживания пациентов. Так почечные камни жителей металлургических районов отличаются повышенным накоплением Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni – металлов, задействованных в производстве продукции черной металлургии и ферросплавов. Предприятия угледобычи и теплоэнергетики узнаются по присутствию в камнях типоморфного элемента челябинских углей – галлия. При этом учеными установлено, что города, специализирующиеся на добыче и переработке Zn, Ni, Cu, Pb, а также Cd, Hg, As и Ag не выделяются по содержанию данных элементов в нефролитах [13]. Э. В. Сокол и др. также обнаружили в составе изучаемого камня металлическую стружку, сферулы металлического хрома, частицы Si-Fe сплавов, абразивного материала (Cr_2O_3), а также пластмасс. Примечательно, что данный камень принадлежал пациенту, который 20 лет проработал токарем-универсалом, и занимался металлообработкой специальных сплавов и сталей [14]. Таким образом, почечные камни являются хорошим индикатором экологической обстановки окружающей среды. В настоящее время для данных целей активно используются не только уrolиты и волосы, но и кровь, плазма крови, а также различные органы и ткани и ткани человека.

1.2 Минералогический состав организма человека

Во время того, как наука стала заниматься изучением элементного состава организма человека, его органов и тканей, возник закономерный вопрос: в каких формах и соединениях находятся данные элементы в организме человека. Этот вопрос привел к формированию и развитию нового направления в науке – биологической минералогии или биоминералогии. Биоминералогия – это наука, занимающаяся изучением объектов, созданных живым организмом или при участии живого организма и состоящих из органического и минерального вещества. Этот термин впервые появился в работах зарубежного ученого Д. Мак-Коннела в 1973 году [15]. В советской литературе термин «биоминералогия» появился несколько позже в работе А. А. Кораго “Жемчуг северо-запада СССР” (1976 год) [16]. Но в отличие от термина данное направление развилось гораздо раньше. Так, например, в древности люди уже пытались лечить и удалять мочевые камни, так называемые уролиты, из организма человека, а первые лекари изучали воздействие минералов на организм человека и его здоровье, что в последующем переродилось в новое направление медицины – врачебную или медицинскую минералогию. Тем не менее, основная масса работ по биоминералогии была выполнена во второй половине XX века. В 1972 в ФРГ была создана первая в мире группа по изучению биоминерализации, которая занималась вопросами образования минеральных агрегатов в организме человека (кости и зубы человека, а также слабо минерализованные образования эпидермиса), животных и в растениях. Со временем данное направление стало развиваться во многих странах: в Японии (К. Вада, Н. Ватабе, Ю. Ямада, Е. Ербер и др.), США (Д. Мак-Коннел, М. Креншоу и др.), Швеции (Х. Мутвеи) и т.д. В СССР к этому времени появилась первая биоминералогическая диссертация А. К. Полиенко о строении и составе мочевых камней. Ранее известный советский минеролог В. Я. Самойлов подошел к изучению минералогии биолитов в организме человека [17]. Таким образом, в XX веке было накоплено большое количество информации о форме, составе и строении минералогических агрегатов в организме животных и растений, а также человека. Появившаяся необходимость в систематизации данных в 1992 году вылилась в первое сборное издание «Введение в биоминералогию» А. А. Кораго, где автор показал результаты не только своих, но и многих зарубежных исследований [1].

В целом, объектом изучения биоминералогии являются органо-минеральные агрегаты различного происхождения: ортобиогенные, метабиогенные и тафобиогенные. С организмом человека связаны непосредственно ортобиогенные органо-минеральные агрегаты – агрегаты, образующиеся в живом организме. Их принято делить на физиогенные

и патогенные. Физиогенные минеральные агрегаты являются естественным образованием в организме человека (кости, зубы и т.д.), в отличие от патогенных, которые образуются в результате сбоя работы какой-либо системы организма, то есть в результате болезней (желчные и мочевые камни, отложения солей на стенках сосудов и т.д.).

В конце XX века объектом изучения минералогии человека были такие органо-минеральные агрегаты, как кости и зубы, зубные камни, ушные камни и уролиты.

Проводя исследования минеральной составляющей кости человека, А.А. Кораго приводит данные, что основную роль в неорганической составляющей костной ткани играют фосфаты кальция – гидроксилапатит с примесью карбонатов. Автор, в то же время, поясняет, что минералы в организме человека должны рассматриваться как подвижные системы, постоянно меняющие свой состав в зависимости от различных условий. Так и гидроксилапатит может содержать различные изоморфные примеси. Например, карбонат-ион может замещаться комбинацией гидроксил-иона и фосфат-иона, а также могут присутствовать фтор, хлор, магний, который в некоторых случаях замещается кальцием. В более молодой костной ткани имеет место дефицит ионов Ca^{2+} и OH^- , с возрастом состав минералов костной ткани приближается к формуле совершенного гидроксилапатита, но никогда не достигает её. Формула костного минерала – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})(\text{CO}_3)$. Именно этот минерал является в кости основным и сохраняется на протяжении всей жизни. Наряду с кристаллической фазой, в кости присутствует также и аморфный фосфат кальция, содержание которого также меняется с возрастом [1].

Морфология кристаллов кристаллического и аморфного фосфата кальция на конец XX века изучена слабо. По данным Ньюман У. Ф. кристаллический гидроксилапатит образует мельчайшие кристаллики в виде палочек или пластинок размером от 20×3 до 20×7 нм и массой $2,5 \times 10^{-6}$ г. Размеры и форма кристаллов зависят от многих факторов: способа измерения, возраста, здоровья человека и т.д. По данным электронной микроскопии форма аморфной фазы гидроксилапатита имеет вид овалов или кругов диаметром 5-20 нм.

Как уже говорилось выше, состав и строение костных минералов зависит от многих факторов: так, например, при длительном постельном режиме или определенных заболеваниях из кости вымывается кальций. С возрастом костная ткань становится более минерализованной за счет появления новых кристалликов, замещающих органическую часть костной ткани (коллаген) или в результате разрастания имеющихся кристаллов гидроксилапатита. При этом содержание воды в костной ткани также уменьшается. Кроме того, в исследованиях Беттс Ф., Поснера А. Ф. и др. отмечается, что с возрастом повышается совершенство формы кристаллов и увеличивается соотношение кристаллического/аморфного фосфата кальция. В раннем возрасте в кости преобладает

аморфный гидроксилапатит, а в более зрелом возрасте это соотношение изменяется в сторону кристаллического гидроксилапатита. С этим фактом, вероятно, связано уменьшение прочности кости: аморфная часть имеет большую растворимость, чем кристаллическая и, таким образом, реагирует на все изменения в организме, отдавая Са в кровь при его недостатке [1].

Кроме того, Кораго А.А. изучал минеральный состав зубов человека: зубную эмаль и дентин – минерализованную ткань зуба. В своих работах он пишет, что эмаль зуба – наиболее минерализованная ткань организма человека, поэтому она обладает устойчивостью к воздействию различных факторов, как физических, так и химических. Зубы человека, как и кости, состоят из органической и неорганической части. Неорганическая часть зуба в основном представлена фосфором и кальцием. С помощью рентгеноструктурного анализа был выяснено, что минеральную часть зубной эмали человека также составляет гидроксилапатит. В эмали этот минерал, в отличие от кости хорошо окристаллизован. Кристаллы гидроксилапатита представляют собой уплощенные гексагоны, длиной от 0,1 до 5 нм и больше, толщина кристаллов – около 30 нм. Наряду с минеральным составом был определен и элементный состав эмали зуба, причем выявленные колебания в содержании элементов указывают на то, что апатитовая решетка эмали представляет собой минеральный каркас, внутри которого возникают разнообразные композиции ионов-примесей. При этом примеси по-разному влияют на эмаль зуба, так ион фтора увеличивает стабильность гидроксилапатита, а ионы Cl^{-2} , CO_3^{2-} , наоборот, её уменьшают. В зубной эмали присутствуют и другие кристаллические фазы, возникающие в основном в результате каких-либо болезней при понижении pH: витлокит ($\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_3\text{OH})(\text{PO}_4)_6$), брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), октокальцийфосфат ($\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) – при кариозном процессе и в зубных камнях. Кроме того, по данным Робертсона В. Г. (1982г.) отмечены и фазовые превращения в эмали с возрастом человека в следующей последовательности: β -трикальцийфосфатдигидрат – октокальцийфосфат - β -трикальцийфосфат – гидроксилапатит, последний фиксируется в зубной эмали взрослого человека [1].

Наряду с физиогенными в ротовой полости образуются и патогенные ОМА – зубные и слюнные камни. По данным О.А. Головановой слюнные камни, образованные в области слюнной железы имеют округлую форму с неровной поверхностью, а те, которые образовались в протоке железы – продолговатую. Основными минералами слюнных и зубных камней являются фосфаты кальция, самый распространенный из которых апатит, но встречается также брушит, октокальций фосфат, витлокит. Апатит в зубных камнях плохо окристаллизован. Известны случаи присутствия в камнях оксалатов и карбонатов кальция.

Сравнение ОМА патогенного и физиогенного генезиса – эмаль, дентин с зубными и слюнными камнями – показывает, что камни имеют более разнообразный состав [18].

Одним из наименее известных физиогенных органо-минеральных агрегатов человека являются ушные камни. У позвоночных оолиты (ушные камни) и ушная пыль образуются в перепончатом лабиринте внутреннего уха и участвуют в процессе рецепции линейных ускорений и звука. У человека имеется только два отолитовых органа – утрикулус и саккулус. В основном данные агрегаты представлены аморфным кальциевым фосфатом, арагонитом, кальцитом и фатеритом [1].

Среди патогенных органо-минеральных агрегатов большое внимание уделялось и до сих пор уделяется мочевым камням (уролитам). Как показали множественные исследования в строении камней обнаруживаются самые различные минералы. Наиболее полную классификацию представили в 1976 году Ю. Г. Единый, В. С. Дзюрак и А. Г. Свешников. Ученые на основе собственных исследований (106 проб), а также ранее проведенных исследований дают список из 19 минералов, этот список дополнен данными Ю. Г. Козловского 1973 года и Парсонса 1953 года, а также А. К. Полиенко (Таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Минеральный состав уролитов по данным Ю. Г. Единый, В. С. Дзюрак и А. Г. Свешникова, Ю. Г. Козловского, А. К. Полиенко, Парсонса [1, 19]

Название, принятое в медицине	Химическое название	Минералогическое название	Химическая формула
Оксолаты	Оксолат Са моногидрат Оксолат Са дигидрат	Уэвеллит Уэдделлит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Фосфаты	Фосфат Mg и NH_4 гексагидрат Фосфат Са основной Сложный карбонат фосфата Са Кислый фосфат Mg трехводный Кислый фосфат Са двухводный Трехкальциевый фосфат	Струвит Гидроксилапатит Карбонат-апатит Ньюбериит Брушит Витлокит	$(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_2)$ $\text{Mg}(\text{PO}_3\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}(\text{PO}_3\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_3\text{OH})(\text{PO}_4)_6$
Карбонаты	Карбонат Са	Фатерит	CaCO_3
Оксиды	Преимущественно железистые	Магнетит Гематит Гётит Лепидокрокит	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ Fe_2O_3 $\text{FeO}(\text{OH})$ $\text{FeO}(\text{OH})$
Ураты	Мочевая кислота Мочекислый дегитрат Аммонийурат Натрийурат моногидрат Кальцийурат дегидрат	-	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4(\text{NH}_4)_2$ $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Na}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Органические камни	Ксантин Гипоксантин Цистин	-	$C_2H_4N_4O_2$ $C_5H_4N_4O$ $SCH_2CH(NH_2)COOH$
--------------------	----------------------------------	---	---

С помощью рентгеноструктурного и оптического анализа (SutorD. 1968г.), а также электронной микроскопии (Полиенко А. К., 1985) была изучена морфология кристаллов наиболее часто встречающихся минералов [19].

Уэвеллит встречается чаще всего в виде дипирамидальных, стреловидных кристаллов, размером до 20-100 мкм или в виде пластинок. Уэдделит – в виде сферолитов, хорошо улощенных дипирамидальных конвертообразных кристаллов, размером до 2 мм. Уэдделит нестабилен и со временем превращается в уэвеллит. Струвит встречается в виде изометричных и игольчатых кристаллов призматического габитуса длиной 50-200 мкм. Апатит в мочевых камнях редко встречается в кристаллах, чаще как криптокристаллический минерал (коллофан) или как гелеобразные шароподобные агрегаты диаметром 1-2 мкм. Если встречается в виде кристаллов – то представляет собой тончайшие пластинки или игольчатые кристаллы. Витлокит встречается в виде тонких дисковидных кристаллов, которые при разрастании дают бесформенные спутано-волокнистые агрегаты. Брушит представлен в уролитах столбчатыми кристаллами, разрастающимися по радиусам, а ньюберит – мельчайшими звездчатыми агрегатами, состоящими из тончайших игл [19].

Кроме того, коллективом авторов (Ю. Г. Единый, В. С. Дзюрак и А. Г. Свешников) установлены закономерности изменения минерального состава камней образовавшихся до операции по их извлечению и после операции: оксалаты рецидивируют со временем в оксалаты и фосфаты (струвит), ураты – в ураты и фосфаты, фосфаты – только в фосфаты. Таким образом, трансформация состава камней является результатом изменения условий в организме до операции и после неё (изменение pH мочи, инфекция и т.д.), а отсутствие трансформации результатом сохранения условий, предшествующих операции.

Также одним из объектов изучения биоминералогии являются такие патогенные минеральные агрегаты как желчные камни. Желчные камни образуются в протоках, которыми желчный пузырь соединен с печенью. Однако, в желчных камнях большую роль играет органическая составляющая (холестерин), поэтому исследование химического состава желчных камней в основном показывает органические соединения в их составе. Из неорганических соединений в желчных камнях встречались такие минералы, как фатерит, арагонит, кальцит, карбонатапатит, гидроксилапатит, хлорит натрия (галит), витлокит и аморфное вещество [1].

Наименее изученными органо-минеральными агрегатами паталогической природы являются отложения минералов в сосудах, сердце, легких, мышцах, опухолях, мозге, глазах. Изучением данных формирований в XX веке занимался Павликовский М [1].

Минеральные отложения в сосудах (артериях) или ангиолиты представлены неправильными пластинчатыми массами. Кристаллы столбчатой, реже игольчатой формы подобны абиогенным кристаллам апатита. По данным SellS, ScullyR. E. (1965г.) отложения сложены гидроксилapatитом. Причем авторы утверждают, что минерализация сосудов широко распространена и увеличивается с возрастом.

Минеральные образования в сердце человека (кардиолиты) образуются не только в клапанах сердца, но и поблизости от них. Данные образования представлены различной формой, иногда сферической. По данным М. Павликовского рентгеноструктурным анализом установлено, что скопления представлены слабо раскристаллизованным апатитом, возможно с примесью карбонат – иона [1].

Значительно расширили знания о минералообразовании в тканях кардиоваскулярной системы Л. М. Ламанова и Н. Н. Борозновская. Изучая кальцинированные и некальцинированные ткани кардиоваскулярной системы (клапаны, коронарные сосуды, ткани миокарда, перикарда, эпикарда и др.) людей с заболеваниями сердечнососудистой системы, они обнаружили следующие минералы: зерна оксидов железа (магнетит, гематит), хрома, титана, гидроксилapatит (с примесями ионов Mg^{2+} , Na^{+} , Sr^{2+} , CO_3^{2-} , HPO_4^{2-} в кристаллической решетке), а также кварц, опал и кальцит. Причем, в тканях с выраженной кальцинацией понижено содержание многих элементов, таких как хром, ванадий, железо и т.д., что может быть связано с ухудшением метаболизма в таких тканях [20, 21].

Органо-минеральные образования в легких человека (пульмолиты) обычно связаны с болезнями или запыленностью окружающей среды. Зачастую такие образования имеют вид мелких шариков, рассеянных в органической ткани. В состав камней входит апатит с примесью группы CO_3^{2-} , возможно присутствие кальцита. Особенно известны минеральные частицы кварца (SiO_2), попадающие в легкие людей и являющиеся причиной силикоза [1].

В организме человека также известны минеральные отложения в мышцах (внескелетные образования) похожие на кость. Спектрометрический анализ показал, что данные образования сложены апатитом, но с большим количеством группы CO_3^{2-} , а также водным фосфатом кальция [1].

Зерна минеральных образований в злокачественных опухолях (туморолиты) впервые обнаружены М. Павликовским в саркоме соединительной ткани. Зерна сложены апатитом, возможно кальцитом. Такие же зерна обнаружены в опухолях кожи и в лимфатических узлах [1].

Особое минеральное образование в мозге человека – мозговой песок – скорее всего, относится к физиогенным органо-минеральным агрегатам, значение которых для человека до сих пор не выяснено. Мозговой песок представляет собой микроскопические зерна апатита в

эпифизе мозга человека и животных. Наличие таких зерен – нормальное явление, которое возникает ещё у эмбриона. Количество данных агрегатов увеличивается с возрастом [1].

Одним из наиболее интересных явлений, описанных М. Павликовским являются минеральные выцветы на теле, о которых практически ничего не известно. Только в конце 20 века в медицинской газете появилась заметка о женщине, у которой со временем появлялись пятна на коже, которые характеризовались выделениями таких элементов, как Ag, Zn и др. [1].

В 70-х годах прошлого века Д. Мак-Коннел на основании работ Р. Гибсона, Д. Сутор, К. Лонсдейл, С. Воллей, Дж. Парсонса, а также собственных исследований предоставил довольно обширный список из 35 биогенных минералов, найденных в организме человека. Кроме вышеописанных минералов, встречающихся часто в костях, зубах, уrolитах и желчных камнях, автор выделяет такие, как асбест, барит, галит, гипс, коалинит, кварц, киноварь, опаловидный кремнезем, стеркорит, тальк, ториянит и некоторые другие. Асбестовидные минералы в виде силикатов кальция, магния и железа (тремолит и актинолит из группы амфиболов) и антигорит из группы серпентина, а также кварц (SiO_2) и коалинит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) были обнаружены в качестве экзогенных минералов при пневмокониозе – заболевании легких, связанном с длительным вдыханием производственной пыли. Барит был найден в качестве минерального образования в легких литейщиков. Опаловидный кремнезем в организме человека может образовываться при заболевании силикозом. Киноварь (HgS) была найдена в опухоли, образовавшейся над татуировкой. Тальк ($\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$) отмечается в качестве экзогенного минерала в перикарде, где стал причиной смерти, образовав гранулему (узелок). Ториянит (ThO_2) найден в селезенке и печени человека, которому вводили медицинский препарат торотраст для диагностики закупоривания сосудов.

В уrolитах и моче человека Д. Мак-Коннел отмечает такие минералы как галит, который, по мнению автора, является эндогенным минералом, и является продуктом выпадения из раствора при повышенной концентрации солей; гипс, редко встречающийся в уrolитах, а также бобьеррит ($\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), ганнайит ($\text{Mg}_3(\text{NH}_4)_2\text{H}_4(\text{PO}_4)_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), гексагидрит ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), дитмарит ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), монетит (CaHPO_4), стеркорит ($\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$) и некоторые другие [15].

Несмотря на то, что генезис некоторых патогенных минеральных агрегатов в организме человека неизвестен, тем ни менее, многие исследователи пытаются разделять биогенные минералы на экзогенные (те, которые поступили извне) и эндогенные (те, которые образовались в самом организме). При этом пути поступления экзогенных минералов в организм человека могут быть различны: ингаляционные (через органы

дыхания), прероральные (через органы желудочно-кишечного тракта), или перкутанные (через кожные покровы). В случае ингаляционного поступления минеральные частицы оседают в основном в легких, формируя бронхолегочные заболевания. Такие заболевания чаще всего связаны с повышенной запыленностью воздуха, что характерно для некоторых профессий, например, бурильщика, фрезеровщика, шахтера и многих других. Наиболее ярким примером служат такие заболевания, как асбестоз, силикоз, антракоз – профессиональные заболевания, связанные с вдыханием асбестовой, кварцевой и угольной пыли соответственно.

Не стоит исключать и прероральный способ поступления минералов в организм человека, так как некоторые минералы давно используются в пищевой и медицинской промышленности в больших объемах.

Таким образом, в организме человека присутствует большое количество минералов, которые формируются в самых различных системах. Минералы, найденные в организме человека по данным различных исследователей, описанных выше, представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Сводная таблица минералов, найденных в организме человека, по данным различных исследователей.

Система или орган, содержащий минерал	Название минерала
Кости	Гидроксилапатит с примесью карбонат- иона, ионов магния, хлора
Зубы, зубные камни	Гидроксилапатит с примесью карбонат- иона, ионов магния, хлора, витлокит, брушит
Ушные камни	Апатит, арагонит, кальцит, фатерит
Желчные камни	Фатерит, арагонит, кальцит, карбонатапатит, гидроксилапатит, галит, витлокит
Кровеносная система	Гидроксилапатит, апатит с примесью карбонатов, оксиды титана, хрома, магнетит, гематит, кварц, опал, кальцит, тальк
Легкие	Апатит (с примесью карбонат-иона), кальцит, барит, асбест, тремолит, актинолит, антигорит, коалинит
Мышцы	Апатит (с примесью карбонат-иона)
Злокачественные образования	Кальцит, апатит, киноварь
Мозг	Апатит
Печень, селезенка	Торианит
Мочевые камни	См. таблицу 1.5

1.3 Зольный остаток организма человека как возможный индикатор элементного состава среды обитания

Зольный остаток организма человека представляет собой крематорный материал, оставшийся после сжигания организма человека в газовой камере. Впервые данный материал был изучен на кафедре Геоэкологии и Геохимии Томского политехнического университета Л.П. Рихвановым, Н. В. Барановской и Т.А. Игнатовой [22]. Т. А. Игнатова не только изучила зольный остаток организма человека г. Новосибирска, Новокузнецка и Ростова-на-Дону, но и получила данные по содержанию элементов в женском и мужском организме в целом и в отдельных органах [23]. С одной стороны, зольный остаток, как нам представляется, может быть хорошим индикатором элементного состава организма человека. Материал в большей степени отражает состав костной ткани человеческого организма, так как кости составляют до 70% массы организма, однако он также отражает и элементный состав органов и тканей, правда в меньшем количестве. По данным современных исследователей в костной ткани содержатся не все элементы, которые присутствуют в организме. Однако список найденных в костной ткани элементов значительно расширился за последнее время с девяти до нескольких десятков (таблица 1.4) [18].

Следует отметить, что при кремации происходит концентрирование элементов, что позволяет выявить в зольном остатке элементы, находящиеся в организме человека в следовых и микроследовых концентрациях. Но не стоит забывать о том, что часть летучих элементов (Cl, Br, J, As, Hg и др.) может быть потеряна в процессе кремации при воздействии высоких температур.

Также ЗООЧ является, по нашему мнению, хорошим индикатором геохимической обстановки, в которой проживал человек, так как живой организм обладает способностью концентрировать химические элементы, что показали предыдущие исследования зольного остатка организма человека некоторых городов России (Новокузнецка, Новосибирска, Екатеринбурга, Санкт-Петербурга, Ростова-на-Дону) [22, 23]. Однако, при этом следует учитывать способность живых организмов к избирательному накоплению определенных элементов для своего развития, несмотря на их низкие концентрации в окружающей среде.

2. Комплексная характеристика места отбора проб

Выбор города Норильск для проведения исследований зольного остатка организма человека неслучаен и обоснован рядом факторов. Во-первых, по обобщенным данным исследователей Норильск является, на данный момент, одним из самых загрязненных городов на территории России, а также входит в десятку наиболее грязных городов мира наряду с Дзержинском по версии Института Blacksmith (США) и GreenCross (Швейцария) в 2007 и 2013 году [24]. Во-вторых, промышленность Норильска представлена не комплексом предприятий, а монопроизводством, формирующим техногенез окружающей среды. Таким образом, территория представляет собой изолированную природно-техногенную систему, так как промышленное предприятие г. Норильска использует в качестве ресурсов руду, уголь и песок, добытые в окрестностях города. Кроме того, Норильск – один из немногих небольших городов России, в котором расположен крематорий.

2.1 Физико-географическое описание места отбора проб

Город Норильск расположен на полуострове Таймыр, в 300 км от Северного полярного Круга. В административном плане Норильск является городом краевого подчинения Красноярского края, то есть административно-территориальной единицей, являющейся экономическим центром, имеющим развитую промышленность и (или) научно-производственный комплекс, развитую социальную инфраструктуру, с численностью населения, как правило, не менее 50 тысяч человек. Город входит в пятерку крупнейших городов мира, находящихся за полярным кругом. Географическое положение Красноярского края и г. Норильска на карте России показано на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Положение Красноярского края и г. Норильска на карте России (Масштаб: 1:500000000) [25].

Единое муниципальное образование, город Норильск, включает в себя города-спутники Талнах и Кайеркан, а также жилое образование Оганер и поселок Снежногорск. С 30 ноября по 13 января в городе воцаряется полярная ночь, в это время жители могут наблюдать такое природное явление как Северное сияние. С 19 мая по 28 июля солнце не заходит за горизонт и в городе наблюдается полярный день.

Норильск отличается крайне суровым климатом субарктического типа. Это один из наиболее холодных городов мира, существенно более холодный, чем Мурманск, находящийся почти на той же широте. Зимний период долгий и холодный (средняя температура января около -28°C), характерной особенностью которого является частое установление морозной погоды в совокупности с сильными ветрами. Период устойчивых морозов длится около 280 дней в году; при этом отмечается более 130 дней с метелями. Климатическая зима длится с начала второй декады сентября по первую декаду мая. Снежный покров сохраняется от 7,5 до 9 месяцев в году. Лето короткое (с конца июня по конец августа), прохладное (средняя температура $+10,7^{\circ}\text{C}$) и пасмурное; климатическое лето наступает лишь в отдельные тёплые годы. Среднегодовая температура воздуха в Норильске равна $-9,8^{\circ}\text{C}$, годовой ход абсолютных температур – 96 градусов. Среднегодовая относительная влажность воздуха – около 76 %. Норильск входит в пятёрку самых ветреных населённых пунктов планеты.

Город Норильск расположен в тундровой и лесо-тундровой зоне, характеризующейся повышенной болотистостью местности в летний период. На территории тундры широко распространены многолетнемерзлые грунты с маломощным деятельным слоем. Растительность в окрестностях города представлена в основном кустарниками, травами и лишайниками, встречается карликовая береза, редко хвойные деревья. Животный мир тундры обусловлен наличием подснежных зеленых трав и полукустарничков с плодами, обеспечивающих питание леммингам и другим грызунам, тундровым куропаткам, водоплавающим птицам, оленям и другим животным. Среди хищников в тундре распространены песец и полярная сова.

Несмотря на то, что тундра характеризуется наличием большого количества мелких рек и водотоков, основная река, протекающая в Норильске – Норилка (Норильская). Свое начало река Норилка берет в озере Мелкое, впадает в озеро Пясино. Общая длина составляет 57 км. К основным притокам реки Норилка относятся реки Рыбная и Валек. В окрестностях г. Норильска имеется большое количество озер, среди которых Лама, Глубокое, Собачье, Накомьякен, Кета и др. В 90 км западнее г. Норильска протекает одна из крупнейших рек России – Енисей.

Норильск является крупнейшим по числу населения городом в России, расположенным за полярным кругом. Численность населения города колебалась в разные годы, значительно увеличившись за последние 76 лет с 14000 человек в 1939 году до 176251 человека в настоящее время (по данным на 2015 год). Однако в последнее время началась активная миграция населения за счет выполнения программы переселения из северных районов. В результате этого происходит постепенное уменьшение численности населения города, начиная с 1985 года. Население г. Норильска представлено в основном русскими, украинцами, азербайджанцами и другими народностями. При этом представителей коренных народностей севера (ненцев, энцев, нганасан, долган) наблюдается в городе очень мало. Население Норильска практически полностью состоит из переселенцев второй половины XX века и их потомков. Характерные для Норильска климатические и физико-географические особенности, привели к формированию ряда особенностей в укладе жизни местного населения. К таким особенностям относятся пристрастие к охоте и рыболовству, потребление местной рыбы и мяса, повышенная калорийность рациона жителей и др. [25].

2.2 Промышленность г. Норильска

Крупнейшее промышленное предприятие города – горно-металлургическая компания «Норильский Никель», является одним из лидеров металлургического производства в России и мире. Предприятие занимается поиском, разведкой, добычей и обогащением медно-никелевых руд, а также реализацией цветных и драгоценных металлов. Заполярный филиал предприятия включает в себя следующие производственные объекты: четыре подземных и один открытый рудник для добычи руды, две обогатительные и одна агломерационная фабрика, три металлургических завода (никелевый, медный и Надеждинский) с металлургическим цехом по производству концентратов металлов платиновой группы (рис. 2.2). К основным товарным продуктам предприятия относятся медь, никель, кобальт, металлы платиновой группы, селен, теллур, сера. При этом «Норильский никель» является одним из мировых лидеров по производству никеля (20% от мирового производства), кобальта (1% от мирового производства), платиноидов (13% платины, 49% палладия от мирового производства). Для российского производства цветных металлов значимость компании огромна, так как «Норильский никель» производит более 90% никеля и кобальта, 52% меди, 94% металлов платиновой группы [26, 27].



Рисунок 2.2 – Схема расположения основных производственных объектов ОАО «ГМК Норильский никель»[27]

Готовая продукция Заполярного филиала ОАО ГМК «Норильский никель» производится на никелевом, медном и Надеждинском металлургических заводах, а также в металлургическом цехе. Никелевый завод включает в себя следующие цеха: цех электролиза никеля; плавильный цех; обжигово-восстановительный цех; хлорно-кобальтовый цех. Основной продукцией никелевого завода является никель электролитный; никель гранулированный; кобальт металлический; соединения на основе кобальта. В качестве полуфабриката на никелевом заводе производится шлам благородных металлов. Медный завод предприятия состоит из сушильного и плавильного цехов, а также цеха электролиза меди. В качестве готовой товарной продукции медный завод выпускает медь электролитную, серную кислоту и серу. Надеждинский металлургический завод имеет два производства: гидрометаллургическое, предназначенное для переработки пиротинового концентрата, и пирометаллургическое, где перерабатывают никелевый концентрат гидрометаллургического производства и медный концентрат участка разделения фاینштейна никелевого завода. Надеждинский металлургический завод производит медный и никелевый фاینштейн, медные аноды и серу. Кроме того, в число промышленных производств компании входит металлургический цех, производящий платиновые концентраты, аффинированное серебро в гранулах, селен технический, теллур. Данный цех перерабатывает электролитные шламы, полученные на медном и никелевом заводах, и отходы различных предприятий, содержащие благородные металлы [26, 27].

2.3 Геологическая характеристика места отбора проб

Норильск расположен в пределах развития норильского рудного района, характеризующегося наличием медно-никелевых месторождений, а также месторождений нефти, газа, угля и нерудных полезных ископаемых. Первые сведения о геологии и полезных ископаемых данного района были получены в 1840—1843 гг. русским естествоиспытателем А. Ф. Миддендорфом, который отметил наличие там углей. Затем в 1865—1866 Ф. Б. Шмидт дал краткое геологическое описание угольных месторождений и вторичных медистых руд в зоне окисления на северном участке современного месторождения Норильск-1. Уже в первой половине XX века (1919, 1920 и 1922 г.) поисковая партия под руководством советского геолога Н. Н. Урванцева установила большую перспективность Норильского месторождения для дальнейшей разведки, а химический анализ образцов руд выявил в них содержание платиновых металлов. Позднее в результате детального геологического изучения норильского рудного района были открыты и разведаны значительные запасы медно-никелевых руд, угля и нерудных полезных ископаемых, на базе которых в 1935 началось строительство Норильского горно-металлургического комбината.

Норильский рудный район приурочен к северо-западной окраине Сибирской платформы. Тектоническое строение характеризуется спокойным, полого-волнистым залеганием осадочно-эффузивной серии пород от кембрия до антропогена включительно (мощностью свыше 6000 м), а также наличием валлообразных структур, брахисинклиналей и глубинных разломов, по которым в верхние этажи разреза внедрялся магматический расплав, приведший к образованию траппов. Вся серия пород прорвана интрузиями долеритов и габбро-долеритов различного возраста и состава [28].

Основные промышленные месторождения расположены вдоль глубинного Норильско-Хатангского разлома, образуя Норильский и Талнахский рудные узлы. Сульфидные медно-никелевые руды относятся к классу ликвационных месторождений; они локализуются в придонных частях стратиформных пологозалегающих интрузий габбро-долеритов или в подстилающих их породах от верхов силура до низов триаса. Рудные тела представлены крупными пологими пластообразными залежами, жилами и шлирами богатых сплошных сульфидных руд, находящимися преимущественно в подстилающих интрузий породах, а также залежами вкрапленных руд в придонных частях интрузий и во вмещающих породах. Главные рудные минералы – пентландит, пирротин, халькопирит и кубанит. Важнейшими компонентами, определяющими промышленную ценность руд, являются никель, медь, кобальт и металлы платиновой группы. Также в данном районе установлены

рудопроявления свинца, цинка и ртути, имеются месторождения железных руд, энергетических и коксующихся углей, природного газа, нерудных полезных ископаемых.

Среди наиболее активно эксплуатируемых месторождений – Норильск-1, Талнахское и Октябрьское, руды которых широко используются в производстве компанией ОАО «ГКМ Норильский никель».

Эксплуатация сульфидных вкрапленных руд на месторождении Норильск-1 началась в 1938 г. Сульфидное медно-никелевое оруденение данного месторождения, приурочено к нижним ультраосновным горизонтам интрузии (пикриты, оливиновые габбро, габбро-трактолиты), приконтактовым и подстилающим породам и представлено прожилково-вкрапленным и массивным типами. В целом сульфидное оруденение образует относительно выдержанный рудный горизонт. Прожилково-вкрапленные руды экзоконтактовой зоны образуют прерывистый ореол вокруг интрузива. Все типы руд месторождения имеют сходный минеральный состав и содержат следующие рудные минералы: пирротин, халькопирит, пентландит, кубанит, талнахит, борнит, миллерит, пирит. Всего на месторождении Норильск-1 установлено около 60 рудных минералов, причем около 25 % из них – экзотических, среди них – минералы группы платиноидов, золота. На протяжении 27 лет месторождение Норильск 1 являлось единственной сырьевой базой Норильского ГМК.

К уникальным в мировом масштабе месторождениям относятся Талнахское и Октябрьское месторождения медно-никелевых руд. Уникальность этих месторождений обуславливается большими запасами медно-никелевых руд, высокими содержаниями полезных компонентов в рудах и их комплексности. В промышленных концентрациях в рудах присутствуют: медь, никель, кобальт, платина, палладий, родий, золото, серебро, селен, теллур, иридий, осмий, рутений, сера, железо, титан. Из шестнадцати названных элементов в настоящее время извлекается четырнадцать. Талнахское и Октябрьское месторождения содержат более половины активных запасов никеля, меди, кобальта и металлов платиновой группы России, а их разработка обеспечивает потребность страны в этих металлах. Значительное количество металлов платиновой группы идет на экспорт. Обеспеченность действующих горнодобывающих предприятий запасами (при современном уровне погашения) составляет по богатым рудам около 30 лет, вкрапленным – более 60 лет [29].

Неповторимость данного рудного района хорошо известна: здесь сосредоточено более 35% мировых запасов никеля, около 10% меди и кобальта и более 40% металлов платиновой группы, в основном палладия. Уникален состав добываемых руд: содержание никеля в основной массе руды достигает 3% и более. Имеются отдельные залежи с содержанием меди до 20% и более 40 граммов на тонну - платиноидов. Содержание ценных

компонентов в рудах изучено, наряду с содержанием редкоземельных и радиоактивных элементов. Содержание ряда элементов в рудах Норильского месторождения [30] в сравнении с кларковым содержанием элементов по А. П. Виноградову представлено на рисунке 2.3.

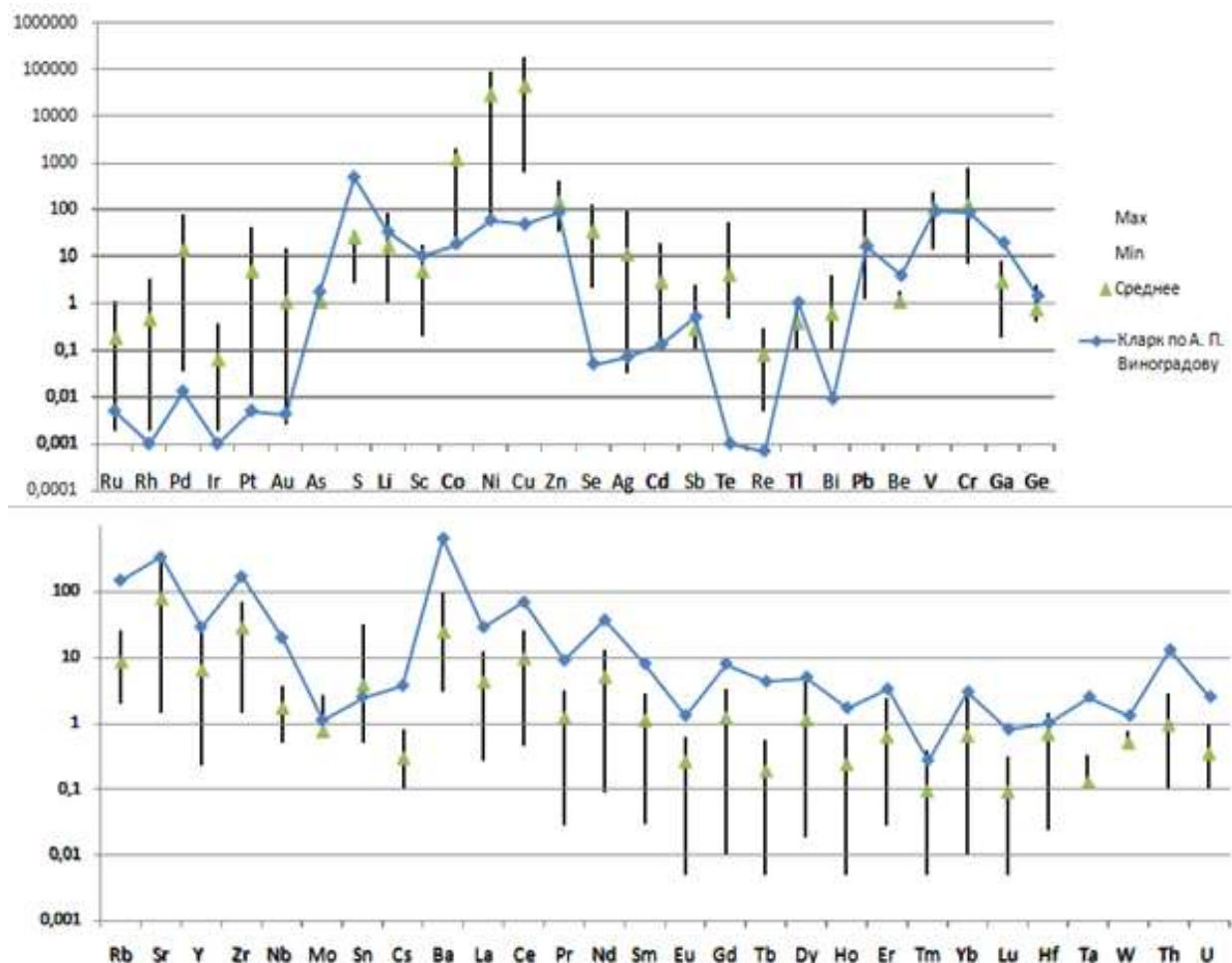


Рисунок 2.3 – Содержание элементов в рудах Норильского района по сравнению с кларком в земной коре [30]

2.4 Эколого-геохимическая характеристика района отбора проб

Норильск входит в десятку самых загрязненных городов мира. Эколого-геохимическое состояние окружающей среды Норильск-Талнахского региона определяется деятельностью заполярного филиала ОАО “ГМК Норильский Никель”. Масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2010 году составила 1923,9 тыс. т., что в 4-7 раз превышает выбросы других крупных металлургических центров страны – Череповца, Новокузнецка, Магнитогорска и др. Среди основных загрязняющих веществ – диоксид серы, оксиды углерода и азота, серная кислота, а также аэрозоли тяжелых металлов (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Норильска в 2010г.[35]

Ингредиенты	Ежегодно до (тонн)
Валовый выброс	2023940
<i>в том числе:</i>	
Твердые	14160
Газообразные и жидкие	2009780
<i>из них:</i>	
Диоксид серы	1965000
Оксид углерода	12390
Оксиды азота (в пересч. на NO ₂)	9280
Хлор	19
Гидроаэрозоль никеля	2,7
Сероводород	6,6
Серная кислота	22458
Фтористый водород	0,595
<i>из них летучие органические соединения:</i>	
Фенол	0,047
<i>Твердые, в том числе:</i>	
Никель	677
Медь	629
Кобальт	57
Свинец	22
Марганец и его соединения	19
Железа оксид	16

По данным мониторинга на стационарных постах г. Норильска содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе колеблется от 4 до 5 ПДК, в некоторые года доходя до 120 ПДК (1995г. по формальдегиду), 35,6 ПДК (1992г. по диоксиду серы) и 25,8 ПДК (1993 г. по диоксиду азота). Исследования снеговых вод и аэрозолей показали возможность воздушного переноса тяжелых металлов и загрязняющих веществ на расстоянии до 30 км и более, с превышением ПДК для большинства проб по меди и никелю. Выбросы оксидов серы и азота провоцируют возникновение кислотных осадков в окрестностях города, что оказывает негативное воздействие на растительность района. Гибель деревьев, хвойных, лишайников и мхов провоцирует развитие эрозионных процессов, смыва верхнего торфяно-гумусового слоя и деградации экосистемы (рис. 2.4). На данный момент представители лиственных и кустарничковых пород деревьев встречаются в районе редко и располагаются в понижениях или межгорных котловинах. У деревьев повсеместно отмечается некроз листьев [31].

Кроме того, на растительность оказывает активное воздействие металлическая пыль, оседающая на деревья, кустарники и мхи. Из тяжелых металлов в первую очередь

накапливаются медь, никель, кобальт, в меньшей степени цинк, хром, свинец, кадмий, а также неметаллы селен и мышьяк. Мхи – активные концентраторы загрязнителей, произрастая около промплощадок, накапливают в сотни раз больше меди (700-1400 мг/кг) и никеля (250-500 мг/кг), а также свинца (30 мг/кг), цинка (35-45 мг/кг), кадмия (3-5 мг/кг) и других элементов.



Рисунок 2.4 – Спутниковый снимок окрестностей г. Норильска (Розово-фиолетовый цвет показывает участки с очень редкой растительностью или полным её отсутствием) [33]

Чрезмерное накопление тяжелых металлов в грибах и ягодах окрестностей исследуемой территории ставит вопрос о невозможности сбора дикорастущих объектов для употребления в качестве еды. Содержание такого элемента как никель достигает 1000 мг/кг в бруснике и 300 мг/кг в голубике и морошке. Содержание меди, никеля, кобальта, хрома и других элементов в коре древесных растений на территории промышленных зон значительно превышают фоновые значения [31].

Исследование пыли, отобранной в различных печах и других источниках на предприятии, показывает, что в составе выбросов преобладают такие компоненты как Cu, Ni, Co, S, Fe, Al₂O₃, SiO₂, CaO, MgO. Всего в год по подсчетам автора в виде пыли выбрасывается 117 т. никеля, 276 т. меди, 4,24 т. кобальта, 299 т. железа, 180 т. оксида кремния, 20,62 т. оксида алюминия, 10,9 т. оксида кальция, 9,8 т. оксида магния. При этом исследование содержания редкоземельных и радиоактивных элементов не проводилось [34].

Химический состав пыли плавильного цеха Надеждинского завода представлен в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Химический состав пыли плавильного цеха [34]

Материал	Химический состав, % масс.												
	Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	Zn	Pb	Sn	Sb
Пыль плавильного цеха	1,5	2,0	0,1	25,5	3,2	23,8	3,1	7,2	4,3	0,1	0,02	0,027	0,014

Сбросы сточных вод также создают дополнительную нагрузку на хрупкую экосистему. Так, предприятие «Норильский никель» сбрасывает в поверхностные воды 36 млн. м³ сточных вод, из них – 25,4 млн. м³ без очистки. По данным предприятия среди основных загрязняющих веществ: взвешенные вещества (до 604,2 т), железо (до 4,4 т.), СПАВ (до 1,95 т.), нефтепродукты (до 0,98 т.), медь (до 0,13 т.) [35].

По данным исследователей наиболее загрязненным объектом поверхностных вод является озеро Пясино, так как в него направлены стоки рек и загрязненных вод из Норильска и Талнаха. На чрезмерно загрязненных участках озера концентрации меди, никеля, свинца достигают 300-700 мкг/л, мышьяка от 2,5 до 20 мкг/л при фоновых концентрациях в десятки (реже сотни – для Zn) мкг/л. Наибольшие полученные концентрации превышают ПДК р.х. по Cu в 150, Ni в 20, Cr в 240, Zn в 510, Fe в 280, Mn в 520, Cd и Co в 8 раз, Pb в 3 раза. При исследовании донных осадков озера Пясино средние концентрации меди достигают 142 мг/кг, никеля – 125 мг/кг. Установлена приуроченность наибольших концентраций тяжелых металлов (Cu, Ni, Cr, Co, Ag, Mn) к депрессиям донного рельефа, глинистым илам и верхним 20–30-см слоям осадков. Ихтиологические исследования установили, что у 100 % рыб озера Пясино и вытекающей из него реки Пясины выявлены аномалии и уродства внутренних органов.

Так как река Пясины выносит воды из озера в Карское море, то это обуславливает вероятность влияния растворенных стоков «Норильского никеля» на океанские воды. При этом, некоторыми северными экспедициями установлены повышенные концентрации никеля, меди, кобальта и других металлов в северных морях, что может быть связано с переносом как водным, так и воздушным путем [32].

Таким образом, экологическая ситуация Норильск-Талнахского региона в настоящее время близка к катастрофе, которая выражается в гибели растительного и животного мира, а также значительном воздействии на человека. Жители г. Норильска систематически жалуются на удушье, частые отравления, аллергии, болезни органов дыхания, кожных покровов и т.д.

2.5 Медико-демографическая характеристика района отбора проб

Для оценки уровня здоровья населения и медико-демографической ситуации в целом используются такие статистические показатели как уровень детской, младенческой и общей смертности, заболеваемость, частота заболеваемости различными патологиями и др.

Младенческая смертность в 2010 году в Норильске составила 6,9 на 1000 родившихся, что меньше, чем в целом по Красноярскому краю (9,1 на 1000 родившихся). За последние 5 лет младенческая смертность в муниципальном образовании город Норильск снизилась на 6,2%. Детская смертность в 2010 году составила 0,73 на 1000 населения от 0 до 17 лет, за последние 5 лет увеличилась на 55,3%.

В структуре общей заболеваемости первое место на протяжении 5 последних лет занимают болезни органов дыхания, доля которых составляет 22,4%. Второе место – болезни глаз и его придатков 11,8%. Третье место - болезни костно-мышечной системы - 11,1%. На четвертое место вышли болезни системы кровообращения – 10,5%. На пятом месте – болезни мочеполовой системы – 8,5%.

Показатель общей смертности в Норильске ниже, чем в Красноярском крае, а также в целом по стране. В структуре общей смертности в течение последних лет на I месте остается смертность от болезней системы кровообращения, в 2010 году она составила 172,9 на 100 тыс. населения. На втором месте несчастные случаи, травмы и отравления, связанные в основном с профессиональной деятельностью – 142,8 на 100 тыс. населения. На третьем месте новообразования – 87,7 на 100 тыс. населения, за счет случаев смерти от злокачественных новообразований. На четвертом месте болезни системы пищеварения – 61,1. На пятом месте смертность от болезней органов дыхания – 59,6 (рис. 2.5) [36].

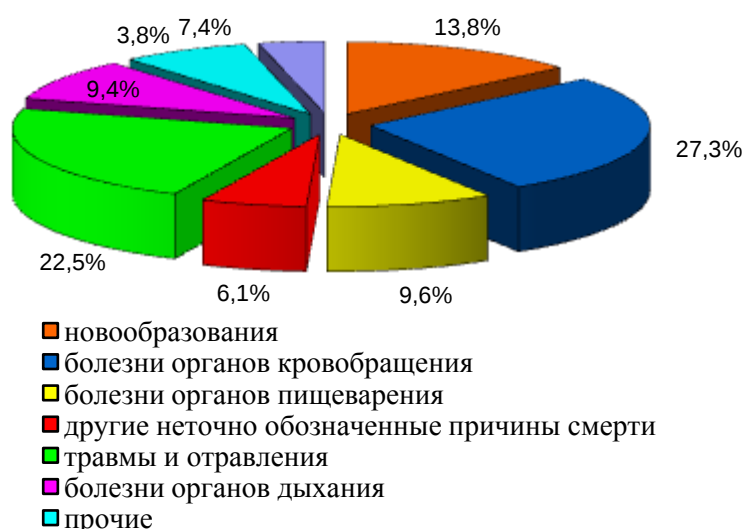


Рисунок 2.5 – Структура смертности в 2010 году по муниципальному образованию город Норильск [36].

Одной из наиболее сложных медико-социальных проблем современного общества являются злокачественные новообразования. Ежегодно в муниципальном образовании город Норильск впервые регистрируется около 340 заболеваний.

Риск возникновения канцерогенеза для населения муниципального образования город Норильск, по данным о среднегодовых концентрациях канцерогенных веществ в атмосферном воздухе, самый высокий в мире [36]. Показатель индивидуального канцерогенного риска, связанный с загрязнением воздуха оксидами кобальта и никеля выходит за пределы приемлемого риска для населенных мест. Показатель суммарного индивидуального канцерогенного риска также превышает верхний предел допустимого риска для населенных мест за счет воздействия бензола, кобальта, никеля, свинца и составляет $4,8 \cdot 10^{-4}$. По мнению некоторых исследователей при продолжительности проживания на территории в течение одного года, риск развития дополнительных случаев онкологических заболеваний составляет около 9,9 случаев на 100000 населения [37].

Заболеваемость онкологическими заболеваниями в Норильске в целом ниже, чем в Красноярском крае и России. Однако, на данной территории отмечен рост онкологических заболеваний: за 15 лет онкологическая заболеваемость выросла на 69% (с 96,5 в 1994г. до 165,5 в 2010г. на 100 тыс. населения). В структуре онкозаболеваемости у мужчин в г. Норильске первые места занимают рак легкого, почки, прямой кишки, предстательной железы. Среди женского населения ведущие места занимают рак молочной железы, матки (гормонозависимые опухоли), кожи. Особую тревогу вызывает «омоложение» онкологического процесса, когда онкологическое заболевание регистрируется у молодых людей в возрасте до 25 лет [38].

В 2010 г. в муниципальном образовании город Норильск коэффициент смертности от злокачественных новообразований составил 87,66 на 100 тыс. населения; в 2009 г - 82,92 на 100 тыс. населения. (РФ 2008 г. – 201,9 на 100 тыс. населения). С 2005 г. показатель смертности вырос на 8,2 % [36].

Медицинские работники также проводят исследования состава крови, плазмы и волос жителей г. Норильска в целях изучения воздействия промышленности на организм человека. А. Ф. Колпакова установила, что у жителей прилегающих к Норильску территорий обнаружено достоверно большее содержание меди и меньшее цинка в эритроцитах по сравнению с контрольной территорией. Автор также обнаружила существенно большее содержание Cu, Ni, меньшее Zn в плазме крови жителей Норильск-Талнахской зоны по сравнению с контролем. Исследование элементного состава крови и плазмы жителей коренного и пришлого населения Таймырского автономного округа показало, что концентрация меди выше в эритроцитах пришлого населения, но ниже в плазме крови.

Концентрация же свинца и цинка выше в эритроцитах коренного населения по сравнению с пришлым, однако, ниже в плазме крови. Концентрация никеля в крови и плазме крови у коренного и пришлого населения отличается в пределах ошибки (таблица 2.3) [39].

Таблица 2.3 – Содержание металлов в эритроцитах и плазме крови здоровых коренных и пришлых жителей Таймырского автономного округа, мкг/мл [39]

Металлы	Эритроциты		Плазма крови	
	Коренные	Пришлые	Коренные	Пришлые
Медь	0,73±0,04	0,91±0,06	1,31±0,06	1,14±0,03
Цинк	7,74±0,38	7,19±0,44	1,48±0,10	1,58±0,11
Свинец	0,36±0,02	0,29±0,02	0,23±0,01	0,24±0,01
Никель	0,17±0,01	0,16±0,01	0,19±0,02	0,17±0,02

Таким образом, антропогенное загрязнение атмосферного воздуха свинцом, никелем, кобальтом и другими веществами приводит к высокому уровню канцерогенного и неканцерогенного риска для населения г. Норильска. При этом мишенями воздействия атмосферных загрязнителей в первую очередь становятся органы дыхания, кровь, центральная нервная система, страдает общее развитие, происходит локальное повреждение органов и систем организма человека.

3. Материал и методы исследования зольного остатка организма человека

Материалом для проведения исследования является зольный остаток организма человека (ЗООЧ) – крематорный материал, оставшийся после сжигания тела человека. Пробы ЗООЧ были отобраны из неостребованного материала 12.07.2015 в крематории г. Норильска в установленном порядке по официальному разрешению администрации учреждения. Полученные результаты по элементному составу ЗООЧ г. Норильска сравнивались с результатами проб, отобранными ранее в крематориях 5 городов России: Новосибирска, Новокузнецка, Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга и Екатеринбурга. Режимы работы крематориев одинаковы для всех городов и обусловлены едиными требованиями к работе, в первую очередь к температурному режиму, который составляет от 872°C в начале процесса до 1092°C в конце. Такая температура сгорания обусловлена требованиями к качеству праха: при менее 1000 °С костная ткань организма обугливается, а при большей температуре происходит остеклование костей – образование твердой корки фосфорнокислой извести, которая препятствует сгоранию [40].

Материал представляет собой зольный остаток организма человека различных половых групп. Всего в крематории г. Норильска было отобрано 22 пробы ЗООЧ. Соотношение мужчин и женщин в выборке составило 13:9 соответственно. Никаких других данных по возрасту, заболеваемости, а также причинам смерти не было известно.

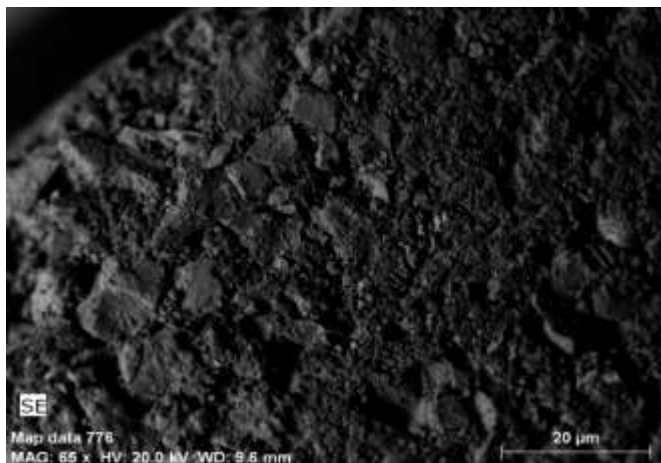


Рисунок 3.1 – Общий вид ЗООЧ под электронным микроскопом.

Для исследования зольного остатка организма человека были использованы следующие методы:

- для определения элементного состава ЗООЧ – спектральный метод с использованием масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-ms);

- для определения минералогического состава – рентгеноструктурный с использованием порошкового дифрактометра и микроскопический с использованием электронного микроскопа.

3.1 Характеристика масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой

Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-ms, ИСП-мс), являясь современным и точным методом анализа, позволяет определить большее число элементов в широких пределах содержания. Однако, ИСП-мс больше подходит для анализа жидких и газообразных веществ и требует специальной пробоподготовки для твердых агрегатов. Пробу разлагают с помощью микроволнового излучения и автоклавы, а также, используя кислоты (соляная, плавиковая и др.) переводят в раствор, при этом концентрация растворенных веществ должна быть на уровне 0,2-0,3%. После процедуры пробоподготовки раствор вводится в установку, где переходит в аэрозоль и попадает в плазму. Под действием высоких температур вещество диссоциирует на атомы и ионизируется. Положительно заряженные ионы переходят в анализатор, где распределяются по массе. Здесь же происходит детектирование интенсивности потока. Концентрация вещества определяется с помощью использования стандартных образцов [41].

Измерение концентраций элементов в пробах ЗООЧ г. Норильска проводилось в химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск). Для 3 проб (14% от выборки) была дополнительно проведена процедура внешнего контроля в аккредитованных лабораториях г. Владивостока и г. Миасса. Результаты контроля представлены на рисунке 3.2.

Из графика видно, что хорошая сходимость наблюдается для таких элементов как Ti, Mn, Co, Rb, Sr, Nb, Sb, Cs, Ba, Pr, Nd, Ta, Pb, удовлетворительная для V, Cr, Ni, Cu, Zn, Sn, Eu и неудовлетворительная для Be, Sc, As, Y, Zr, Mo, Cd, Te, La, Ce, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Tl, Bi, Th, U. Пробы, проанализированные в аналитическом центре «Плазма» (г. Томск), отличаются более высокими концентрациями многих элементов, что может говорить о большей степени извлечения элементов при переходе пробы в раствор. Результаты наглядно демонстрируют тот факт, что ИСП-мс плохо подходит для анализа твердых веществ по сравнению с жидкостями и требует тщательной и длительной пробоподготовки. Это подтверждают и многочисленные исследования

С помощью масс-спектрометрического анализа в ЗООЧ г. Норильска было определено содержание 61 элемента, 20 из которых в 50% или более случаев определены ниже порога обнаружения. К таким элементам относятся: Be, Sc, Ni, Ge, As, Se, Ru, Ag, In, Te, Cs, Sm, Eu, Er, Tm, Re, Au, Hg, Tl, Bi.

3.2 Характеристика рентгеноструктурного анализа

Рентгеноструктурный анализ был применен для исследования минералогического состава проб ЗООЧ г. Норильска. Метод основан на явлении дифракции рентгеновских лучей на порошке исследуемой пробы. Результатом измерения является отношение интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния, по которому определяются минеральные фазы, входящие в состав образца. Данный метод позволяет обнаруживать присутствие минеральной фазы в исследуемой смеси на уровне 0,1-0,5% и более [43].

Порошковый дифрактометр D2 PHASER фирмы Bruker применялся для анализа отдельных и смешанных проб ЗООЧ г. Норильска. Смешанные пробы были приготовлены путем квартования отдельных проб и дальнейшего смешивания четвертых частей данных проб. Для анализа материал был предварительно истерт в агатовой ступке до однородной пылеобразной массы. Истолченный образец помещался в кювету и анализировался в течение 4 часов. Обработка результатов проводилась с помощью специализированной программы «Eva».

3.3 Характеристика электронной микроскопии

Для исследования морфологии и элементного состава минеральных фаз, входящих в состав ЗООЧ, был использован сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа фирмы Bruker.

Действие сканирующего микроскопа основано на использовании пучка электронов вместо световых волн, которые, попадая на образец, вызывают в нем вторичные электроны. Такие электроны улавливаются детектором, и на основе анализа интенсивности электронного сигнала строится рельеф образца в месте взаимодействия. Минимальное разрешение при глубоком вакууме составляет 3 нм, при этом микроскоп позволяет получить увеличение до 300000 раз [44]. Приставка для микроанализа позволяет снимать энергодисперсионные спектры и делать вывод о качественном (от Li до U) и количественном (в процентном соотношении) составе образца. Минимальный уровень детектирования составляет 0,1%.

Для работы на микроскопе пробы были предварительно подготовлены специальным образом. Исследуемый образец истирался в агатовой ступке до однородной массы, помещался на клейкую ленту и исследовался при низком или среднем вакууме. Часть проб была подвергнута дополнительному концентрированию с помощью воды. В стерильном контейнере с помощью дистиллированной воды материал был разделен на 3 фракции: легкую, среднюю, тяжелую. Все фракции были исследованы отдельно. С помощью электронного микроскопа были проанализированы 7 проб зольного остатка организма человека г. Норильска.

4. Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях зольного остатка организма человека г. Норильска

4.1.1 Геохимические особенности зольного остатка организма человека г. Норильска как отражение состава среды его обитания

С помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в составе зольного остатка организма человека г. Норильска было определено содержание 61 элемента. Однако 14 из них определены ниже предела обнаружения в 100 проб, поэтому оценка их содержания по сравнению с другими городами проводилась.

Анализ полученных данных указывает на неоднородность состава изучаемого материала. Некоторые статистические параметры выборки представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Статистические параметры выборки ЗООЧ г. Норильска

Элемент	Число проб	$\frac{X \pm \lambda}{\max \dots \min}$ Мг/кг	V, %	Элемент	Число проб	$\frac{X \pm \lambda}{\max \dots \min}$ Мг/кг	V, %
Na	22	$\frac{15772 \pm 925}{24900 \dots 10120}$	27,5	Sn	22	$\frac{4,53 \pm 1,71}{39 \dots 0,10}$	177,5
Mg	22	$\frac{6163 \pm 232}{8100 \dots 4800}$	17,7	Sb	22	$\frac{10,94 \pm 2,40}{56 \dots 2,5}$	102,8
Al	22	$\frac{5225 \pm 1052}{18500 \dots 900}$	94,4	Cs*	22	$\frac{0,13 \pm 0,01}{0,37 \dots 0,1}$	51,1
Si	22	$\frac{11145 \pm 2221}{41300 \dots 1600}$	93,5	Ba	22	$\frac{141,68 \pm 26,95}{610 \dots 29}$	89,2
P	22	$\frac{159227 \pm 2491}{186000 \dots 138000}$	7,3	La	22	$\frac{1,62 \pm 0,23}{3,7 \dots 0,42}$	66,2
K	22	$\frac{9141 \pm 1074}{22600 \dots 3050}$	55,1	Ce	22	$\frac{3,13 \pm 0,50}{10,2 \dots 0,89}$	74,3
Ca	22	$\frac{353818 \pm 5087}{393000 \dots 312000}$	6,7	Pr	22	$\frac{0,32 \pm 0,05}{1,05 \dots 0,06}$	78,9
Ti	22	$\frac{518 \pm 76}{1600 \dots 155}$	69,1	Nd	22	$\frac{0,92 \pm 0,15}{2,6 \dots 0,20}$	78,8
V	22	$\frac{3,75 \pm 0,64}{11 \dots 1}$	80,7	Sm*	22	$\frac{0,49 \pm 0,01}{0,5 \dots 0,3}$	8,6
Cr	22	$\frac{81,56 \pm 9,83}{216 \dots 30}$	56,5	Eu*	22	$\frac{0,10 \pm 0,001}{0,118 \dots 0,1}$	4,7
Mn	22	$\frac{352,95 \pm 36,43}{770 \dots 122}$	48,4	Gd	22	$\frac{0,35 \pm 0,11}{2,4 \dots 0,02}$	144,3
Fe	22	$\frac{33468 \pm 2756}{58600 \dots 16600}$	38,6	Tb*	22	$\frac{0,05 \pm 0,004}{0,104 \dots 0,035}$	38,7
Co	22	$\frac{5,32 \pm 0,39}{8,9 \dots 2,8}$	34,1	Dy	22	$\frac{0,21 \pm 0,04}{0,88 \dots 0,01}$	94,1

Ni*	22	$\frac{32 \pm 2}{74 \dots 30}$	29,3	Ho	22	$\frac{0,07 \pm 0,01}{0,26 \dots 0,01}$	95,8
Cu	22	$\frac{149,18 \pm 18,60}{440 \dots 56}$	58,5	Er*	22	$\frac{0,28 \pm 0,05}{1,27 \dots 0,2}$	85,2
Zn	22	$\frac{541,54 \pm 83,79}{1830 \dots 138}$	72,6	Tm*	22	$\frac{0,06 \pm 0,01}{0,22 \dots 0,05}$	60,8
Ga	22	$\frac{3,56 \pm 0,25}{6 \dots 1,62}$	33,0	Yb	22	$\frac{0,22 \pm 0,06}{1,33 \dots 0,01}$	128,3
Rb	22	$\frac{7,61 \pm 1,00}{20,3 \dots 1,63}$	61,9	Lu*	22	$\frac{0,06 \pm 0,01}{0,37 \dots 0,03}$	129,0
Sr	22	$\frac{204,55 \pm 13,93}{460 \dots 132}$	31,9	Hf	22	$\frac{2,12 \pm 0,64}{14,4 \dots 0,17}$	142,6
Y	22	$\frac{1,83 \pm 0,37}{7,7 \dots 0,41}$	95,5	Ta	22	$\frac{0,11 \pm 0,02}{0,39 \dots 0,05}$	75,6
Zr	22	$\frac{145,65 \pm 44,45}{1009 \dots 24,3}$	143,1	Pb	22	$\frac{21,29 \pm 5,42}{113 \dots 3,6}$	119,4
Nb	22	$\frac{0,96 \pm 0,13}{2,3 \dots 0,16}$	63,1	Bi*	22	$\frac{5,3 \pm 4,49}{99 \dots 0,2}$	391,9
Mo	22	$\frac{3,09 \pm 0,73}{16,7 \dots 0,5}$	11,4	Th	22	$\frac{0,61 \pm 0,12}{2,3 \dots 0,12}$	91,3
Ag*	22	$\frac{2,05 \pm 0,04}{2,83 \dots 2}$	9,2	U	22	$\frac{0,41 \pm 0,08}{1,97 \dots 0,14}$	94,6
Cd	22	$\frac{0,42 \pm 0,04}{1,09 \dots 0,3}$	47,7				

Примечание: знаком «*» здесь и далее обозначены элементы, содержание которых в 50% и более проб определено ниже предела обнаружения.

Анализируя данные из таблицы 4.1, можно сделать вывод о том, что значения коэффициентов вариации элементов находятся в пределах от 4,7 до 391,9%. Низкие значения коэффициента вариации (<33%) характерны для таких элементов как Na, Mg, P, Ca, Ga, Sr, Mo. Выборки данных элементов можно считать однородными. Примечательно, что такие элементы как кальций, магний, фосфор и натрий являются макрокомпонентами в организме человека. Возможно, малый разброс их значений может быть результатом поддержания гомеостаза в организме, так как значительные отклонения в содержании макроэлементов могут привести к критическим для организма человека последствиям. При этом выборки Ni, Ag, Sm, Eu также характеризуются низкими значениями коэффициента вариации, однако стоит учитывать, что данные элементы относятся к группе элементов, содержание которых в 50% и более проб определено ниже предела обнаружения, что и создает однородность их выборок. Близкой к однородной можно считать выборки K, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Rb, Nb, Cd, Tm*, Tb*, La, Cs*, значения коэффициента вариации которых находятся в пределах 30 – 70%. Как видно, к данному перечню относятся многие микроэлементы, входящие в состав витаминов и пищевых добавок в рационе человека. Остальные элементы характеризуются

неоднородностью (Al, Si, V, Zn, Y, U, Th, Ta, Er*, Ho, Nd, Pr, Ba)и крайней неоднородностью (Zr, Bi, Pb, Hf, Lu*, Yb, Dy, Sb, Sn)выборок, с коэффициентами вариаций 70-100% и >100% соответственно.

Для наглядного представления был построен график среднего содержания элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска (рисунок 4.1) с указанием максимальных и минимальных значений. График наглядно показывает, что одни элементы концентрируются в узком диапазоне содержаний, а другие – в широком.

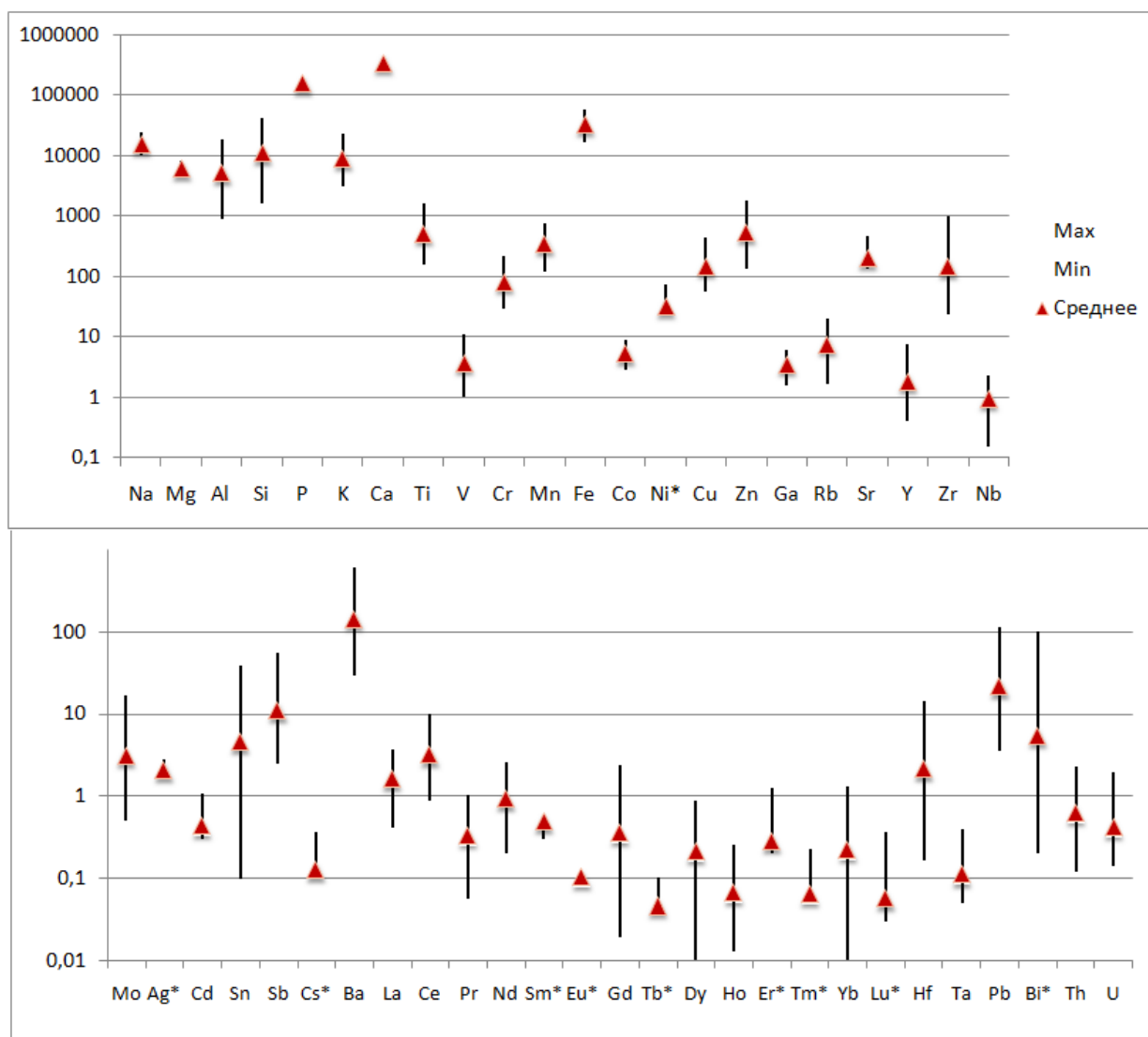


Рисунок 4.1 – Оценка уровней накопления химических элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска, мг/кг

Из графика можно выделить несколько групп элементов, которые концентрируются в ЗООЧг. Норильска в разных количествах:

- Более 100000: Ca, P;
- От 1000 до 100000: Na, Mg, Al, K, Si, Fe;
- От 100 до 1000: Ti, Mn, Cu, Zn, Sr, Zr, Ba;

- От 10 до 100: Ni*, Cr, Sb, Pb;
- От 1 до 10: V, Co, Ga, Rb, Y, Mo, Ag*, Sn, La, Ce, Hf, Bi*;
- От 0,1 до 1: Nb, Cd, Cs*, Pr, Nd, Sm*, Gd, Dy, Er*, Yb, Ta, Th, U,;
- Менее 0,1: Eu*, Tb*, Ho, Tm*, Lu*, Ta.

Кроме того, из рисунка видно, что распределение элементов в зольном остатке организма человека подчиняется основным законам геохимии. Для многих элементов выполняется правило Оддо-Гаркинса для четных и нечетных элементов, закон Кларка-Вернадского и Менделеева, что было отмечено и в ранее проведенных исследованиях [22, 23].

Отражение состава среды обитания человека в некоторой степени прослеживается в половых особенностях накопления элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска (рисунок 4.2).

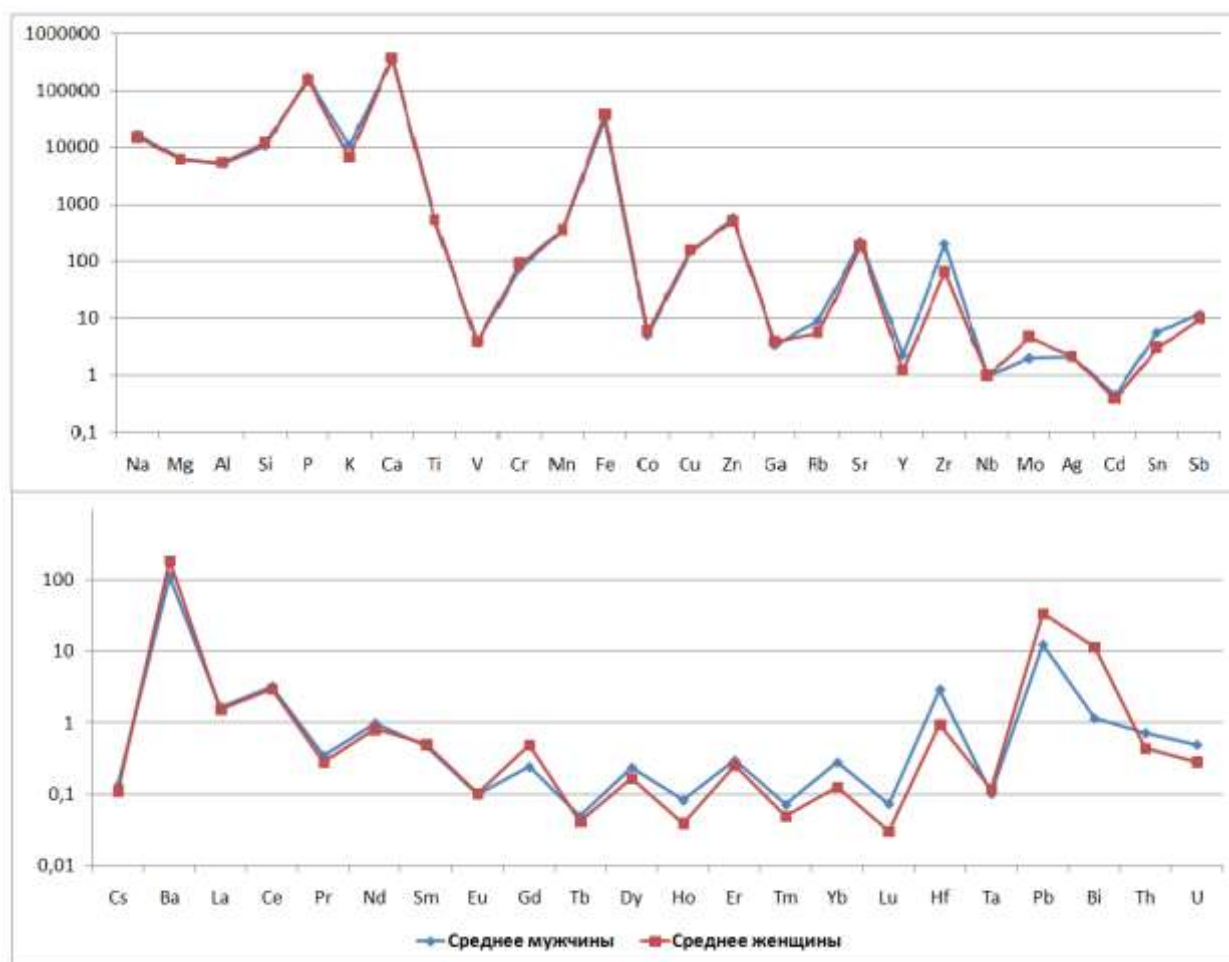


Рисунок 4.2 – Оценка среднего содержания элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска по половому признаку, мг/кг.

Диаграмма 4.2 показывает, что многие элементы накапливаются в одинаково в организме женщины и мужчины. Однако, такие элементы как K, Zr, Rb, Y, Sn, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Hf, Th, Уимеют тенденцию к накоплению в мужском организме, что, вероятно,

отражает производственный фактор. С другой стороны, Ва, Мо, Gd, Pb, Bi накапливаются больше в женском организме. Примечательно, что висмут, молибден и свинец находят широкое применение в составе косметических средств.

В процессе исследования зольного остатка организма человека г. Норильска широко применялся корреляционный анализ для установления геохимических особенностей изучаемого материала и поиска механизма накопления определенных элементов. Корреляционный анализ по методу Пирсона установил наличие большого числа значимых связей между парами элементов. Таким образом, ЗООЧ г. Норильска характеризуется наибольшими значимыми коэффициентами корреляции (значимый коэффициент - 0,404, при $n=22$ и уровне ошибки $= 0,05$) для следующих пар элементов:

- **От 0,9 до 0,999:** Zr-Hf, Y- Dy, Zr-Yb, Y-U, Zr-Th, U-Th, Nd-Pr, Dy-Yb, Dy-U, Yb-Hf, Yb-Th, Hf-Th;
- **От 0,8 до 0,9:** Al-Si, Ti-Cr, Na-Mn, K-Rb, Y-Zr, Nb-Al, Nb-Si, Pr-Al, Pr-Ti, Ce-Pr, Nd-Ti, Y-Nd, La-Nd, Ce-Nd, Zr-Dy, Ce-Dy, Zr-Ho, Ce-Yb, Ho-Yb, Y-Hf, Dy-Hf, Ho-Hf, Zr-Th, La-Th, Nd-Th, Yb-Th, Hf-Th, Yb-U, Dy-U, Ho-U, Th-U;
- **От 0,7 до 0,8:** Ti-Sn, Sn-Cr, Ba-Na, La-Ti, La-Cr, Y-La, Ce-Ti, Ce-Mn, Zr-Ce, Ce-La, Pr-Cr, Pr-Y, Pr-Nb, Pr-La, Nd-Al, Nd-Cr, Nd-Mn, Dy-Nb, Dy-La, Dy-Nd, Ho-Y, Ho-Dy, Hf-Ce, Th-Pr, Th-Ho, U-Ce, K-Na, Ti-Na, Cr-Mn, Cu-S, Cu-V, Ga-Ti, Nb-Ti, Nb-Mn, Ba-Na, La-Ti, Ce-Ca (отрицательная), Pr-Ca(отрицательная), Nd-Ca(отрицательная), Th-Ca(отрицательная), Y-Ca(отрицательная);
- **От 0,6 до 0,7:** Na-Mg, Mg-K, Al-Ti, K-Ti, Mg-V, Si-V, Cr-V, K-Mn, Co-Mg, Co-V, Co-Cr, Cu-Al, Ga-Al, Ga-Si, Ga-V, Ga-Cr, Ga-Mn, Ga-Fe, Ga-Cu, Rb-Na, Rb-Mg, Y-K, Y-Ti, Nb-Na, Nb-Cr, Nb-Cu, Nb-Ga, Sb-Rb, La-Al, La-Nb, Ce-Na, Ce-Al, Ce-K, Ce-Cr, Ce-Nb, Pr-Si, Pr-V, Pr-Mn, Pr-Ga, Pr-Sn, Nd-Si, Nd-K, Nd-Ga, Dy-K, Dy-Ti, Dy-Pr, Yb-K, Y-La, Y-Nd, Ta-Si, Ta-Ga, Th-K, Th-Ti, Ca-K (отрицательная), Ca-Ti (отрицательная), P-Mn (отрицательная), Ca-Mn (отрицательная), Fe-P (отрицательная), P-Ga (отрицательная), Nb-P (отрицательная), La-Ca (отрицательная), Dy-Ca (отрицательная), Y-Ca (отрицательная).

Наибольший положительный коэффициент парной корреляции ($r=0,99$) принадлежит паре Zr-Hf, наибольший отрицательный коэффициент ($\bar{r}=0,95$) – паре Ca-Nd. Анализ корреляционных связей показывает, что наиболее сильно связаны между собой редкоземельные и радиоактивные элементы. В данном списке особенно выделяются такие элементы как кальций и фосфор, так как данные элементы связаны значимыми

отрицательными связями практически со всеми элементами, при этом Са и Р связаны между собой положительной, но незначимой связью ($r = 0,23$).

Для выделения групп наиболее сильно связанных элементов был использован кластерный анализ по методу Варда (рисунок 4.3).

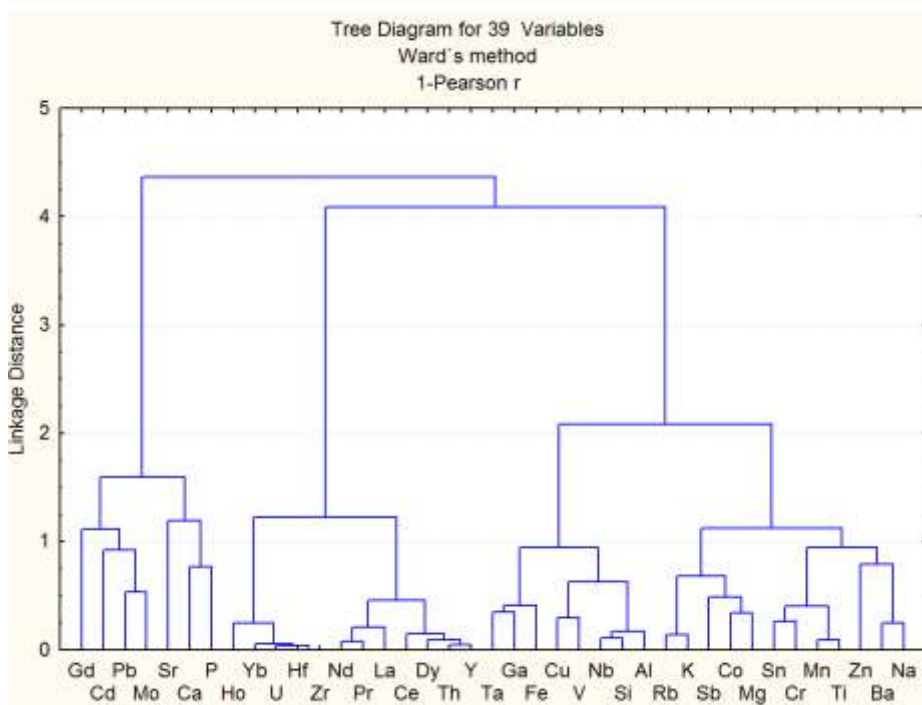


Рисунок 4.3 – Диаграмма кластерного анализа ЗООЧ г. Норильска

Результаты кластерного анализа позволяют обнаружить несколько групп элементов, которые, по-видимому, имеют различный механизм поступления и накопления. Диаграмма, в том числе, показывает чрезвычайно тесную связь циркония и гафния. В качестве значимой связи нами была выбрана группа Са-Р как одна из сильнейших связей в человеческом организме, составляющая главный минерал костной ткани – гидроксилapatит. Таким образом, в ЗООЧ г. Норильска можно выделить следующие наиболее тесно связанные группы элементов:

- Ho, Yb, U, Hf, Zr;
- Nd, Pr, La, Ce, Dy, Th, Y;
- Ta, Ga, Fe;
- Sn, Cr, Mn, Ti;
- Cu, V, Nb, Si, Al;
- Rb, K, Sb, Co, Mg;
- Zn, Ba, Na;
- Pb, Mo.

Проведенный факторный анализ также указывает на значимость таких элементов, как Zr, Hf, Ho и U для формирования элементного состава ЗООЧ г. Норильска и выделяет их в самостоятельный фактор (фактор № 2), доля которого составляет около 6% (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Факторные нагрузки элементов в ЗООЧ г. Норильска

Элементы	Фактор № 1	Фактор № 2	Фактор № 3
Na	-0,72	-0,05	0,37
Mg	-0,55	-0,26	0,61
Al	-0,66	-0,39	-0,57
Si	-0,64	-0,48	-0,36
P	0,58	0,34	0,07
K	-0,76	0,16	0,43
Ca	0,79	-0,11	0,07
Ti	-0,89	-0,25	-0,01
V	-0,63	-0,36	-0,01
Cr	-0,76	-0,45	0,10
Mn	-0,82	-0,23	0,17
Fe	-0,52	-0,06	0,07
Co	-0,60	-0,21	0,33
Cu	-0,48	-0,57	-0,25
Zn	-0,30	-0,24	0,35
Ga	-0,72	-0,48	-0,04
Rb	-0,64	0,02	0,52
Sr	0,12	0,10	-0,11
Y	-0,86	0,44	-0,13
Zr	-0,63	0,74	-0,03
Nb	-0,75	-0,40	-0,28
Mo	-0,12	-0,19	-0,12
Cd	-0,19	0,38	0,02
Sn	-0,53	-0,38	0,02
Sb	-0,49	-0,24	0,54
Ba	-0,46	-0,18	0,22
La	-0,83	0,06	-0,19
Ce	-0,93	0,16	-0,13
Pr	-0,86	-0,13	-0,25
Nd	-0,92	-0,03	-0,19
Gd	-0,15	0,09	-0,02
Dy	-0,82	0,49	0,04
Ho	-0,56	0,70	0,11
Yb	-0,74	0,63	-0,04
Hf	-0,61	0,76	-0,08
Ta	-0,46	-0,35	-0,37
Pb	-0,18	-0,35	0,39
Th	-0,89	0,37	-0,23
U	-0,65	0,71	-0,05
Доля нагрузки фактора, %	16,56	5,69	2,74

Анализ представленной таблицы показывает, что первый фактор оказывает влияние на накопление таких компонентов как Na, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Ga, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Dy, Yb, Th. Третий фактор оказывает наибольшую нагрузку на концентрацию таких элементов как Mg, Al, Rb, Sb, являющихся составными компонентами промышленной пыли.

4.1.2 Региональные особенности зольного остатка организма человека как отражение состава среды его обитания

Региональные особенности ЗООЧ г. Норильска рассчитывались на основе коэффициентов концентрации по формуле:

$$K_K = \frac{C_{\Gamma}}{C_{\Sigma}} \quad (1),$$

где C_{Γ} – среднее содержание элемента в ЗООЧ г. Норильска мг/кг,

C_{Σ} – среднее содержание элементов по всем изученным городам (Новокузнецк, Новосибирск, Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург), мг/кг.

Значение коэффициента концентрации больше 1,5 говорит о значимом превышении содержания элемента в ЗООЧ г. Норильска по сравнению с другими изученными городами. Результаты расчета коэффициентов концентрации для зольного остатка г. Норильска представлены на рисунке 4.4.

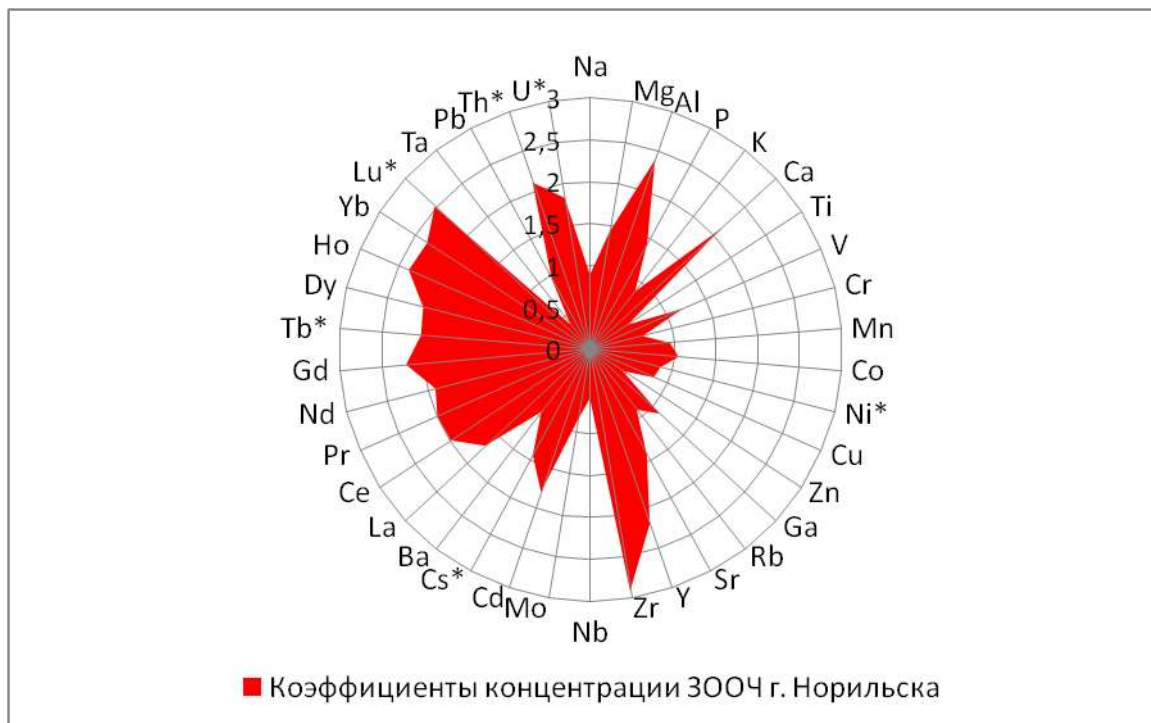


Рисунок 4.4 – Диаграмма коэффициентов концентрации элементов в ЗООЧ г. Норильска по данным ИСП-мс.

Диаграмма наглядно показывает, что ЗООЧ г. Норильска концентрирует в большем количестве по сравнению с другими городами следующие элементы: Mg, Al, P, Ca, V, Ga, Sr, Y, Zr, Cd, Cs*, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb*, Dy, Ho, Yb, Lu, Th, U.

Примечательно, что концентрация таких элементов как медь, никель, кобальт не максимальна в ЗООЧ г. Норильска, что косвенно соотносится с данными Э. В. Сокол. Автор утверждает, что уролиты больных проживающих в городах, специализирующихся на добыче и переработке меди, никеля, свинца и цинка не выделяются на региональном фоне по содержанию данных элементов [13]. В соответствии с приведенными выше данными, ЗООЧ г. Норильска не выделяется на глобальном уровне по содержанию меди, никеля, цинка или свинца, что может говорить о физиологических особенностях организма человека или специфике выбранного метода анализа, о которой говорится в главе 3.

Интересной оказалась и повышенная концентрация редкоземельных и радиоактивных элементов в ЗООЧ г. Норильска, источник которой не ясен. С одной стороны, накопление данных элементов, вероятно, не отражает состав руды, используемой на производстве, так как спектр элементов значительно отличается (рис. 2.3). Одним из возможных источников поступления данных элементов в ЗООЧ г. Норильска может стать использование флюсов, например циркон-ильменитовых песков, в процессе производства. Таким образом, для установления истинного источника поступления радиоактивных и редкоземельных элементов необходимо провести исследование состава питьевой воды и материалов, используемых в промышленности. Такие элементы как Mg, Ca и Al являются составными компонентами пыли, образующейся на производстве, что могло стать причиной их накопления в организме жителя г. Норильска. Исследование технологии производства платины и других металлов показало, что торий и цирконий активно используются в электропечах в качестве футеровки и тиглей [45].

По сравнению с другими городами (рис. 4.5) Норильск выделяется значительными концентрациями вышеуказанных элементов, однако, максимальные концентрации отмечены в ЗООЧ г. Екатеринбурга (Nb, Cd, Ta). Из шести городов наименее выделяются такие города как Ростов-на-Дону, Новосибирск и Новокузнецк. По сравнению с городом Норильск зольный остаток организма человека городов-миллионеров отличается повышенной концентрацией иного спектра элементов, к которым относятся Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, Ta, W, Pb. Таким образом, диаграмма наглядно показывает, что изучаемые города имеют различную специфику накопления элементов. Это доказывает, что ЗООЧ каждого города отличается региональной спецификой, которая, по-видимому, зависит от состава среды обитания, местного рациона и других причин.

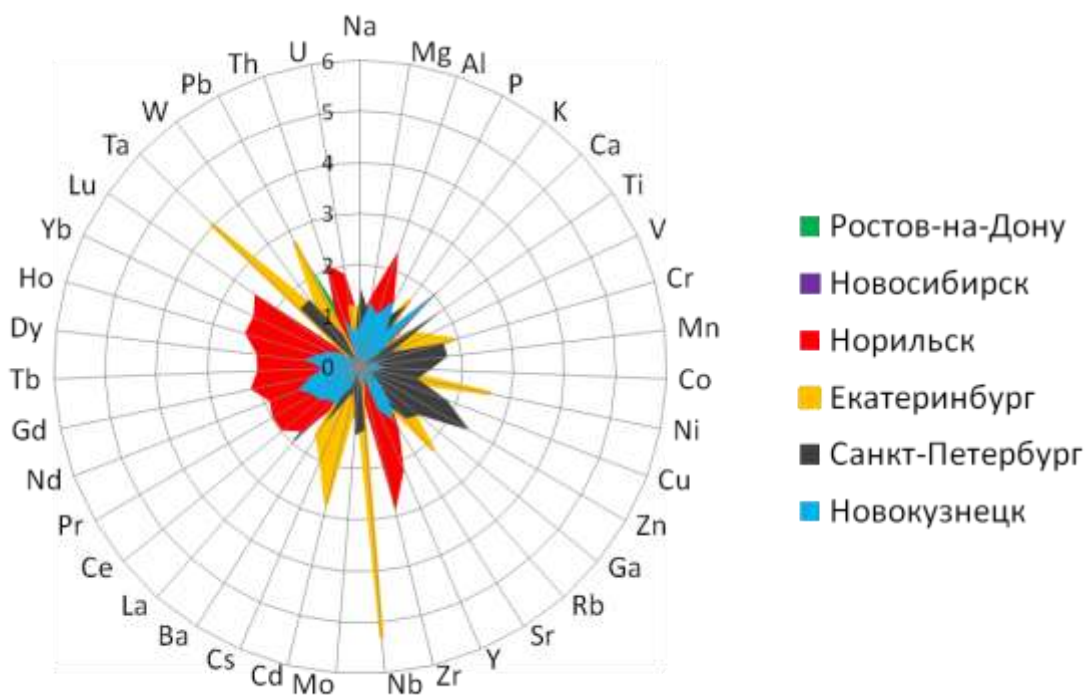


Рисунок 4.5 – Диаграмма коэффициентов концентрации элементов в 300Ч г. шести городов России по данным ИСП-мс.

Исследование геохимических особенностей 300Ч г. Норильска по сравнению с другими городами показало, что спектр накопленных элементов г. Норильска и Новокузнецка в некоторой степени похожи, но 300Ч г. Новокузнецка концентрирует подобные элементы в меньших количествах, что можно проследить с помощью геохимических рядов (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Геохимические ряды для 300Ч г. Норильска и г. Новокузнецка.

Город	Геохимические ряды
Новокузнецк	$\text{Ca}_{2,1} - \text{Nd}_{1,4} - \text{P}_{1,4} - \text{Mg}_{1,3} - \text{Pr}_{1,2} - \text{Dy}_{1,1} - \text{Gd}_{1,1} - \text{Al}_{1,1} - \text{Ce}_1 - \text{Th}_{0,9} - \text{La}_{0,9} - \text{Y}_{0,9} - \text{K}_{0,8} - \text{Rb}_{0,8} - \text{Ba}_{0,8} - \text{Ho}_{0,7} - \text{Na}_{0,7} - \text{Tb}_{0,7} - \text{Sm}_{0,6} - \text{Cr}_{0,5} - \text{Yb}_{0,5} - \text{U}_{0,5} - \text{Fe}_{0,5} - \text{Eu}_{0,5} - \text{Co}_{0,5} - \text{Ga}_{0,5} - \text{Er}_{0,5} - \text{Si}_{0,4} - \text{Cs}_{0,4} - \text{Ti}_{0,4} - \text{Tm}_{0,4} - \text{Sn}_{0,4} - \text{Nb}_{0,4} - \text{Ni}_{0,3} - \text{Lu}_{0,3} - \text{Li}_{0,3} - \text{Mn}_{0,3} - \text{Mo}_{0,3} - \text{W}_{0,3} - \text{Cu}_{0,2} - \text{Sb}_{0,2} - \text{Zn}_{0,2} - \text{Sc}_{0,2} - \text{Ag}_{0,1} - \text{Ta}_{0,1} - \text{Cd}_{0,1} - \text{Zr}_{0,1} - \text{Hf}_{0,05} - \text{Pb}_{0,05} - \text{Bi}_{0,01} - \text{Be}_{0,01} - \text{Au}_{0,01} - \text{Ge}_{<0,01} - \text{V}_{<0,01}$
Норильск	$\text{Gd}_{3,4} - \text{Sc}_{2,8} - \text{Zr}_{2,8} - \text{Lu}_{2,5} - \text{Y}_{2,5} - \text{Ho}_{2,5} - \text{Yb}_{2,5} - \text{Sm}_{2,4} - \text{Dy}_{2,4} - \text{Al}_{2,3} - \text{Ge}_{2,3} - \text{Th}_{2,3} - \text{Pr}_{1,3} - \text{Ce}_{2,2} - \text{Tb}_{2,2} - \text{Nd}_{2,2} - \text{Ca}_{2,1} - \text{U}_{1,8} - \text{Cd}_{1,8} - \text{La}_{1,8} - \text{Cs}_{1,6} - \text{Sr}_{1,5} - \text{P}_{1,4} - \text{Mg}_{1,4} - \text{Si}_{1,2} - \text{Mo}_{1,1} - \text{Ga}_{1,1} - \text{Hf}_{1,1} - \text{Sb}_{1,1} - \text{Co}_1 - \text{Fe}_1 - \text{Ba}_1 - \text{Mn}_{0,9} - \text{Ni}_{0,9} - \text{Rb}_{0,9} - \text{Na}_{0,9} - \text{K}_{0,9} - \text{Pb}_{0,8} - \text{Cu}_{0,7} - \text{Cr}_{0,6} - \text{Ti}_{0,6} - \text{Nb}_{0,6} - \text{Zn}_{0,5}$

Наличие некоторых сходств в концентрировании элементов между двумя городами может говорить о схожей специфике производств данных городов. В связи с этим было принято решение произвести проверку схожести городов в концентрировании элементов с помощью простейшего индекса схожести Жаккарда. Данный индекс рассчитывается по формуле 2 и дает информацию о схожести между объектами в процентах (табл. 4.4).

$$Kж = \frac{S}{P} * 100\% \quad (2),$$

где S – количество концентрирующихся элементов ($K_k > 1$), одинаковых для двух городов;

P – общее количество концентрирующихся элементов ($K_k > 1$) для двух городов.

Таблица 4.4 – Данные о схожести городов на основе индекса Жаккарда, %.

Норильск	Новокузнецк	Ростов-на-Дону	Новосибирск	Санкт-Петербург	Екатеринбург
Норильск	25	0	2	13	10
	Новокузнецк	0	0	7	4
		Ростов-на-Дону	0	5	6
			Новосибирск	0	0
				Санкт-Петербург	48
					Екатеринбург

Из таблицы 4 видно, что наибольшее сходство имеют Санкт-Петербург и Екатеринбург, для которых коэффициент равен 48%. Определенной схожестью обладают Новокузнецк и Норильск ($Kж = 25\%$), что, скорее всего, показывает металлургическую специфику крупнейших промышленных центров цветной и черной металлургии.

Таким образом, геохимическая специфика ЗООЧ г. Норильска, вероятно, отражает состав окружающей среды и выражается в повышенном накоплении редкоземельных и радиоактивных элементов, а также Mg, Al, P, Ca, V, Sr, Zr, Cd. Однако, повышенные концентрации меди, никеля, свинца и цинка в окружающей среде не находят своего отражение в составе ЗООЧ г. Норильска по данным масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

4.2 Минералогические особенности зольного остатка организма человека г.

Норильска как отражение состава среды его обитания

В первую очередь стоит отметить, что зольный остаток организма человека-преобразованный под действием высоких температур материал, поэтому он не может в полной мере отражать состав организма человека, за исключением основного минерала костной ткани – гидроксипатита.

Рентгеноструктурное исследование зольного остатка организма человека г. Норильска показало, что основным минералом исследуемого материала является

гидроксилапатит ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$). Наряду с данным минералом в пробах из г. Норильска был обнаружен гидроксилапатит со значительной примесью силиката – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{SiO}_4)(\text{OH})$ (рисунок 4.6). Следует отметить, что кварцевый песок активно используется в процессе производства меди, никеля и кобальта. Кроме того, повышенная концентрация кремния установлена в ЗООЧ г. Норильска по сравнению с другими городами, а кластерный анализ выявил тесную взаимосвязь Si с Cu, Al, V и Nb.

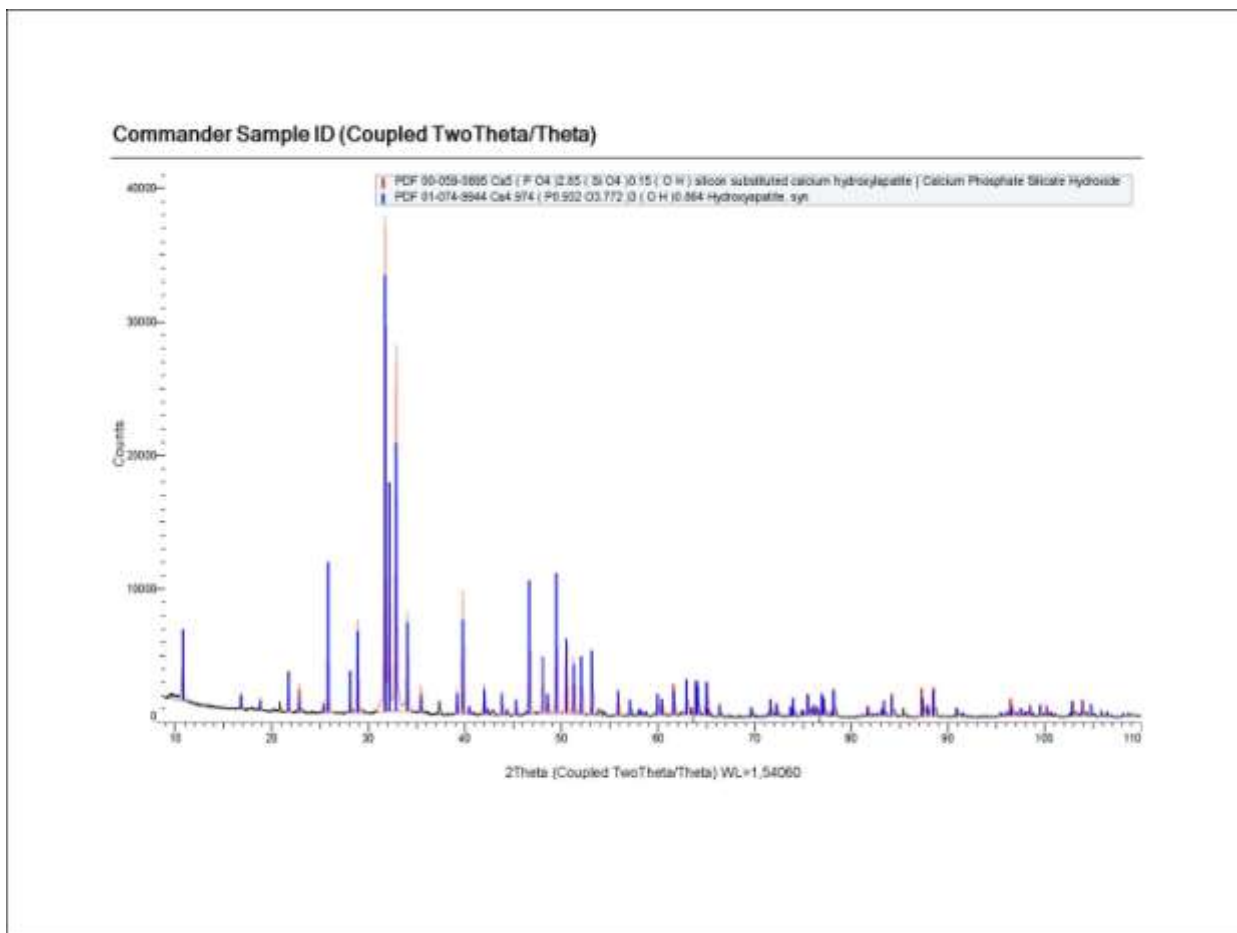


Рисунок 4.6 – Кривая зависимости интенсивности дифракционной картины от угла отражения 2θ в ЗООЧ г. Норильска.

Исследования агрегатов гидроксилапатита, занимающих более 99,5% всего объема проб, под электронным микроскопом показывают, что в качестве основных примесей в составе данного минерала выступают Na, K, Mg (<10%), иногда S, Al, Si, Cl. Средний состав гидроксилапатита в ЗООЧ г. Норильска, при этом отличается от состава сухой обезжиренной кости по данным Ф. Бетса (1981 г) и по содержанию Ca, P, Наблизе к гидроксилапатиту сухой эмали человека (таблица 4.5). Отличия в составе гидроксилапатита зольного остатка организма человека по сравнению с приведенными ниже данными, по-видимому, зависит от того, что ЗООЧ – представляет собой сборный материал костной ткани (в большей степени), а также других органов и тканей организма человека.

Таблица 4.5 – Сравнение состава кости, эмали зубов человека и гидроксилапатита 300Ч г. Норильска

Компонент	Состав кости человека по данным Ф. Бетса, % [1]	Состав сухой эмали зубов человека по данным А. Кораго, % [1]	Гидроксилапатит 300Ч г. Норильска, %
Ca	24	33,6-39,4	32,1
P	11,2	16,1-18,0	14,0
Na	0,5	0,25-0,9	2,9
Mg	0,3	0,25-0,56	0,3
Cl	0,01	0,19-0,3	<0,1
K	0,2	0,05-0,3	2,3
F	0,5	0,05-0,5	Н.д.

Наряду с гидроксилапатитом такого состава в пробах зольного остатка жителей города Норильска было отмечено присутствие агрегатов, в которых Na, K и Mg заменяет Ca на 70-90% (Рисунок 4.7).

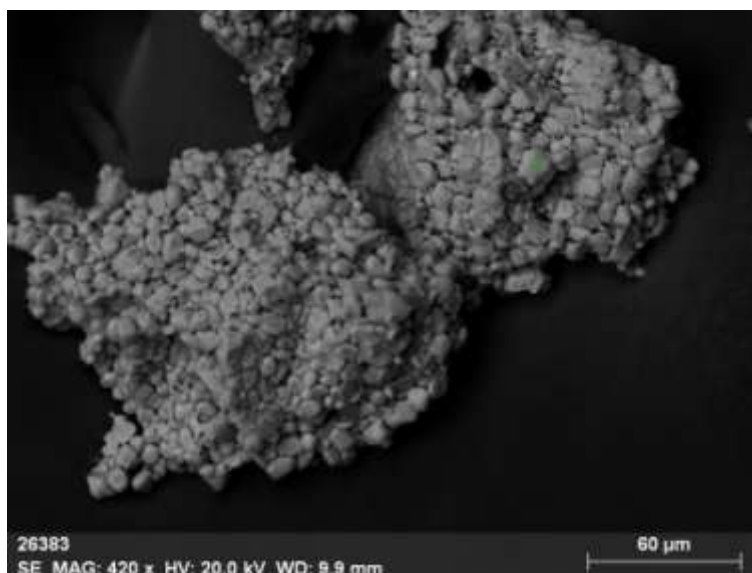


Рисунок 4.7 – Агрегат гидроксилапатита с примесью Na, K, Mg в 300Ч г. Норильска

В гидроксилапатитовой матрице 300Ч г. Норильска отмечается присутствие разнообразных включений - микрофаз микронных размеров. Данные включения распространены в пробе крайне неравномерно и имеют разнообразный состав, однако, точная диагностика минеральных фаз на данный момент не может быть проведена из-за отсутствия технических средств.

С помощью электронного микроскопа в составе материала были найдены 27 минеральных фаз (Таблица 4.6) различного состава, в том числе микрофазы Cu, Ni и Pt, вероятно, отражающие воздействие промышленности.

Таблица 4.6 – Формы нахождения некоторых элементов в ЗООЧ г. Норильска по данным электронной микроскопии.

Элемент	Состав минеральной фазы и её характеристика
Al	Размер ~ 20 × 60мкм; Главные элементы (>10%): Al (49%), O(41,1%), Сопутствующие элементы (1-10%): Na(3,3%), Si(2,1%), S(1,1%); Примеси (<1%): Ca, P. Алюмосиликат ?
Si	Размер ~ 30 × 10мкм; Главные элементы (>10%): Si (48,3%), O(34,1%), Сопутствующие элементы (1-10%): Al(8,9%), (иногда Fe (4,4%)); Примеси (<1%): Ca, P, Na, K. Алюмосиликат ?
P (Рис. 4.7)	Размер ~ 40 × 72мкм; Главные элементы (>10%): Si (17,5%), O(39,3%), Ti (11%), Fe (14,7%) иногда Zn (17,2%) вместо Fe; Сопутствующие элементы (1-10%): Mn (8,8%), K(5,3%), Al(2,7%), Ca(3,3%), Примеси (<1%): Pb, P, Na, Mg
Р (Рис. 4.7)	Среднее по 4 измерениям. Размер ~ 15 × 30 мкм; Главные элементы (>10%): P (18,5%), O (38,4%), Na (14,1%), K (14%); Сопутствующие элементы (1-10%): Ca (6,6%), Mg (2,1%); Примеси (<1%): иногда Cl, S, Al, Si.
Ca	Среднее по 6 измерениям. Размер ~ 10 × 20 мкм; Главные элементы (>10%): Ca(32,1%), O (41,2%), P (14,0%), Сопутствующие элементы (1-10%): Na (2,9%), K (2,3%); Примеси (<1%): Mg, иногда S, Al, Si, Cl Гидроксилapatит или апатит (?)
	Размер ~ 30 × 30 мкм; Главные элементы (>10%): Ca (52%), O (46,6%); Сопутствующие элементы (1-10%): Cl (2%) иногда Ti (5,6%), Si (5,3%), Al (1,5%); Примеси (<1%): Mg, P, S, Fe. Оксид кальция (?)
	Размер ~ 200 × 50 мкм; Главные элементы (>10%): Ca (38,8%), O (21,5%), Si (28,8%); Сопутствующие элементы (1-10%): K (4,5%), Al (3,5%), Fe (1,9%), P (1,1%); Гидроксилapatит с примесью оксида кремния (?)
Fe	Размер ~ 2 × 3 мкм; Главные элементы (>10%): Fe (33,8 - 62%), O (38,1%), Сопутствующие элементы (1-10%): иногда Mn (3,3%) Ni (7,2%); Примеси (<1%): Ca, P, K, S. Оксид железа (?)
	Размер ~ 20 × 20 мкм; Главные элементы (>10%): Fe (82,1%), Сопутствующие элементы (1-10%): O (5,7%), Ca (8,4%), P (2,1%), Mn (1,2%); Примеси (<1%): Na, Al, Si. Самородное железо (?)
Cu	Размер ~ 1 × 1 мкм;

(Рис. 4.8)	Главные элементы (>10%): Cu (85,4%), O (12,9%); Примеси (<1%): Ca, P Самородная медь (?)
	Размер $\sim 6 \times 3$ мкм; Главные элементы (>10%): Cu (75,2%), S (18,6%); Сопутствующие элементы (1-10%): O (3,3%), Ca (1,5%), P (1,1%); Примеси (<1%): Al, Si, K Сульфат или сульфид меди (?)
	Размер $\sim 4 \times 2$ мкм; Главные элементы (>10%): Cu (83,2%); Сопутствующие элементы (1-10%): O (3,5%), Sn (3%), Ni (2,7%), Fe (1,8%), Ca (3,6%), P (1,9%). Интерметаллическое соединение (?)
	Размер $\sim 1,5 \times 1,5$ мкм; Главные элементы (>10%): Cu (26,7%), O (19,1%), Sn (25,8%); Сопутствующие элементы (1-10%): Na (9,6%), Ca (6%), P (3,5%), Cl (2,5%), K (2%), Mg (1,7%), Al (1,5%); Примеси (<1%): Si, S (<2%). Бронза (?)
Zn (рис. 4.9)	Размер $\sim 1 \times 1$ мкм; Главные элементы (>10%): Zn (72,1%), O (16,9%); Сопутствующие элементы (1-10%): Примеси (<1%): иногда Cu, Al, Ca, P, S Самородный цинк (?)
Sr	Размер $\sim 12 \times 7$ мкм; Главные элементы (>10%): Sr (34,2%), O (29,6%), Zn (15,1%), Si (12,2%); Сопутствующие элементы (1-10%): Ti (3,2%), Al (1,1%); Примеси (<1%): Ca, P. Оксид стронция (?)
Zr (рис. 4.10)	Размер $\sim 40 \times 20 \times 15$ мкм; Главные элементы (>10%): Zr (41,9%), O (44,2%), Si (10,8%); Сопутствующие элементы (1-10%): Al (2,3%); Примеси (<1%): Ca, P, Na, Mg. Циркон (?)
Ag	Размер $\sim 1 \times 1$ мкм; Главные элементы (>10%): Ag (34%), O (29,1%), Si (10,3%); Сопутствующие элементы (1-10%): Al (3,9%); Примеси (<1%): Ca, P, Na, Mg, K, Fe, Cu, S. Оксид серебра (?)
Sn (рис. 4.11)	Размер $\sim 6 \times 4$ мкм; Главные элементы (>10%): Sn (61,7%), O (31,6%); Сопутствующие элементы (1-10%): Al (2,6%), Fe (1,8%); Примеси (<1%): Ca, P, Na, K, Cu, Si. Касситерит (?)
Sb	Размер $\sim 1 \times 1$ мкм; Главные элементы (>10%): Sb (25,1%), O (16,1%), Ni (17,7%), Cu (17,5%); Сопутствующие элементы (1-10%): Zn (4,9%), Si (7,2%), Ti (3,2%), Al (2%); Примеси (<1%): Ca, P, K, Mg, S. Интерметаллическое соединение (?)
Ba	Размер $\sim 2 \times 3$ мкм; Главные элементы (>10%): Ba (25,4%), O (31,7%), Zn (10,5%),

	Сопутствующие элементы (1-10%): S (5,8%), иногда: Fe (9,25%), Cu (2,5%), Ti (8,6%), Pb (5,8%); Примеси (<1%): Ca, P, K, Na, Mg, Si, Al, Cr. Барит (?)
Ce (рис. 4.12)	Размер ~ 2 × 2 мкм; Главные элементы (>10%): Ce (24,4%), Сопутствующие элементы (1-10%): O (30,4%), P (13,5%), La (12%), Nd (9,9%), Th (2,6%); Примеси (<1%): Ca, Si, Al. Монацит (?)
Pt (рис. 4.13)	Размер ~ 1 × 1 мкм; Главные элементы (>10%): Pt – 44,8%, O (27,4%); Сопутствующие элементы (1-10%): Na (8,6%), Ca (7,9%), K (4,3%), Mg (2,4%), Cu (1,7%); Примеси (<1%): Ti, Si, Fe. Самородная платина (?)
Au	Размер ~ 1,25 × 2,5 мкм; Главные элементы (>10%): Au (33,2%), O (15,9%), Cu (18,8%), Ca (19,8%), Сопутствующие элементы (1-10%): Ag (2,8%), P (7,5%); Примеси (<1%): Mg, Al, Si, K, Fe. Интерметаллическое соединение (?)
Pb	Размер ~ 1 × 1 мкм; Главные элементы (>10%): Pb (38,5%), O (31,4%), Сопутствующие элементы (1-10%): Cl (6,1%), иногда Ca (5,3%); Примеси (<1%): Al, P. Оксид свинца (?)

*Примечание: Такие элементы как Ca, P, Na, K, Mg, Al, Si, Свходят в состав матрицы ЗООЧ. При исследовании микрофаз эти элементы в результате рассеяния электронов обнаруживают свое присутствие в виде шума, искажающего реальный состав исследуемого агрегата.

Изображение некоторых минеральных фаз представлено на рисунках 4.8- 4.13.

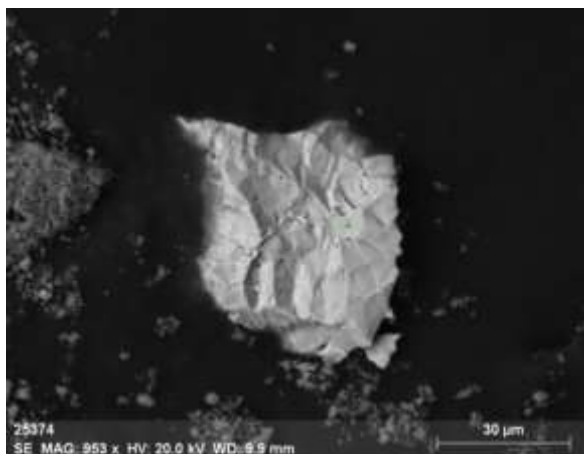


Рисунок 4.8 – Микроминеральная фаза меди в ЗООЧ г. Норильска

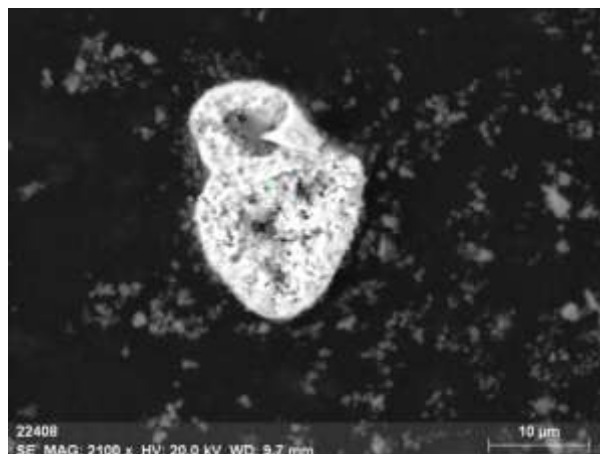


Рисунок 4.9 – Микроминеральная фаза цинка в ЗООЧ г. Норильска



Рисунок 4.10 – Микроминеральная фаза циркония в виде циркона в ЗООЧ г. Норильска



Рисунок 4.11 – Микроминеральная фаза олова в виде касситерита в ЗООЧ г. Норильска



Рисунок 4.12 – Микроминеральная фаза церия в виде монацита в ЗООЧ г. Норильска

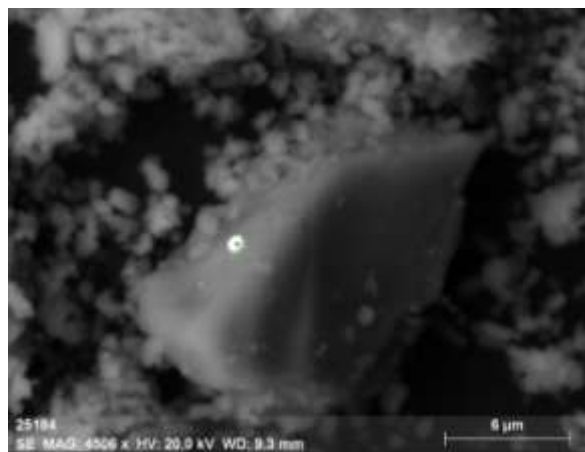


Рисунок 4.13 – Микроминеральная фаза платины в ЗООЧ г. Норильска

Особое внимание необходимо уделить микроминеральным фазам циркона, найденным в пробе. Два кристалла циркона, найденные в ЗООЧ г. Норильска отличались сохранением облика кристалла: дипирамидального с длиной ребра около 20 мкм для первого кристалла и дипирамидально-призматического с длиной кристалла около 120 мкм для второго. Облик данных кристаллов предполагает, что минералы не являются физиологическими, то есть образовались не в организме человека, а попали в него извне при дыхании или питании. При этом облик второго кристалла и его размер больше похож на кристалл циркона из магматических пород (Рисунок 4.14). Наличие минеральных фаз циркона и монацита указывает на возможное использование циркон-ильменитовых песков в технологии производства.

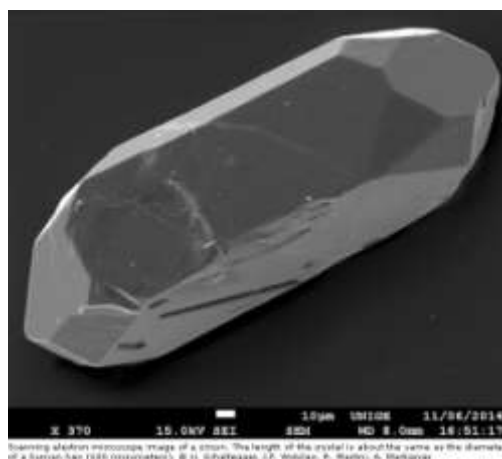


Рисунок 4.14 – Кристалл циркона магматических пород под электронным микроскопом [46]

Минералогическая специфика ЗООЧ г. Норильска значительно отличается от других городов наличием вышеуказанных минеральных фаз. В таблице 4.7 указаны элементы, найденные в минеральных фазах ЗООЧ различных городов, которые показывают элементную и минеральную специфику каждого города.

Таблица 4.7 – Химические элементы в ЗООЧ, образующие собственные минеральные фазы и их встречаемость

Город Элемент	Новокузнецк	Новосибирск	Екатеринбург	Ростов- на-Дону	Санкт- Петербург	Норильск
O	O	O	O	O	O	O
Na	O	O	O	O	O	O
Mg	O	O	O	O	O	O
P	O	O	O	O	O	O
K	O	O	O	O	O	O
Ca	O	O	O	O	O	O
Al		+		+	+	+
Si		+	+	+		+
S		+	+	+	+	+
Cl		+	+	+	+	+
Ti				+	+	+
Cr						X
Mn				+	+	+
Fe	+	+	+	+	+	+
Co			X			
Ni				+		+
Cu		+	+	+		+
Zn				+	+	+
Sr					+	+
Zr						X
Nb					X	
Ag		+			+	+
Sn						X

Sb						X
Ba		+	+	+		+
La		+				+
Ce		+				+
Nd						X
Pt						X
Au		+				+
Pb			+			+
Th		+				+

Примечание: О - матричные элементы, минеральная фаза которых представлена гидроксилapatитом и встречается во всех городах. + - минеральные фазы элементов, встреченные в пробах двух и более городов, X – минеральные фазы элементов, на данный момент исследованные установленные только в пробах одного города.

Таблица показывает, что ЗООЧ г. Норильск отличается от других городов наибольшим разнообразием минеральных фаз. По индексу схожести Жаккарда наибольшей схожестью минеральной специфики обладают такие города как Ростов-на-Дону – Санкт-Петербург (65%), Екатеринбург-Ростов-на-Дону (63%) и Норильск – Новосибирск (62%). Как видно из таблицы 4.7 минералогическая специфика ЗООЧ г. Норильска и Новосибирска похожа накоплением специфических минеральных фаз лантана, церия, тория, а также золота и серебра. При этом следует учитывать плохую изученность проб из г. Новокузнецка, что не позволяет сравнивать его минералогическую специфику с другими городами.

В целом минералогическая специфика зольного остатка организма человека г. Норильска заключается в следующем:

1. Наличие большого количества разнообразных минеральных фаз, чего не наблюдалось в других городах;
2. Наличие разнообразных соединений меди в виде оксидов меди, самородной меди, интерметаллических соединений, а также соединений меди с серой;
3. Наличие специфических минеральных фаз платины, никеля, олова, циркония и др., отражающих воздействие промышленных выбросов.

Данная специфика выделяет город Норильск среди всех других городов с минералогической точки зрения, отражая воздействие промышленных выбросов, а также подтверждая повышенные концентрации циркона, алюминия, кремния, кальция, магния, редкоземельных и радиоактивных элементов по данным ИСП-мс. По-видимому, высокие концентрации La, Ce, Th, Nd обусловлены наличием монацита в пробах, а Zr и Hf наличием циркона. Кроме того, состав Норильских руд, использующихся на производстве, нашел свое отражение в минералогических особенностях ЗООЧ г. Норильска, выражаясь в наличии минеральных фаз меди, платины, никеля, золота и серебра.

Таким образом, элементный и минеральный ЗООЧ г. Норильска, с одной стороны, отражает состав выбросов промышленности, а, с другой стороны, состав руды, используемой на производстве, что и является отражением состава среды обитания г. Норильска.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение при проведении научно-исследовательских работ

5.1 Планирование научно-исследовательских работ

Для изучения минералого-геохимических особенностей зольного остатка организма человека г. Норильска необходимо последовательное планирование эколого-геохимических, лабораторных и камеральных работ (табл. 5.1) с последующим расчетом затрат времени и труда (табл. 5.2). Отбор проб ЗООЧ будет производиться биогеохимическим методом локально в крематории г. Норильска, количество проб – 22, маршрутные ходы при этом не предусмотрены. В качестве лабораторных работ предусмотрены 3 вида работ: спектроскопические исследования, рентгеноструктурный анализ, а также минералогические исследования. К камеральной обработке результатов относятся мероприятия по обработке результатов с применением персонального компьютера и без него.

Таблица 5.1 – Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм	Кол-во		
1.	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	22	Категория проходимости – 1, привязка пунктов наблюдения глазомерная, пробы отбираются при помощи лопатки. Обозначение проб и их регистрация - на бланках этикеток и журналов установленной формы.	Пластиковые контейнеры, индивидуальные ложки.
2.	Полевая камеральная обработка материалов	Проба	28	Обработка и анализ полученных данных с использованием ЭВМ, в помещении, удовлетворяющем санитарным нормам.	
3	Обработка результатов анализов без использования ЭВМ:	Проба	28		
4	Предварительное изучение результатов анализов и выявление элементов загрязнителей	Проба	28		ПЭВМ
5	Определение фоновых и минимально-аномальных значений анализируемых компонентов	Проба	28		ПЭВМ
6	Обработка результатов с использованием ЭВМ	Проба	28		ПЭВМ
7	Расчет суммарного показателя концентрации (рассеяния) элементов (компонентов)-загрязнителей	Проба	28		ПЭВМ
8	Составление таблиц и	Проба	28		ПЭВМ

	графиков режимного изучения динамических сред по отдельным элементам (компонентам) и по суммарным показателям				
9	Дробление (измельчение) образцов пород вручную до размера зерен менее 0,5 мм; масса образца 0,1 - 0,2 кг	Образец	9	Организация работ в минералогических лабораториях должна отвечать техническим и санитарно-гигиеническим требованиям. Помещение для проведения минералогических анализов должно состоять из нескольких отдельных комнат	Агатовая ступка
10	Квартование ручным способом на стекле (каждая послед. квартовка +0,05)	Одно сокращение	9		Стекло
11	Разделение в тяжелой жидкости способом отстаивания или центрифугирования	Навеска	1		
12	Детальный минералогический анализ шлихов рыхлых пород с повышенной точностью определения содержания полезных минералов и их спутников в процентах, детальным определением и описанием.	Проба	7		Электронный сканирующий микроскоп Hitachi
13	Подготовка препарата для рентгеноструктурного анализа с ионизационной регистрацией дифракции рентгеновских лучей (набивка кюветы)	Проба	2		
14	Получение дифрактограммы для качественного фазового анализа в одном интервале узлов	Дифрактограмма	20		Порошковый дифрактометр Bruker
15	Визуальная расшифровка дифрактограмм по дифрактограммам минералов-эталонов на 2-3 минерала	Проба	2		ПЭВМ

Для того чтобы определить время, необходимое на проведение научно-исследовательских работ и написание дипломной работы, необходимо составить календарный план работ и определить действия, необходимые для выполнения проекта.

5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета затрат времени и труда на проведение исследований предполагается использование «Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы»[49] и СН-93, выпуск 2 [47], выпуск 7 [48].

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$t=Q \cdot H_g \cdot K \quad (1),$$

где:

Q- объем работ;

H_g - норма времени;

К - соответствующий коэффициент к норме.

С помощью формулы, приведенной выше, и справочных данных, были определены нормы затрат времени по видам работ и рассчитаны затраты времени для каждого этапа работ при наиболее благоприятном стечении обстоятельств (Табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Расчет затрат времени по видам работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ (Q)		Норма длительности (Н)	Коэффициент (К)	Нормативный документ	Итого чел.-смена (Т)
		Ед.изм.	Количество				
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	Шт.	22	5,91/100 = 0,06	1	ССН, вып.2, табл.41, стр.2, ст.1	1,32
2	Полевая камеральная обработка материалов	Шт.	22	0,41/100 = 0,0041	1	ССН, вып.2, табл.54, стр.1, ст.2	0,09
3	Обработка результатов анализов без использования ЭВМ:	Проба	28	0,0136	1	ССН, вып. 2 таблица 59, стр. 68 пункт 126	0,3
4	Предварительное изучение результатов анализов и выявление элементов загрязнителей	1000 Элемент определения	1,876	0,34	1	ССН, вып. 2 таблица 60, стр. 71 пункт 126	0,64
5	Определение фоновых и минимально-аномальных значений анализируемых компонентов	1000 Элемент определения	1,876	0,46	1	ССН, вып. 2 таблица 60, стр. 73 пункт 126	0,86
6	Обработка результатов с использованием ЭВМ	1 проба	28	0,0337	1	ССН, вып. 2 таблица 61, стр. 73 пункт 126	0,94
7	Расчет суммарного показателя концентрации (рассеяния) элементов (компонентов)-загрязнителей	1000 элемент определения	1,876	0,31	1	ССН, вып. 2 таблица 60, ст. 7 пункт 31	0,56
8	Составление таблиц и графиков режимного изучения динамических сред по отдельным элементам (компонентам) и по суммарным показателям	1000 элемент определения	1,87	1,4	1	ССН, вып. 2 таблица 60, ст. 7 пункт 28	2,52
9	Дробление (измельчение) образцов пород вручную до размера зерен менее 0,5 мм; масса образца 0,1 - 0,2	Образец	9	0,27 бригадо-часов = 0,03 чел.-смен	2	ССН, вып.7, табл.8.2, стр.1, ст.2	0,54

	кг						
10	Квартование ручным способом на стекле (каждая послед. квартовка +0,05)	Одно сокращение (квартование)	9	2 пробы по 0,09 бригадо-часов =0,01 смен; 7 проб по 0,19 бригадо-часов =0,02 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.8.3, стр.2, ст.6	0,32
11	Разделение в тяжелой жидкости способом отстаивания или центрифугирования	Навеска	1	1,55 бригадо-часов =0,19 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.8.3, стр.7, ст.6	0,38
12	Детальный минералогический анализ шлихов рыхлых пород с повышенной точностью определения содержания полезных минералов и их спутников в процентах, детальным определением и описанием.	Проба	7	6,14 бригадо-часов = 0,76 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.8.11, стр.19, ст.3	10,74
13	Подготовка препарата для рентгеноструктурного анализа с ионизационной регистрацией дифракции рентгеновских лучей (набивка кюветы)	Проба	2	0,07 бригадо-часов = 0,009 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.9.2, стр.2, ст.4	0,04
14	Получение дифрактограммы для качественного фазового анализа в одном интервале узлов	Дифрактограмма по 1 пробе	20	0,21 бригадо-часов = 0,03 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.9.2, стр.12, ст.4	1,2
15	Визуальная расшифровка дифрактограмм по дифрактограммам минералов-эталонов на 2-3 минерала	Проба	2	0,4 бригадо-часов = 0,05 чел-смен	2	ССН, вып.7, табл.9.2, стр.19, ст.4	0,2
	Итого:	20,65 смен					

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2),$$

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), которая описана в таблице 5.3, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемая трудоемкость исследования равна:

$$t = (3 \cdot 20,65 + 2 \cdot 75) / 5 = 42,5 \text{ (чел.-дн.)}.$$

С помощью данного показателя определяем продолжительность всей работы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таким образом, продолжительность всей научно исследовательской работы составляет:

$$T_{pi} = \frac{42,5}{2} = 21,2 \text{ (раб. дн.)}, \text{ то есть около 2 месяцев.}$$

5.3 Разработка графика научно-исследовательской работы

Для успешного выполнения научно-исследовательской работы, необходимо составить график выполнения работы, а также установить временные показатели научного исследования, представленные в таблице 5.3. В качестве исполнителя 1 выступает студент, в качестве исполнителя 2- руководитель студента.

Таблица 5.3 – Временные показатели научного исследования

Виды работ	Т, чел.-смен	Геоэколог, Н, чел.-см.	Рабочий 2 категории, Н, чел.-смен
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	1,32	1,32	1,32
Полевая камеральная обработка материалов	0,09	0,09	0,09
Обработка результатов анализов без	0,3	0,3	0,3

использования ЭВМ:			
Предварительное изучение результатов анализов и выявление элементов загрязнителей	0,64	0,64	0,64
Определение фоновых и минимально-аномальных значений анализируемых компонентов	0,86	0,86	0,1
Обработка результатов с использованием ЭВМ	0,94	0,94	0,32
Расчет суммарного показателя концентрации (рассеяния) элементов (компонентов)-загрязнителей	0,56	0,56	-
Составление таблиц и графиков режимного изучения динамических сред по отдельным элементам (компонентам) и по суммарным показателям	2,52	2,52	-
Дробление (измельчение) образцов пород вручную до размера зерен менее 0,5 мм; масса образца 0,1 - 0,2 кг	0,54	0,54	-
Квартование ручным способом на стекле (каждая послед. квартовка +0,05)	0,32	0,32	-
Разделение в тяжелой жидкости способом отстаивания или центрифугирования	0,38	0,38	-
Детальный минералогический анализ шлихов рыхлых пород с повышенной точностью определения содержания полезных минералов и их спутников в процентах, детальным определением и описанием.	10,74	10,74	10,74
Подготовка препарата для рентгеноструктурного	0,04	0,04	-

анализа с ионизационной регистрацией дифракции рентгеновских лучей (набивка кюветы)			
Получение дифрактограммы для качественного фазового анализа в одном интервале узлов	1,2	1,2	1,2
Визуальная расшифровка дифрактограмм по дифрактограммам минералов- эталонов на 2-3 минерала	0,2	0,2	0,1
Итого		20,65	14,81

Календарный план позволяет разделить все работы по месяцам и наглядно увидеть распределение работ по объему и сроку (табл. 5.4)

Таблица 5.4 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ						
				Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Февраль
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	Руководитель	1,32	■						
2	Полевая камеральная обработка материалов	Магистрант	0,09	■						
3	Обработка результатов анализов без использования ЭВМ:	Магистрант	0,3	■						
4	Предварительное изучение результатов анализов и выявление элементов загрязнителей	Магистрант	0,64		■					
5	Определение фоновых и минимально-аномальных значений анализируемых компонентов	Магистрант, руководитель	0,86		■					
6	Обработка результатов с использованием ЭВМ	Магистрант	0,94		■					
7	Расчет суммарного показателя концентрации (рассеяния) элементов (компонентов)-загрязнителей	Магистрант, руководитель	0,56		■					
8	Составление таблиц и графиков режимного изучения динамических сред по отдельным элементам (компонентам) и по	Магистрант	2,52		■					

	суммарным показателям									
9	Дробление (измельчение) образцов пород вручную до размера зерен менее 0,5 мм; масса образца 0,1 - 0,2 кг		0,54							
10	Квартование ручным способом на стекле (каждая послед. квартовка +0,05)		0,32							
11	Разделение в тяжелой жидкости способом отстаивания или центрифугирования		0,38							
12	Детальный минералогический анализ шлихов рыхлых пород с повышенной точностью определения содержания полезных минералов и их спутников в процентах, детальным определением и описанием.		10,7 4							
13	Подготовка препарата для рентгеноструктурного анализа с ионизационной регистрацией дифракции рентгеновских лучей (набивка кюветы)		0,04							
14	Получение дифрактограммы для качественного фазового анализа в одном интервале узлов		1,2							
15	Визуальная расшифровка дифрактограмм по дифрактограммам минералов-эталонов на 2-3 минерала		0,2							

5.4 Бюджет научно-исследовательской работы

Для расчета стоимости подрядных работ используются расценки лабораторий, в которых проводился анализ (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Расчет стоимости подрядных работ

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб.	Итого, руб
ИСП-мс	28	1000,00	28000,00
Итого		28000,00	

5.4.1 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для проведения комплекса исследований определялись согласно ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [47], выпуск 7 «Лабораторный работы» [48] и представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Нормы расхода на отбор проб				
Блокнот малого размера	шт	34,00	0,6	20,40
Журнал регистрации проб	шт	56,00	1	56,00
Карандаш простой		6	2	12,00
Емкость для отбора проб: Пакеты полиэтиленовые фасовочные	шт	4,5	30	135,00
Книжка этикетная	Шт.	74,00	0,3	22,20
Контейнер для проб	Шт.	12,00	28	336,00
Лабораторные исследования				
Книжка этикетная	Шт.	74,00	0,5	37,00
Вода дистиллированная	Л.	43,00	1	43,00
Углеродная клейкая лента	Шт	100,00	1	100,00
Пинцет медицинский	Шт	150	0,2	25,00
Окончательная камеральная обработка исходных данных				
Блокнот малого размера	шт	34,00	1	34,00
Карандаш простой	шт	6,00	8	48,00
Ручка шариковая	шт	22,00	8	176,00
Итого:				1044,60

5.4.2 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Расчет сметной стоимости проекта оформляется по типовой форме. Основные расходы, которые обеспечивают выполнение работ по проекту и являются базой для всех расходов, подразделяются на собственно геоэкологические (А) и сопутствующие расходы (Б). Кроме того, на базу начисляются проценты, которые обеспечивают организацию и управление проектом, а также содержание структуры предприятия. К таким расходам относятся расходы на организацию полевых работ, они составляют 1,5% от общей суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ составляют 0,8% от суммы полевых работ, на транспортировку груза и персонала – 5% от суммы полевых работ. Накладные расходы рассчитываются как 15% от суммы накладных расходов, плановые накопления – 20% от суммы основных и накладных расходов. Кроме того, необходимо сформировать резерв, который тратится на непредвиденные работы и затраты и составляет 3-6% [49].

Стоимость проектно-сметных работ рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{ЗП} = \text{Окл} * \text{Т} * \text{К}, \quad (4),$$

где ЗП – заработная плата (условно),

Окл – оклад по тарифу (руб.),

Т – отработано дней (дни, часы),

К – коэффициент районный (для Томска 1,3).

$$\text{ДЗП} = \text{ЗП} * 7,9\%, \quad (5),$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП} + \text{ДЗП}, \quad (6),$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \quad (7),$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, \quad (8),$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\text{R} = \text{ЗП} * 3\%, \quad (9),$$

где R – резерв (%).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + \text{M} + \text{A} + \text{R} \quad (10),$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные нормы

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:						
Геоэколог (профессор)	1	чел-см	14,81	1 099	1,000	16276
Специалист II кат.(магистрант)	1	чел-см	34,20	245	1,000	8379
ИТОГО:	2		49,01			24655
Дополнительная зарплата	7,9%					1948
ИТОГО:						26603
ИТОГО: с р.к.=	1,3					34584
Страховые взносы	30,0%					10375
ИТОГО:						44959
Материалы, $K_{\text{ТЗР}}=1,0$	5,0%					1330
Амортизация	2,00%					532
ИТОГО основных расходов:						46821,01

Основные расходы рассчитываются как сумма стоимости проектно-сметных работ, расходов материалов на проведение полевых, лабораторных и камеральных работ, а также сопутствующих расходов. Итоговая сметная стоимость работ определяется как сумма основных и накладных расходов, плановых накоплений, подрядных работ, резервных накоплений, а также стоимости НДС. В качестве сопутствующих расходов учитываются затраты на транспортировку персонала и грузов до места отбора проб и обратно (Самолет

«Томск – Норильск – Томск») в сумме 30000,00 руб. К накладным расходам относятся дополнительные расходы, связанные с обслуживанием и ремонтом оборудования, обучением персонала, а также ненормированными расходами. В качестве компенсируемых затрат выступают доплаты и компенсации работникам, производственные командировки, полевое довольствие и др. Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Колич ество	
I	А Собственно геоэкологические работы			
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	46821,01
2	Полевые работы:			46821,01
3	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	702,32
4	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	374,57
5	Камеральные работы	% от ПР	100	46821,01
	Б Сопутствующие работы и затраты			
5	Транспортировка грузов и персонала			30000,00
	Итого основных расходов (ОР):			171539,91
II	Накладные расходы	% от ОР	15	25730,99
	Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)			197270,90
III	Плановые накопления	% от НР+О Р	20	39454,18
IV	Компенсируемые затраты			
6	Доплаты и компенсации	% от ОР	8	13723,19
	Итого компенсируемых затрат:			13723,19
V	Подрядные работы			
7	Лабораторные работы	руб.		28000,00
VI	Резерв	% от ОР	3	5146,20
	Итого сметная стоимость			283594,47
	НДС	%	18	51047,00
	Итого с учётом НДС			334641,47

Таким образом, стоимость реализации проекта минералого-геохимических исследований зольного остатка организма человека г. Норильска составляет 334641,47 рублей с учетом НДС.

6. Профессиональная социальная безопасность при проведении исследований зольного остатка организма человека г. Норильска

Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества, учитывает ожидания заинтересованных сторон, соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения, интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях [50]. Соблюдение основных принципов социальной ответственности особенно важно при проведении научных исследований.

Выпускная квалификационная работа посвящена теме исследования зольного остатка организма человека г. Норильска. Исследование проводится в 3 этапа и включает отбор проб, лабораторные исследования и камеральный этап. Камеральные и лабораторные работы являются одним из важнейших этапов исследования, а также занимают большую часть исследования, поэтому в данном разделе рассматривается в большей степени производственная безопасность при работе в компьютерном помещении и лаборатории. Отбор проб зольного остатка производится в помещении. Лаборатория представляет собой помещение, состоящее из двух комнат, последовательно соединенных друг с другом. В одной из комнат расположен электронный микроскоп фирмы Hitachi и персональный компьютер. Во второй комнате расположен порошковый дифрактометр фирмы Bruker, 3 персональных компьютера, 3 оптических бинокулярных микроскопа. Основное рабочее место расположено в компьютерной аудитории на четвертом этаже. Общая площадь помещения – 80 м². В аудитории расположено следующее оборудование: 10 персональных компьютеров, лазерный принтер со сканером, проектор. При выполнении камерального этапа был использован персональный компьютер (монитор, системный блок, клавиатура, мышь) с программным обеспечением и лазерный принтер. Рабочее место имеет естественный и искусственные источники освещения. Работа в аудитории ведется с 9.00 до 18.00 с перерывом на обед, пять дней в неделю.

6.1 Профессиональная социальная ответственность

При работе в компьютерном классе и минералогической лаборатории особое внимание следует уделить вредным и опасным производственным факторам, которые перечислены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте

Этап работ	Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999г.) [51]		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Лабораторный	Отбор проб ЗООЧ	1. Повышенная запыленность рабочей зоны; 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Превышение уровня шума; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5. Монотонный режим работы	1. Электрический ток; 2. Пожарная опасность	ГН 2.2.5.686-98 [52] СанПиН 2.2.4.548-96 [53] ГОСТ 12.1.003-83 [54] Р 2.2.2006-05 [58] ГОСТ 12.1.038-82 [60] ГОСТ 12.1.019-79 [62] ГОСТ 12.1.030-81 [63] ГОСТ Р 22.0.02-94 [64] НПБ 105-03 [65] ГОСТ 12.1.004-91 [66]
	Измельчение проб ЗООЧ в агазовой ступке			
	Проведение рентгеноструктурного анализа для определения минералогического состава проб ЗООЧ			
	Исследование микроминеральных фаз в составе проб с помощью электронного микроскопа			
Камеральный	Обработка результатов с использованием ЭВМ			

Примечание: Пожарная опасность описана в пункте 6.3 как одна из наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций

6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

К основным опасным производственным факторам при проведении лабораторных и камеральных работ относятся: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, отклонение параметров микроклимата, превышение уровня шума и электромагнитного излучения, недостаточность освещения и монотонный режим работы. Источники формирования данных факторов, его действие на организм человека, нормативы, регулирующие действие данного

фактора, а также меры по защите от действия вышеуказанных факторов рассматриваются ниже.

1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны.

Пробы, представляющие собой материал в виде золы, при отборе и измельчении вызывают пыление. Мелкие частицы пробы, размером от 100 до 1 мкм попадают в воздух рабочей зоны. При этом пыль попадает в организм человека с дыханием, накапливается на слизистых оболочках и коже. Воздействие пыли на организм человека зависит, во многом от её химического состава, но зачастую может вызывать такие заболевания как бронхит и аллергия, а также вызвать такие симптомы как кашель, затрудненное дыхание, ощущение дискомфорта в глазах. Особенно опасно вдыхание пыли для людей, больных астмой, так как может вызывать приступы удушья.

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны определяется на основании расчетов или непосредственных измерений. В соответствии с ГН 2.2.5 686-98 [52] пыль растительного или животного происхождения с содержанием SiO_2 от 2 до 10% относится к 4 классу опасности (вещества малоопасные), с предельно допустимой концентрацией 4 мг/м^3 .

Для предотвращения негативного влияния пыли на организм человека необходимо в процессе измельчения проб пользоваться индивидуальными средствами защиты (респиратором или маской), а также проводить проветривание помещения лаборатории после каждой процедуры измельчения, ежедневно проводить влажную уборку помещения.

2. Отклонение показателей микроклимата в помещении рабочей зоны.

При проведении лабораторных и камеральных работ особенно важным является комфортные для работника параметры микроклимата в помещении, способствующие эффективной работе. К таким параметрам относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Источниками отклонения параметров микроклимата могут быть различные причины: чрезмерная или недостаточная работа нагревательных элементов, работа техники, отсутствие систем проветривания и т.д. Очень важно следить за микроклиматическими параметрами в производственном помещении, так как отклонение данных параметров ведет к чрезмерной утомляемости, возникновению болезней, снижению работоспособности и т.д.

Оптимальные микроклиматические условия призваны обеспечить ощущение теплового комфорта в течение 8 – часовой рабочей смены при минимальном напряжении теплорегуляционных механизмов. Такие условия не вызывают отклонений в состоянии

здоровья и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности. Обработка результатов с помощью ЭВМ относится к Ia категории по уровню энергозатрат (работа, проводимая сидя, с небольшим уровнем физических затрат). Микроклиматические условия рабочей зоны для данного вида работ нормируются согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [53] и указаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений [53].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

В качестве мероприятий по предотвращению отклонений параметров микроклимата могут быть использованы следующие меры коллективной защиты: использование систем вентиляции, кондиционирования и отопления воздуха использование теплоизолирующих экранов для защиты от источников теплового излучения, а также правильная организация режима труда при соответствующих условиях труда.

3. Превышение уровня шума

Основной источник шума в лаборатории - вакуумный насос, являющийся составной частью электронного микроскопа. Шумовое воздействие по-разному сказывается на состоянии здоровья различных людей. Повышенный уровень шума на рабочем месте может привести к раздражительности, головным болям, быстрой утомляемости, нарушению слуха, возникновению профессиональных заболеваний.

Источниками шума в компьютерном классе является работа вентилятора, охлаждающего системный блок и работа принтера.

Шумовое воздействие нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 [54]. Работа с микроскопом относится к категории умственных работ с инструкцией и точной зрительной работой, уровень звука для такой работы нормируется и составляет 65дБ.

Для защиты от шумового воздействия используется шумобезопасная техника, средства индивидуальной и коллективной защиты. К таким средствам относятся звукоизолирующие материалы, кожухи, вкладыши, беруши, против шумные шлемы и каски и т.д.

4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильное световое оформление помещений направлено на улучшение санитарно-гигиенических условий труда и повышение его производительности. Как говорилось выше, рабочее место имеет 2 источника освещения: естественное (через оконные проемы) и искусственное (люминесцентные лампы). Недостаток той или иной составляющей может быть особенно заметен в зимнее время, что ведет к повышенной утомляемости, развитию болезней, снижению зрения. Кроме того, из-за этого повышается общая утомляемость и снижается работоспособность, увеличивается вероятность производственного травматизма [55].

Освещенность в общественных помещениях нормируется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [56]. Согласно данному документу помещение для работы с дисплеями и залы ЭВМ при естественном боковом освещении должны иметь КЕО = 1,2, при совмещенном освещении – 2,1, а освещенность при общем освещении должна равняться 400 лк. При этом показатель дискомфорта и коэффициент пульсации должны быть равны не более 15 и 10 соответственно. В дневное время производственные помещения следует освещать естественным светом. Естественное освещение зависит от времени года, времени суток, облачности, интерьера помещения. Естественное освещение осуществляется боковым светом через окна. В зимний период, вследствие укороченного светового дня и недостаточного естественного освещения, необходимо использовать искусственное освещение, которое обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение подразделяется на общее и местное. При общем освещении светильники устанавливают в верхней части помещения, что позволяет отключать их последовательно в зависимости от естественного освещения. Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на предметы труда. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк [56]. Местное освещение не должно давать блики. Предпочтение должно отдаваться лампам дневного света (ЛДЦ), установленным в верхней части помещения. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. В лабораториях при работе с экраном дисплея и в сочетании с работой над документами, рекомендуется освещенность 400Лк при общем освещении. При этом показатель дискомфорта и коэффициент пульсации должны быть равны не более 15 и 10 соответственно. Нормы освещения приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Нормы освещенности на рабочем месте [56].

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк		
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении
						всего	от общего	
Научно-исследовательские учреждения								
1. Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300
2. Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300
3. Лаборатории научно-технические	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

В качестве мер по защите от недостаточного освещения предполагается использование искусственных и естественных источников освещения, их комбинирования в разной степени в различные режимы дня и года для достижения нормативных показателей освещенности. Для увеличения потока естественного света следует мыть окна и подстригать ветви деревьев, которые закрывают доступ к окну. Кроме того, следует производить своевременную замену перегоревших ламп.

5. Монотонный режим работы

Монотонный труд (работа) - это свойство некоторых видов труда, требующих от человека длительного выполнения однообразных, элементарных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорной информации [51]. Истирание проб, работа на электронном микроскопе, а также внесение результатов в базу данных могут служить источником монотонного труда в процессе проведения работ [57].

Монотонность труда может привести к возникновению неприятных ощущений у работников, таких как снижение уровня бодрствования, снижение тонуса скелетной мускулатуры, снижении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (снижение частоты пульса и артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.). Основными последствиями монотонного труда являются: снижение работоспособности и производительности труда, производственный травматизм, повышенная заболеваемость и т.д. [57].

Руководство Р 2.2.2006-05 [59] относит работу по микроскопическому исследованию образцов к классу вредных напряженных условий труда 1 степени. Данные условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья. Методические рекомендации по устранению и предупреждению неблагоприятного влияния монотонии на работоспособность человека [57] предлагают следующие меры по снижению негативного влияния фактора монотонности:

- автоматизация и механизация однообразных ручных работ;
- совершенствование технологии, оптимизация содержания труда;
- совершенствование организации трудовой деятельности;
- совершенствование организации рабочего места;
- оздоровление условий производственной среды;
- применение психологических и социально-психологических факторов профилактики монотонии;
- разработка системы профориентации;
- рациональное использование вне рабочего времени.

Рекомендации также предполагают введение частых (через 60 - 120 мин.), но коротких (5 - 10 мин.) регламентированных перерывов при факторе монотонии. Полезным является введение физической активности (гимнастика) продолжительностью 7-10 минут в начале смены, а также физкультурных пауз один-два раза за рабочую смену.

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

При работе в компьютерном классе следует обращать внимание на опасные производственные факторы, которые могут привести к возникновению травмы. На рабочем месте такими факторами, в первую очередь, являются электрический ток и пожароопасность.

1. Электрический ток.

Источником тока в компьютерном классе являются токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и другого оборудования, а также другие части оборудования, находящиеся под напряжением в результате повреждения изоляции. Источником возникновения электротравм является замыкание через тело человека электрической цепи.

Действие тока проявляется при протекании тока через человеческое тело, при этом смертельным считается сила тока, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А – безопасен (до 1000 В). Последствия воздействия тока на человека могут быть различными и зависят от силы и характера тока, напряжения, времени воздействия тока на организм человека, места соприкосновения, и различных других факторов, например, влажности рук и т.д. Поражение током может вызвать ожоги, потерю сознания, нарушение в деятельности нервной системы, кровеносной системы, вплоть до остановки сердца. В целом, проходя через организм человека, электрический ток вызывает следующие действия: термические (ожоги, нагрев), электролитические (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц) [59].

ГОСТ 12.1.038-82 [60] устанавливает следующие нормативы напряжения прикосновения силы тока, протекающие через тело человека при нормальном режиме работы электроустановки. При переменном токе частотой 50 Гц напряжение не должно превышать 2В (при силе тока 0,3 мА), при постоянном токе напряжение не должно превышать 8 В (при силе тока 1 мА). По опасности поражения электрическим током помещения с лаборатории и компьютерного класса относятся к помещениям без повышенной опасности, так как в данных помещениях преобладают следующие условия: относительная влажность составляет 50-60%; температура воздуха в помещениях не превышает 25 °С; отсутствуют токопроводящие полы [61].

Для предотвращения электротравматизма при эксплуатации оборудования и ЭВМ необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) Запрещается работа оператора с неисправной ПЭВМ;
- 2) Дополнительно заземлить системный блок, например, закрепить проводник под винт крепления источника питания;
- 3) Подключать дисплей (при наличии только двухпроводной однофазной сети) рекомендуется через согласующее устройство. При этом сетевые фильтры и все кабели питания должны находиться как можно дальше от оператора в компактном положении с тыльной стороны рабочего места.
- 4) Не подключать корпус компьютера к батареям парового или водяного отопления. При неисправности источника питания компьютера батареи могут оказаться под напряжением.
- 5) Не ставить системный блок в зоне повышенной влажности и повышенного содержания пыли, на пол, у ног оператора.

6) Не касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры (возможен повышенный электростатический потенциал).

7) Во избежание поражения электрическим током запрещается прикасаться к задней панели системного блока и переключать разъемы периферийных устройств работающего компьютера.

8) Не рекомендуется установка ПЭВМ и его клавиатуры на поверхности, накапливающей статическое электричество (органическое стекло и полированные лаковые поверхности).

9) Температура воздуха в помещении допускается в пределах 20-25 °С при относительной влажности до 75 %; резкие перепады температуры не допускаются.

10) Необходимо ежедневно протирать влажной салфеткой экран, клавиатуру и другие части ПЭВМ [62].

Кроме того, особо важным для предотвращения травматизма является контроль за состоянием ПЭВМ, проводов, их изоляцией, разработка правил электробезопасности и контроль за их выполнением. Также помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [63].

6.2 Безопасность в чрезвычайных условиях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [64].

К чрезвычайным ситуациям, которые могут произойти на рабочем месте, относятся:

- 1) Пожары взрывы;
- 2) Землетрясение;
- 3) Удары молнии.

К наиболее типичной чрезвычайной ситуации относятся пожар. К мерам, повышающим устойчивость объекта к воздействию чрезвычайной ситуации, в том числе пожара, относятся:

- 1) Мероприятия организационного характера, к которым относятся заблаговременная разработка и планирование действий органов управления, сил и

средств, всего персонала объектов при угрозе возникновения и возникновении ЧС (прогнозирование последствий ЧС, организация органов, служб и др., ответственных за принятие мер в случае возникновения ЧС, обучение персонала действиям в случае возникновения ЧС и т.д.)

2) Инженерно-технические мероприятия, к которым относится повышение физической устойчивости зданий, сооружений, оборудования, а также создание условий для его быстреего восстановления, повышения степени защищенности людей от поражающих факторов ЧС.

3) Специальные мероприятия, к которым относятся создание благоприятных условий для проведения успешных работ по защите и спасению людей, попавших в опасные зоны, и наиболее быстрой ликвидации ЧС и их последствий.

По классам пожароопасности помещение компьютерного класса относится к категории В - производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов, к которым относятся мебель, техника и т.д [65]. Источниками возникновения пожара на рабочем месте может быть: искры, возникшие в результате возникновения короткого замыкания, искры статического электричества, курение, неисправность техники, наличие легковоспламеняющихся материалов на рабочем столе и т.д. Опасными факторами, воздействующими во время пожара на людей и материальные ценности, являются пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, токсичные продукты горения и термического разложения, дым, пониженная концентрация кислорода. К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций; электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов.

Особо важным для предупреждения пожара является соблюдение правил противопожарной безопасности, правил эксплуатации оборудования. В качестве способов обеспечения пожарной безопасности и в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [66] предлагаются следующие мероприятия:.

- Применение оборудования, удовлетворяющее требованиям электробезопасности;
- Применение устройств молниезащиты зданий и устройств;
- Избежание перегрева приборов;
- Предотвращение образования и скопления горючих материалов на рабочем месте (например, бумага).

Кроме того, существуют требования к системе противопожарной безопасности, к которым относятся:

- Размещение в здании средств пожаротушения (огнетушители и т.д.);
- Устройство систем оповещения о пожаре (противопожарной сигнализации);
- Устройство систем, ограничивающих распространение пожара;
- Размещение планов эвакуации на видном месте;
- Применение средств коллективной и индивидуальной защиты.

При возникновении чрезвычайной ситуации необходимо произвести следующие действия. Во-первых, произвести отключение электричества, и начать тушение пожара первичными средствами (порошковый огнетушитель ОП-03, имеющийся в аудитории, песок, противопожарное одеяло и т.д.). Ни в коем случае не стоит тушить водой горящие электропроводку и электроприборы, находящиеся под напряжением. Если избежать распространения пожара не удалось, то необходимо покинуть рабочее место, следуя планам эвакуации и незамедлительно вызвать пожарную службу по телефону 01 (010, 112 – мобильный телефон). При этом оператору необходимо сообщить полную и корректную информацию, где указать объект и адрес возникновения пожара, наличие угрозы людям, удобный проезд, а также сообщить свою фамилию, имя и номер телефона, с которого совершается звонок. После вызова пожарных необходимо организовать эвакуацию людей, находящихся в здании. Оповещение персонала о пожаре производится с помощью ручных пожарных извещателей, сигнализации. По возможности необходимо оповестить должностных лиц и руководителей о возникновении пожара. Должностное лицо, находящееся на месте пожара обязано:

- Удостовериться, что все эвакуационные выходы из здания открыты;
- Продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану по телефону «01» или «112»;
- Организовать эвакуацию людей и ценностей, используя все имеющиеся силы и средства;
- При необходимости обеспечить отключение электроэнергии, отключить имеющиеся системы общеобменной вентиляции, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымлению помещений. Прекратить все работы, не связанные с мероприятиями по тушению пожара. Выделить для встречи пожарных подразделений лиц, знающих подъездные пути к зданию, расположение пожарных гидрантов и планировку помещений;

- До прибытия пожарных возглавить тушение пожара;
- При необходимости вызвать скорую медицинскую помощь, необходимые аварийные службы города;
- Доложить о случившемся вышестоящему руководству.

Вызывающий пожарных должен организовать их встречу и указать кратчайший путь следования на пожар [67].

6.3 Законодательное регулирование проектных решений

Специалист должен вести комплексную инженерную деятельность в бизнесе, учитывая 3 уровня социальной ответственности. Социальная ответственность понимается в широком смысле как добровольный вклад бизнеса в развитие общества в социальной, экономической и экологической сферах, зачастую не связанный напрямую с основной деятельностью компании.

В качестве базового или обязательного уровня предполагается своевременная выплата работникам заработной платы, уплата налогов, соблюдение законодательства в области охраны окружающей среды, техники безопасности и здоровья работников. Правовой основой законодательства на первом уровне социальной ответственности является Конституция Российской Федерации [68], обладающая высшей юридической силой и закрепляющая права и свободы человека и гражданина, Трудовой кодекс РФ [69], определяющий трудовые отношения между работниками и работодателями, Налоговый кодекс РФ [70], устанавливающий систему налогов и сборов Российской Федерации. Приоритетным документом в области охраны окружающей среды является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [71], регулирующий общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы. Кроме того, правовую основу обязательного уровня социальной ответственности составляют различные законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации (до 1992 г. РСФСР) и входящих в нее республик, а также подзаконные акты. Например, к особенностям трудового законодательства относится установленный Постановлением Правительства № 216 от 17.04.2006 г. [72] районный коэффициент 1,3 к заработной плате в Томской области и т.д.

Социальная ответственность также предполагает второй и третий уровни социальной ответственности, к которым относятся благотворительность (адресная помощь, программы спонсорства и помощи), социальные инвестиции, а также обеспечение расширенного пакета социальных услуг работникам (создание пенсионного фонда, организация питания, медицинского обслуживания) и т.д. Второй и третий уровень

социальной ответственности, зачастую, не регламентируется на законодательном уровне, а относятся к добровольной составляющей. Однако, на данный момент многие компании уже внедрили кодексы корпоративного управления, в которых прописаны такие мероприятия. Только стратегия корпорации, основанная на этике бизнеса, согласно институциональной теории, может обеспечить компромисс между интересами акционера, менеджера, работников и потребителей посредством получения прибыли и защиты окружающей среды, высокой рентабельностью и социальной справедливостью [73].

Заключение

В работе приведены результаты исследования элементного и минерального состава зольного остатка организма человека г. Норильска, его региональные особенности, а также минеральный состав. По результатам работы можно сделать следующие выводы

- 1) В ЗООЧ г. Норильска концентрируются как минимум 61 элемент в разных диапазонах содержаний;
- 2) Региональная специфика ЗООЧ г. Норильска выражается в повышенной концентрации следующих элементов: Mg, Al, P, Ca, V, Ga, Sr, Y, Zr, Cd, Cs*, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb*, Dy, Ho, Yb, Lu, Th, U;
- 3) Минеральная специфика ЗООЧ г. Норильска выражается в разнообразии найденных минеральных фаз, а также наличии специфичных минеральных фаз Pt, Zr, Cu, Ni, которые отражают промышленное воздействие и состав руды.

Концентрации меди, никеля, кобальта в ЗООЧ г. Норильска не выделяются среди городов, что может говорить о недостатках выбранного метода анализа или физиологических особенностях человеческого организма, которые подтверждаются исследованиями других авторов [46].

Чрезвычайно высокие концентрации радиоактивных и редкоземельных элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска по сравнению с другими городами обнаруживают источник их поступления. По имеющимся данным таким источником может быть использование циркон-ильменитовых руд или применение данных элементов в производстве (футеровка плавильных печей).

Нахождение в ЗООЧ г. Норильска минеральных фаз платины, циркония, серебра, золота и др. подтверждает высокие концентрации данных элементов по сравнению с другими городами и отражает чрезвычайно сильное воздействие окружающей среды на жителей г. Норильска. Наличие разнообразных соединений меди, никеля и цинка свидетельствует о том, что медно-никелевая специфика данной территории все же находит свое отражение в минеральном составе ЗООЧ г. Норильска, формируя множественные минеральные фазы.

Результаты работы показывают, что зольный остаток организма человека г. Норильска отражает состав среды обитания человека, обнаруживая, с одной стороны, выбросы промышленного предприятия, а с другой, состав используемых в производстве руд.

Список используемых источников

1. Кораго А. А. Введение в биоминералогия / А. А. Кораго. — СПб. : Недра, 1992. — 280 с.
2. Венецкий С.И. Свинец, погубивший Рим [Электронный ресурс]/ URL: <http://allforchildren.ru/rasmet/me24.php>,свободный–Свинец, погубивший Рим.–Яз. рус., Дата обращения: 15.03.2014
3. Авцын А.П. Микроэлементозы человека/ А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова –М: Медицина, - 1991г, - 245с.
4. Вернадский В. И. Труды по биохимии и геохимии почв / В. И. Вернадский. — Москва: Наука, 1992. — 434 с.
5. Виноградов А. П. Геохимия изотопов и проблемы биогеохимии: Избранные труды / А. П. Виноградов. — Москва: Наука, 1993. — 234 с.
6. Ковальский В. В. Биогеохимическое районирование и геохимическая экология / Академия наук СССР (АН СССР), Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского (ГЕОХИ РАН); под ред. В. В. Ковальского. — Москва : Наука, 1980.
7. Медицинская энциклопедия [Электронный ресурс] /URL: <http://www.medical-enc.ru/12/microelements.shtml>,свободный.–Микроэлементы.–Яз. рус., Дата обращения: 25.04.2014
8. Эмсли Дж. Элементы / Дж. Эмсли.– М: Мир, 1993.–256 с.
9. Барашков Г. К. Медицинская бионеорганика. Основы, аналитика, клиника. –М: Издательство БИНОМ, 2011. –512 с.
10. А. П. Скоблин, А. М. Белоус Микроэлементы в костной ткани / Москва: Медицина, 1968.–231 с.
11. Калистратова В.С. и др. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / М: Издательство ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2012 – 464 с.
12. Жук Л.И. Картирование элементного состава волос / Л.И. Жук, А.А. Кист Активационный анализ: методология и применение. – Ташкент: ФАН, 1990. – С. 190–201.
13. Сокол Э. В. И др. Микроэлементный состав нефролитов как маркер воздействия окружающей среды на человека // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология – 2007г., №2, с 151-163.

14. Сокол Э. В. Металлические частицы в почечных камнях как индикатор профессиональной деятельности пациентов // Минералогия техногенеза –2004 г., Миасс: УрО РАН, с.105-115.
15. Минералогическая энциклопедия: пер. с англ. / под ред. К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. — 512 с.
16. Кораго, А. А. Речной жемчуг / Ленинград: Недра, 1981. – 120 с.
17. Самойлов Я. В.. Биолиты: посмертный сборник статей / авт. предисл. акад. В. И. Вернадский и акад. А. Е. Ферсман. – Ленинград: Научное химико-техническое издательство: Научно-техническое управление ВСНХ, 1929. – 140 с.
18. Голованова О. А. Биоминералогия мочевых, желчных, зубных и слюнных камней из организма человека: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Томск: Б.и., 2008. — 39 с.
19. Полиенко А. К. Онтогенез уролитов / А. К. Полиенко, Г. В. Шубин, В. А. Ермолаев; Томский политехнический университет. — Томск: Пресс-Интеграл, 1997. — 128 с.
20. Ламанова Л. М. Внеклеточные минеральные зерна в тканях сердечно-сосудистой системы, методы их обнаружения и диагностики [Электронный ресурс] / Л. М. Ламанова, Н.Н. Борозновская. — URL: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000063105/339/image/339-193.pdf>, свободный.–Яз. рус., Дата обращения: 07.06.2014
21. Ламанова Л. М. Минералообразование в жировой ткани человека[Электронный ресурс] /URL: <http://www.minsoc.ru/FilesBase/2008-2-87-0.pdf>, свободный.–Яз. рус., Дата обращения: 07.06.2014
22. Игнатова, Т. Н. К вопросу о распределении редкоземельных элементов в органах и тканях человека - жителя Томского района / Т. Н. Игнатова, Л. П. Рихванов, Н. В. Барановская // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, / Томский политехнический университет (ТПУ), Институт геологии и нефтегазового дела (ИГНД). – Томск, 2009. – С. 701-705.
23. Игнатова Т. Н. Элементный состав организма человека и его связь с факторами среды обитания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Т. Н. Игнатова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – Томск, 2010. – 22 с.

24. The 2015 World's Worst Pollution Problems report [Электронный ресурс] // World's Worst Pollution Problems. – URL: <http://www.worstpolluted.org/2013-press-release.html>, свободный. – язык русский, дата обращения: 23.05.16.
25. О городе Норильск [Электронный ресурс] // Официальный сайт г. Норильска, URL: <http://www.norilsk-city.ru/about/1242/index.shtml>, свободный. – язык русский, дата обращения: 09.02.16.
26. Промышленность Норильска [Электронный ресурс] // Сайт Центра Информационных Технологий при Управлении образования Администрации г. Норильска «Город у мира на окраине», Норильск, 2003, URL: <http://norilsk50.narod.ru/pages/aut/index.htm>, свободный. – язык русский, дата обращения: 09.02.16.
27. Годовой отчет ОАО “ГМК Норильский никель” за 2014 год Норильск, 2015, 242 с.
28. Вареня Г. Д Норильский рудный район [Электронный ресурс] // Большая советская энциклопедия. М: 1978, URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/114611/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9>, свободный. – язык русский, дата обращения: 09.02.16.
29. Норильские месторождения [Электронный ресурс] Сайт министерства природных ресурсов и экологии Красноярского края URL: <http://mgeocs.ru/docs/geologiya-krasnoyarskogo-kraya/mestorozhdeniya-kk/norilskie-mestorozhdeniya.html>, свободный. – язык русский, Дата обращения: 09.02.16.
30. Падерин П.Г., Онищенко А.Н., Лазарев Ф.Д., Кирплюк П.В. и др., Опережающие геофизические исследования в пределах Хантайско-Рыбинского поднятия с целью оценки перспектив медно-никелевого оруденения. / СПб: ОФ ФГУП ВСЕГЕИ, 2014.
31. Голубчиков С. Город, в котором дышат серой [Электронный ресурс] // Электронный журнал Биология. № 4 (587), 2001, URL: <http://bio.1september.ru/article.php?ID=200100408>, свободный. – язык русский, дата обращения: 12.02.16.
32. Гурский Ю.Н. Эколого-геохимическое изучение Норило-Пясинской водной системы // Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене: Тез. докл. междуна. конф. в Мурманске. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. – С. 29–32.
33. Jesse Allen False-color image of Norilsk, Siberia, Russia. [Электронный ресурс] // NASA Earth Observatory URL:

- http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=17259, свободный. – язык русский, дата обращения: 12.02.16.
34. Велюжинец Г. А. Пылегазовые потоки и рациональные направления их оптимизации при переработке сульфидных медно-никелевых руд (На примере ЗФ ГКМ Норильский Никель): диссертация на соискание ученой степени кандидата наук / СПб, Норильск.– 2014г, 230 с.
 35. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году» / Красноярск. – 2015 г., 294 с.
 36. Муниципальная программа “Модернизация здравоохранения муниципального образования город Норильск” на 2011-2012 годы / Норильск. – 2011 г., 74 с.
 37. Куркатов С. В., Тихонова И. В., Иванова О. Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнителей на здоровье населения г. Норильска // Гигиена и санитария, 2015.- № 2.-С.28-31.
 38. Ананина О. А. и др. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения г. Норильска. Формирование групп повышенного риска // Сибирский онкологический журнал, 2013. - № 4 (58), с. 11.
 39. Колпакова А. Ф. Влияние антропогенного загрязнения на содержание тяжелых металлов в крови жителей Таймырского автономного округа // Экология человека, № 2.– 1999 г., с. 15-17.
 40. Трупожигательная печь // Наука и техника, СПб.– 1926 г. –№ 11 с. 6-7.
 41. Сайт Химик [Электронный ресурс] /URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2448.html>, свободный.– Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. – Яз. рус., Дата обращения: 09.05.2014
 42. М. В. Фронтасьева Нейтронный активационный анализ в науках о жизни // Физика элементарных частиц и атомного ядра, 2011 г. – Т. 42, вып. 2, - с. 636-701.
 43. Богдан Т. В. Основы рентгеновской дифрактометрии. / М: изд-во МГУ, 2012. – 64с.
 44. Гоулдстейн Дж. Электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ / Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. – 303 с.
 45. Справочник по редким металлам / Пер. с англ. Под редакцией В. Е. Плющева, М: Мир, 1965 г., 946 с.
 46. U. Schelteggeretal How much magma is hiding beneath our feet? [Электронныйресурс], URL: http://www.unige.ch/sciences/Actualites/2014/News-230714-1_en.html, свободный. – язык английский, дата обращения: 15.03.16.

47. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы / ССН. Вып.2. «Геолого-экологические работы» М.: ВИЭМС, 1993.-245с.
48. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы / ССН. Вып.7. «Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород» М.: ВИЭМС, 1993.-245с.
49. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы / Роскомнедра, 1993. – 84 с.
50. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартиформ, 2014. – 23 с
51. ГОСТ 12.0.003–74.(с изм. 1999 г.) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.М: Стандартиформ, 1999. – 23 с
52. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М: Минздрав России, 1998
53. СанПиН 2.2.4.548-96 Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. / М: Минздрав России.–1997г.– 25 с.
54. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности / М.: Стандартиформ,– 2007г, –37с.
55. Безопасность на производстве и охрана труда [Электронный ресурс]/ URL: http://bezopasnost-info.ru/dejstvie_sveta_na_organizm_cheloveka.html, свободный.– Действие света на организм человека.–Яз. рус., Дата обращения: 10.06.2014
56. СНиП 23-05-95 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. - Введ. 2003-06-30. – М., Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. - 34 с.;
57. Методические рекомендации №2257-80 по устранению и предупреждению неблагоприятного влияния монотонии на работоспособность человека в условиях современного производства / М: Госкомсанэпиднадзор, 1980. – 10 с.
58. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2005.
59. Протодюжинов И. О. Электробезопасность при работе оператора ПЭВМ: методические указания по выполнению в дипломных проектах и работах раздела «Безопасность объектов» / СПб: СПбГТУРП, 2013. –13 с.
60. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

61. ПУЭ Правила устройства электроустановок (6-ое издание) / М: Госэнергонадзор, - 2000 г., 260 с.
62. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.- М.: Издательство стандартов, 2006;
63. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление. – М: Издательство стандартов, 1981г.
64. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий / М.: Стандартиформ,– 2001г, –16с.
65. НПБ 105-03 Нормы пожарной безопасности «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314) / М, -2003, с. 35.
66. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 14.06.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002;
67. Мероприятия и способы повышения устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения населения: методическая разработка для для проведения занятия по гражданской обороне / СПб, 2010г. –8с.
68. Конституция Российской Федерации (1993). Конституция Российской Федерации [Текст]: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). – М. : АСТ : Астрель, 2007. – 63 с.
69. Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 20 октября 2013 года). – Новосибирск: Норматика, 2013. – 206 с.
70. Налоговый кодекс Российской Федерации: По состоянию на 1 января 2001 года, с учетом изменений и дополнений. Ч. 1-2. – Москва: Юрайт, 2001. – 276 с.
71. Об охране окружающей среды : федеральный закон. – Москва: Омега-Л, 2006. – 24 с.
72. Постановление правительства № 216 от 17.04.2006 «О районных коэффициентах, применяемых при установлении трудовых пенсий и пенсий по государственному пенсионному обеспечению лицам, проживающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, а также в районах с тяжелыми климатическими условиями » М, - 2006, 10 с.
73. М. В. Киварина Корпоративная социальная ответственность // Экономический журнал, Выпуск 23, – 2011 г., с. 116-121

Приложение А

Раздел 3

Материалы и методы исследования зольного остатка организма человека
Materials and methods of research of the human organism ash residue.

Раздел 4

Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях зольного остатка организма человека
Reflection of the Environment content in the geochemical and mineralogical features of human body ash residue

Раздел 4.1

Отражение состава среды обитания человека в минералого-геохимических особенностях зольного остатка организма человека г. Норильска
Reflection of the Environment content in the geochemical and mineralogical features of human body ash residue (Norilsk example)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Дериглазова Мария Александровна		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ИПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯ ИПР	Матвеев И. А	Доктор филологических наук		

Консультант кафедры ГЭГХ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ГЭГХ	Межибор А. М.	Кандидат геолого-минералогических наук		

3. Materials and methods of research of the human organism ash residue.

The material of research is human organism ash residue – crematory material, which remains after burning a human body. Sampling was made 12.07.15 from unclaimed material according to official permission and agreement with the administration of the crematoria. Results of element composition of Norilsk ash residue were compared with results of the material, collected before in the crematoria of 5 cities: Novosibirsk, Novokuznetsk, Rostov-on-Don, St. Petersburg and Yekaterinburg. Operation modes of crematoria are the same for all cities and its requirements to work is unified, firstly to the temperature regime, which is from 872°C at the beginning of the process to 1092°C at the end. Such temperature of burning caused by special requirements to the ash quality: bone tissue becomes charred, if the temperature is less than 1000°C, but becomes vitrified, if it is more than 1100 °C [40].

This material represents the human organism ash residue of different gender. Totally 22 samples of human body ash residue were collected in the crematoria of Norilsk. The ratio of man to women in the Norilsk samples is 13:9. The other information about morbidity and reasons of death was not known.

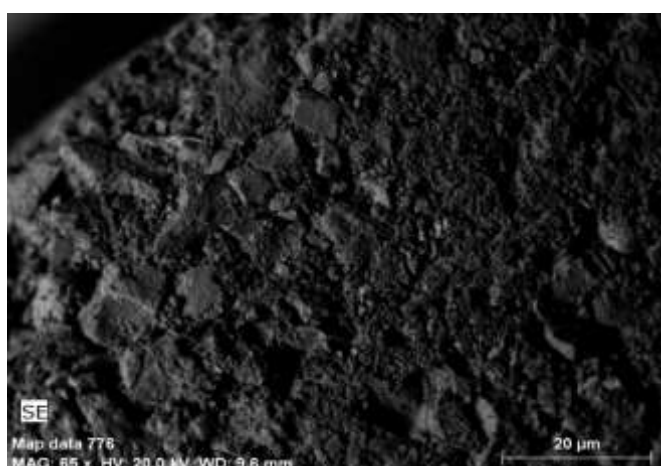


Figure 3.1- The general view of the human organism ash residue under the electronic microscope

The following methods were used for research of the human organism ash residue:

- mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-ms) for determination the element composition of the ash residue,
- x-ray diffraction and electronic microscope with an attachment for microanalysis to determine the mineral composition.

3.1 Characteristic of mass spectrometric analysis with inductively coupled plasma

Mass spectrometry with inductively coupled plasma allows defining more elements in contrast to INAA, but it is more suitable for the analysis of liquid and gaseous substances. ICP-ms require special sample preparation for solid substances. The sample is decomposed by microwave radiation, autoclaves and acids, then converted into the solution, the concentration of solutes should be not more, than 0.2-0.3%. Solution is injected into the apparatus after sample treatment, where solution becomes an aerosol and gets into the plasma. Then substance dissociates into atoms and ionized under high temperatures. Positive ions are goes to the analyzer, where they are distributed by weight. Here there is a detection of the flux level. The concentration of the substance is determined by using standard samples.

The measurements of elements concentrations were held in the analytical center “Plazma” (Tomsk). The procedure of external control was conducted for 3 samples in the accredited laboratories of Vladivostok and Miass. Results of the control are presented at the figure 3.2.

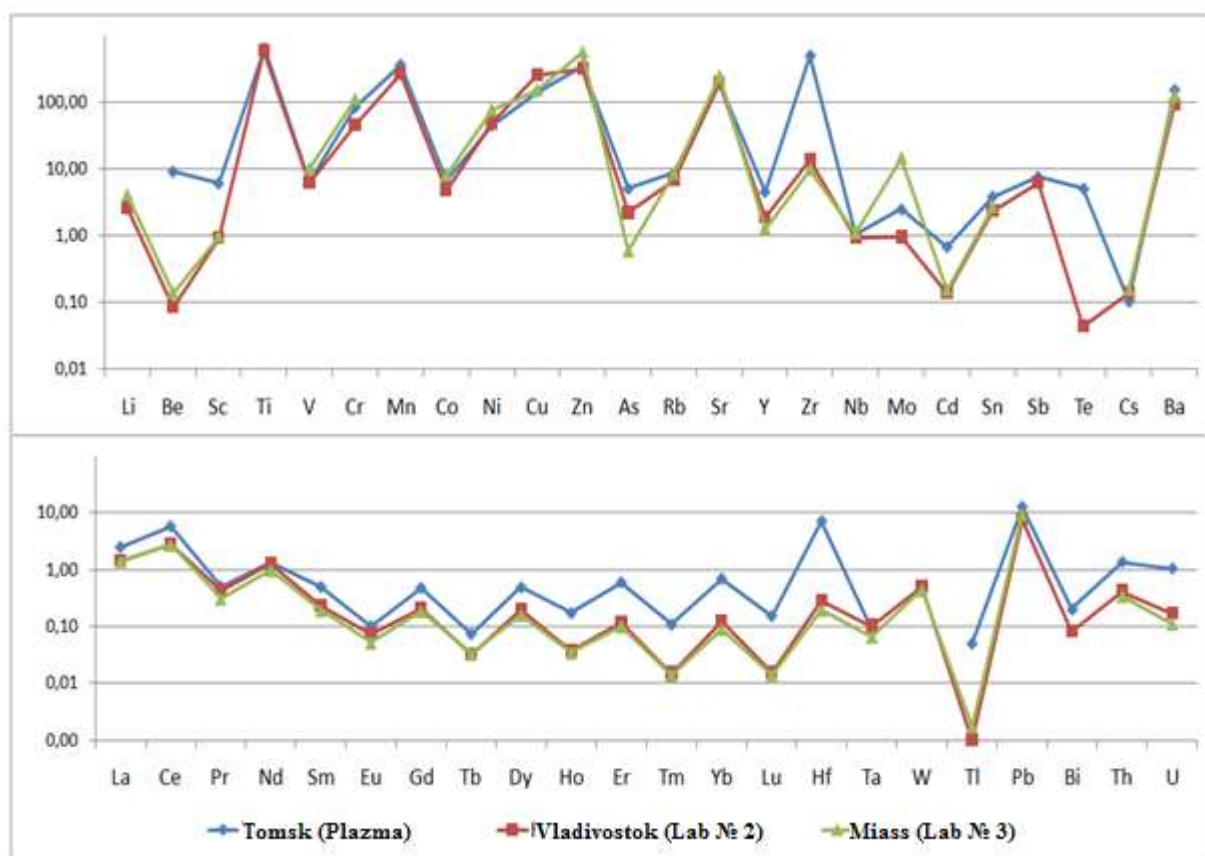


Figure 3.2 – Reproducibility of repeatable results of ash residue by ICP-ms, mg / kg

of
Li,
Sr,
Ba,
Ce,
Nd

Li,
Sr,
Ba,
Ce,
Nd

Figure 3.3 – Elements detected using NAA ($\square$) and ICP-ms ($\circ$). The painted color shows the preferred method according to MV Frontasyeva [31].

The content of 61 elements was determined using mass spectrometry analysis. However, the content of 20 elements was detected below the detection limit in the 50% of samples and more, these are: Be, Sc, Ni, Ge, As, Se, Ru, Ag, In, Te, Cs, Sm, Eu, Er, Tm, Re, Au, Hg, Tl, Bi.

was used for studying the mineral phases that make up the human

108

X-Ray diffraction system D2 PHASER was used for the analysis of mineral composition of Norisk samples. Mixed samples were prepared by quartering of all individual samples and further mixing samples of the fourth part of each sample of this city. To analyze the samples they were previously abraded in an agate mortar until a homogeneous dusty mass. Then abraded samples were placed in a cuvette and analyzed during 4 hours. The results processing was made via specialized program “Eva”.

3.3 Characteristics of electron microscope

The scanning electron microscope Hitachi S-3400N with an attachment for microanalysis was used for the studying not only of the element composition of ash residue but also compounds, in which these elements exist. Operation of scanning microscope is based on the using of an electron beam instead of light waves, which produced secondary electrons, when falling on the sample. Secondary electrons are trapped by detector then the relief of the sample is constructed by analyzing the intensity of the signal in the point of interaction. The minimum resolution under high vacuum is to 3 nm, the microscope allows for zooming up to 300,000 times. Attachment for microanalysis can take energy spectrum and form a conclusion about the qualitative and quantitative (percentage) composition of the sample.

To work on the microscope samples was prepared in a special way. Test samples were abraded in an agate mortar until a homogeneous mass, were placed on the adhesive tape and were analyzed by low or medium vacuum. Some samples were concentrated by water. The material was divided into 3 fractions (light, medium and heavy), all fractions were analyzed separately. More than 7 samples of human body ash residue of Norilsk residents were analyzed via electron microscope.

4. Reflection of the Environment content in the geochemical and mineralogical features of human body ash residue (Norilsk example)

There are 63 chemical elements identified by means of INAA and ICP-ms. Some of these elements are accumulated in the narrow range of content, such as some biogenic elements: Ca, Na, Mg, K etc. Little dispersion can be explained by the fact that the human body keeps on supporting homeostasis of macro- and microelements. Other elements are accumulated in a wide range of content (Fig.4.1).

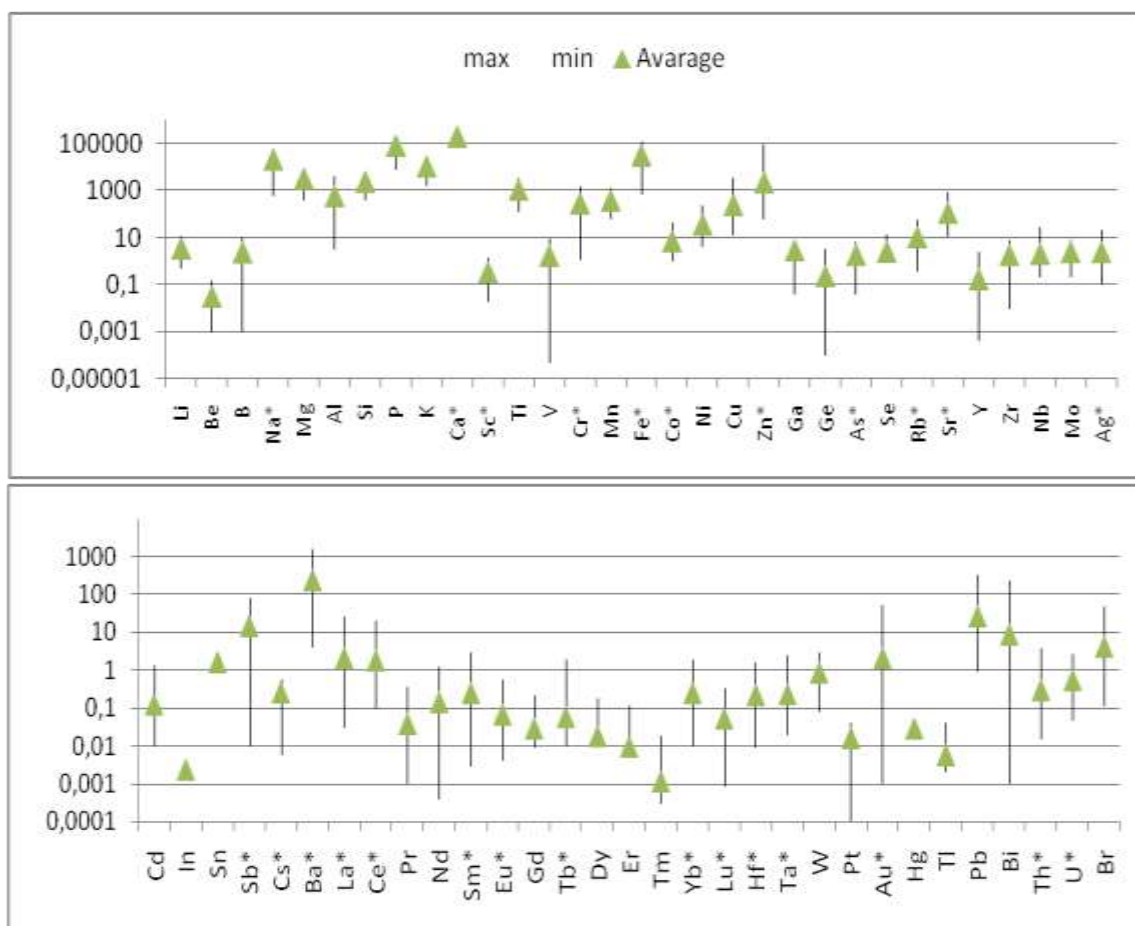


Fig.4.1. Accumulation levels of chemical elements in the human body ash residue (mg/kg)

We determined the correlations between elements for the cities of Novosibirsk and Novokuznetsk and obtained some interesting results to specify the ash residue of the human body for Novokuznetsk. The correlation analysis demonstrates that metallurgical industry is the city's priority (Fig. 4.2). There are Aluminum and Steel plants in Novokuznetsk which actively apply such elements as Fe, Co, Cr, Sc etc.

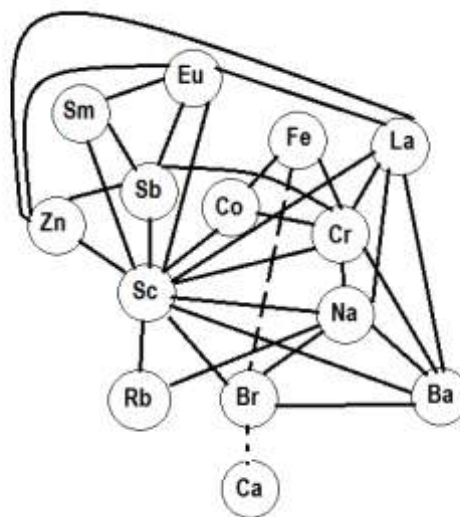


Fig. 4.2 The correlation diagram of the human body ash residue of Novokuznetsk residents

The next step of the research was to determine the regional characteristics of ash residue of human body for different cities. We pointed out the anomalous values of elements in the ash residue using the rule of Three sigma (3σ). The values are considered to be anomalous if they are more than the average value plus 3 standard deviations. Thus, we determined the following regional characteristics:

- For Novosibirsk: Co, Ba, Gd, Er, **Au**, Sn;
- For Novokuznetsk: Mg, **Al**, P, Ca, Y, Zr, Pr, Nd, Dy, Ho, Er, Tm, **Se**;
- For Rostov-na-Donu: Sc, Cr, Rb, Si, **Zr**, Ag, **La**, **Ce**, Pr, Nd, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Hf, Ta, Pb, Th;
- For St. Petersburg: Li, Na, Mg, **P**, K, **Ti**, **Mn**, Fe, Cu, Ga, Mo, Ag, Ce, Sm, Tb, Sb, W;
- For Yekaterinburg: Na, Rb, **Sr**, **Br**, Zr, Nb, Cd, Ba, Hf.

The elements are given in bold if their concentration in the city is more than ten or hundred times as much as that in the other cities. Some of the results are predictable and explicable. For example, high concentration of gold in Novosibirsk ash residue can be the result of gold refinery in the city. Aluminium and selenium in the human body ash residue in Novokuznetsk is the consequence of the metallurgical complex including selenium emissions caused by the smelting industry. High concentrations of copper and manganese were found in the ash residue of St. Petersburg as well as in the rivers of the city. High concentration of these elements was noticed in the rivers of other cities as well, however, the concentrations in ash residue of these cities are normal. Strontium and bromine are accumulated in high concentration in human body ash residue of Yekaterinburg residents. This can be caused by the petrochemical plant operations. The significant concentrations of bromine in soil were detected by scientists in other cities with

petrochemical industry as well. Unfortunately, concentrations of many other elements are unexpected and difficult to explain. For example, human body ash residue of Rostov-na-Donu residents is characterized by high concentrations of rare and radioactive elements. It has been experimentally proved that the level of radon in buildings is high and the specific activity is more than 200 Bq per m³. However, radioactive elements in the soil and air were not found, thus, the source of these elements in ash residue is still undetermined.

The last step of the research was to examine human body ash residue by means of electronic microscope. It let us determine the basic elements of the human body ash residue and prove the high concentrations of some elements. It is a well-known fact that the mineral basis of the human body is hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), because this mineral makes up about 50-70% of the bones⁴.

Therefore, the basis of the human body ash residue should be such elements as calcium, phosphorus, oxygen and hydrogen. The results of the electronic microscope research proved this fact. The matrix (basis) of the human body ash residue is oxygen, calcium, carbon, phosphorus, as well as the other elements, which also constitute the matrix, but are represented in smaller amounts:

sodium, potassium, magnesium (see Table 1).

Table 1. The chemical composition of matrix of human body ash residue

The element	Average with error (%)
C	13,6±9,06
O	40,27±2,81
Ca	26,79±7,08
P	10,29±2,31
Na	4,41±0,84
K	1,89±0,65
Mg	1,34±0,54
Total	98,59

The next aim was to find the particles which could prove high concentrations of the elements. For example, gold particles were identified in Novosibirsk residents ash residue and titanium particles were found in the samples from St. Petersburg.



Fig. 4.3 The gold particle in ash residue of human body of a Novosibirsk resident

Then, we determined other particles in human body ash: a lot of iron oxides, intermetallic compounds (Zn, Pb, Fe, Ni, Co, etc), barite's grains, halite, lanthanum, cerium and thorium particles.

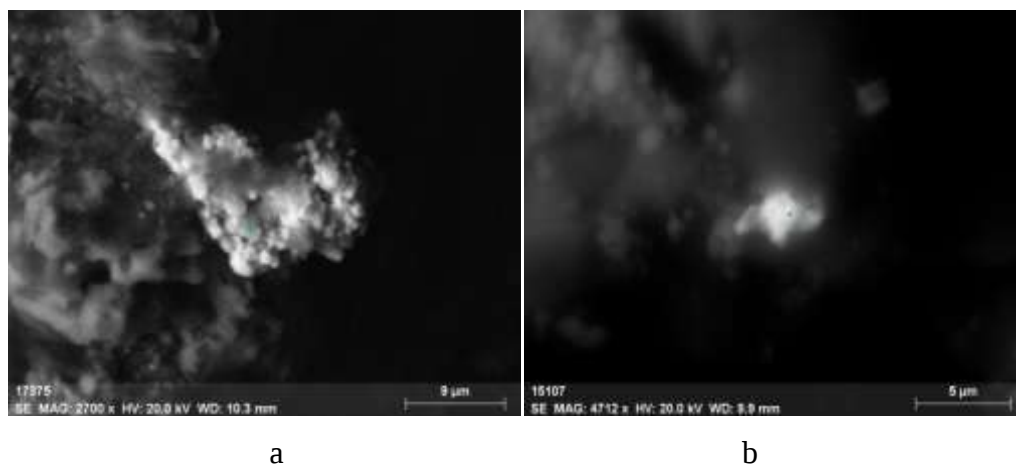


Fig. 4.4 a) Barite grain b) Lanthanum-cerium particle in ash residue of human body

Ash residue of human body can be a good indicator of element composition of human body as well as indicator of geochemical conditions. However, it is necessary to increase the number of samples, and find more information about geochemical conditions of research territory. The results of the research are quite controversial due to some unexpected outcomes. To explain these data and eliminate the error, we need to have more information about industry of the cities.

4.1 Reflection of the Environment content in the geochemical and mineralogical features of human body ash residue (Norilsk example)

Nowadays, study in element and mineral composition of human body is one of the priorities in modern geochemistry, medical geology and ecology. To develop these scientific areas, the Department of Geoecology and Geochemistry of Tomsk Polytechnic University is studying such material as human body ash residue (HBAR), which has been sampled in different Russian cities (Novosibirsk, Novokuznetsk, Yekaterinburg, St. Petersburg, and Rostov-on-Don). A long-term study of this material shows that the human body ash residue of every studied city has specific geochemical features reflected in high or low accumulation of certain chemical elements [22, 23].

In previous research of HBAR samples from the cities mentioned above it was required to take into account multifactorial industrial impact. In fact, there are several industrial engineering, chemical and metallurgical enterprises in large cities. Hence, it is interesting to study samples of human body ash residue of Norilsk residents.

Norilsk city is one of the Russian and world's most polluted cities. However, in contrast to other areas, the industry of Norilsk is presented not by the complex of different plants, but by the monoproduction, forming the technogenesis of the environment. Thus, this city represents spatially-

localized technogenic system, as the local industrial enterprise uses ore, sand and coal, which are extracted in vicinity of Norilsk. Besides, the city is located in the north of the country, far from other industrial centres, which excludes the additional contribution of pollutants from other territories. One of the world's largest enterprises, which extracts, enriches and processes Cu-Ni ores, is the only industrial plant in Norilsk. The plant uses ores of Norilsk deposit, which are rich in such elements as Cu, Ni, Co, Se, Ag, Au, Cd, Te, Re, Bi, Zn, Pb, Cr, and Sn, as well as elements of the platinum group (Ru, Rh, Pd, Ir, Pt etc). The main products of the local industry are Cu, Ni, Co, Se, S, and platinum concentrates.

Medical research of Norilsk and the surrounding area residents has shown that diseases of the respiratory and digestive systems prevail in the morbidity rate. It was also noted in the literature, that local residents have the elevated content of Cu and Ni in the blood plasma comparing with the control group [39].

The content of 47 chemical elements was detected in the human body ash residue of Norilsk residents using ICP-ms. Based on these results, the coefficients of concentration (relative to the average values of 6 cities) were calculated to determine the geochemical features of HBAR of this city (figure 4.1.1). The diagram shows that the ash residue of Norilsk residents is characterized by high accumulation of such elements as Al, Ca, Y, Zr, Ce, Pr, Nd, Cd, Tb, Dy, Ho, Yb, Lu, Th, and U in comparison with other cities.

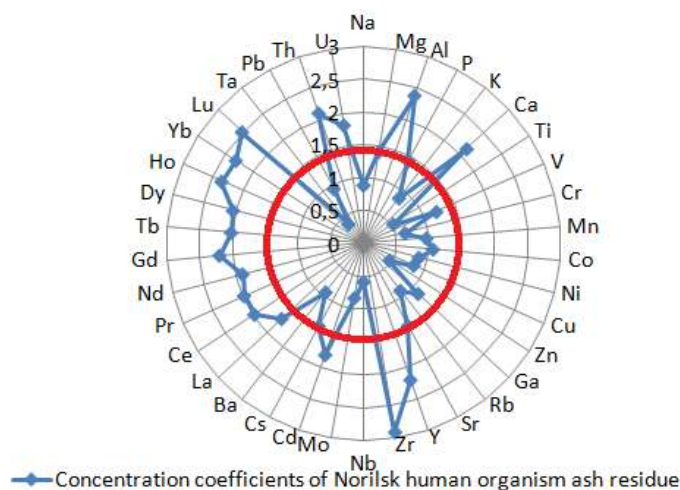


Figure 4.1.1 Concentration coefficients of human organism ash residue, Norilsk city.

The specificity of element accumulation is unlikely to reflect the content of Cu-Ni ores which are used in local industry, because the spectrum of concentrated elements in ash residue of Norilsk residents differs much from those concentrated in the ore.

The comparison of different cities accumulation specifics revealed the similarity in elements accumulation between ash residue of 2 Russian cities – Norilsk and Novokuznetsk. The

simplest Jaccard similarity coefficient showed the 25% similarity in the accumulation of these cities that is likely to demonstrate the metallurgical features of the largest Russian industrial centres of ferrous and non-ferrous metallurgy.

The comparative analysis of element accumulation in terms of sex showed that most elements concentrate equally in the male and female organism of Norilsk residents (figure 4.1.2). However, such elements as Zr, Rb, Y, Sn, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Hf, Th, U have a tendency to accumulate in male organism; but Mo, Gd, Pb, Bi tend to concentrate in female organism.

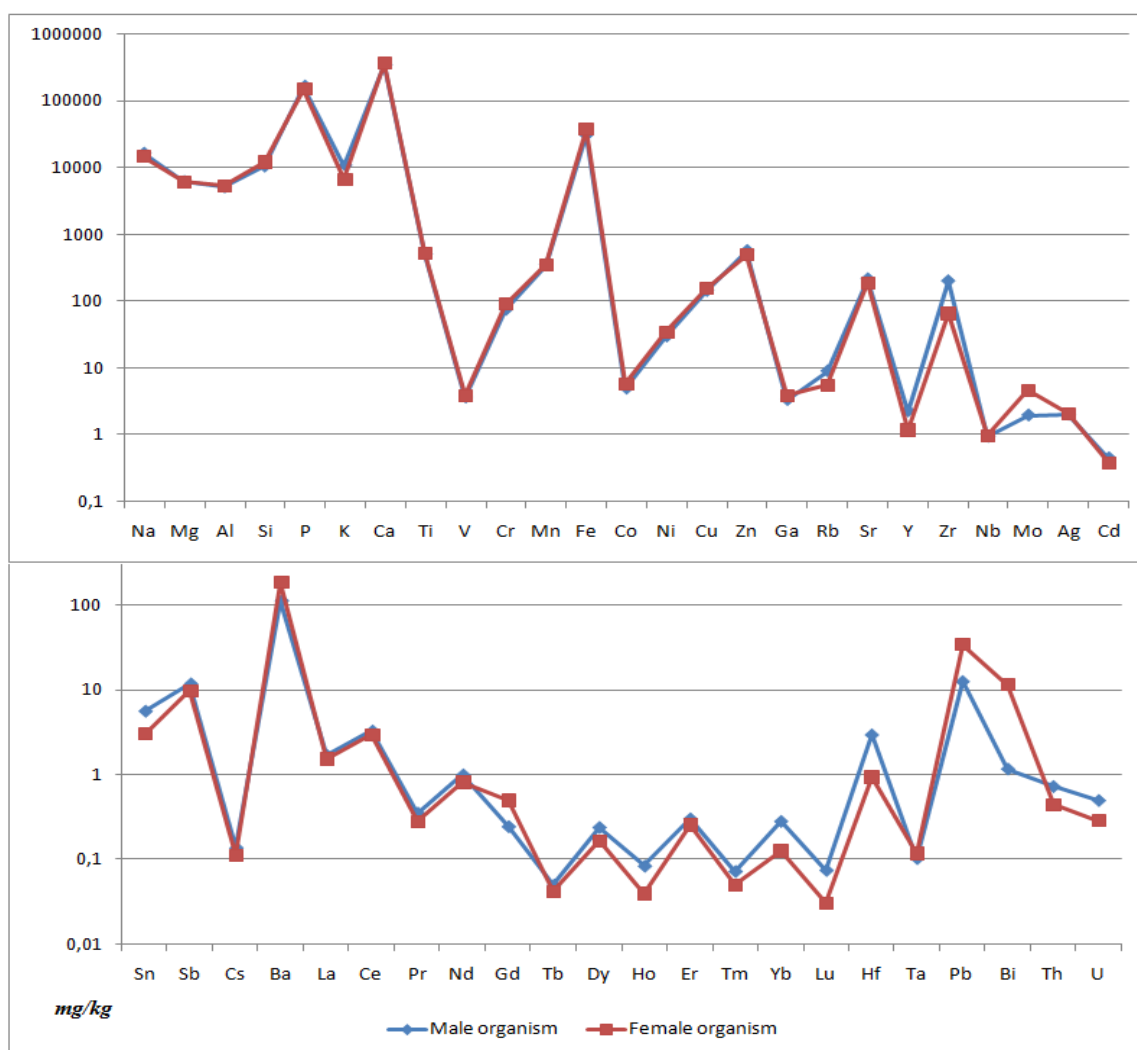


Figure 4.1.2 Estimation of the average content of elements in the human body ash residue of Norilsk residents in terms of sex.

Correlation analysis showed close relations of many elements. The highest positive pair correlation coefficient ($r = 0.99$) belongs to the pair of Zr-Hf (critical coefficient $r = 0.404$, $p = 0.05$). Besides, 19 pairs are characterised by significant relations with correlation coefficient from 0.90 to 0.98; these include: Y-Tb, Y-Dy, Zr- Tm, Zr-Yb, Zr-Lu, Y-U, Zr-Th, U-Th, Nd-Pr, Dy-Yb, Dy-U, Tm-Yb, Tm-Lu, Tm-Hf, Yb-Lu, Yb-Hf, Yb-Th, Hf-Lu and Hf-Th. The strongest negative

correlation coefficient ($\bar{r} = 0.95$) belongs to the pair Ca-Nd. Wherein, such element as Ca is associated with almost all elements with negative relations except P.

Results of cluster analysis (Figure 4.1.3) allowed determining several groups of elements, which are likely to have different source and mechanism of accumulation. The pair Ca-P was chosen as significant relation, because this is one of the strongest relations in a human body, which constitutes the main mineral of human bones –hydroxyapatite. Thus, the following groups of tightly related elements in the human body ash residue of Norilsk residents may be distinguished:

- Ho, Yb, U, Hf, Zr;
- Nd, Pr, La, Ce, Dy, Th, Y;
- Ta, Ga, Fe;
- Sn, Cr, Mn, Ti;
- Cu, V, Nb, Si, Al;
- Rb, K, Sb, Co, Mg;
- Zn, Ba, Na;
- Pb, Mo.

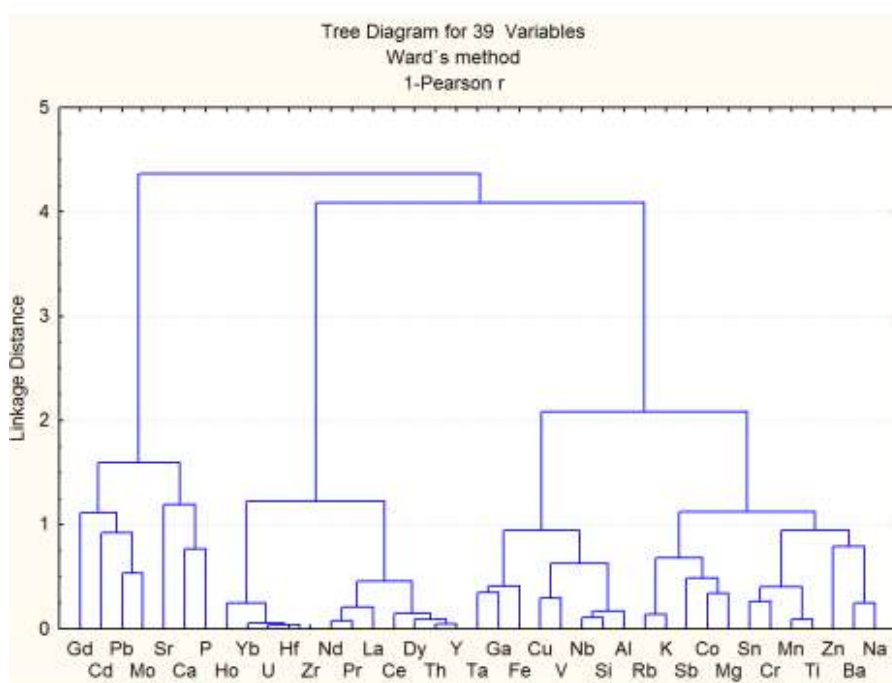


Figure 4.1.3. The diagram of cluster analysis.

The previous mineralogical research of the ash residue samples from different Russian cities has shown that material consists of more than 99.5% of hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), that is the main mineral of bone tissue. The X-ray analysis of HBAR samples from Norilsk identified

not only hydroxyapatite in the mineral content, but also hydroxyapatite with the significant impurity of the silicate ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{SiO}_4)(\text{OH})$). Electron microscopy analysis of the Norilsk samples also showed the impurities of Na, K, Mg, Al, S, Si, and Cl in the content of hydroxyapatite. Besides, the aggregates of hydroxyapatite were found in the samples, in which Na, K and Mg replace Ca more than 70-90%.

Microphases of different composition with less than 0.5% of the sample volume were also found in the studied material. In general, 27 mineral phases of different composition were found in the human body ash residue of Norilsk residents including mineral phases of Cu, Ni, and Pt, that are likely to reflect the impact of local industry. Thus, the specificity of mineralogical content of Norilsk material is a large number of mineral phases characterized by a complex composition which is not typical for the samples from other cities. Some micromineral phases of Zn, Cu, Zr, and Pt are shown in figures 4.1.4 - 4.1.7.

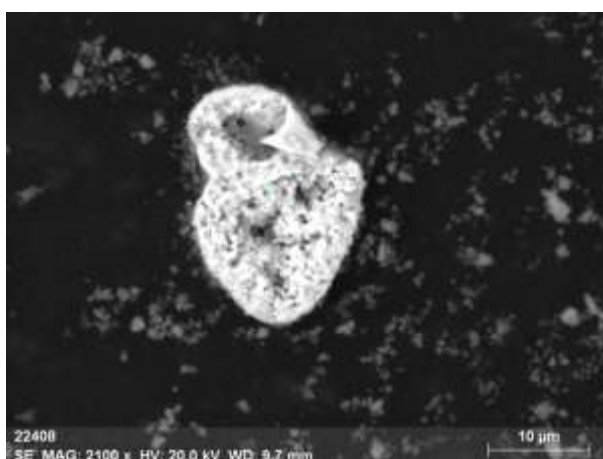


Figure 4.1.4. Micromineral phase of Zn in the HOAR of Norilsk residents.

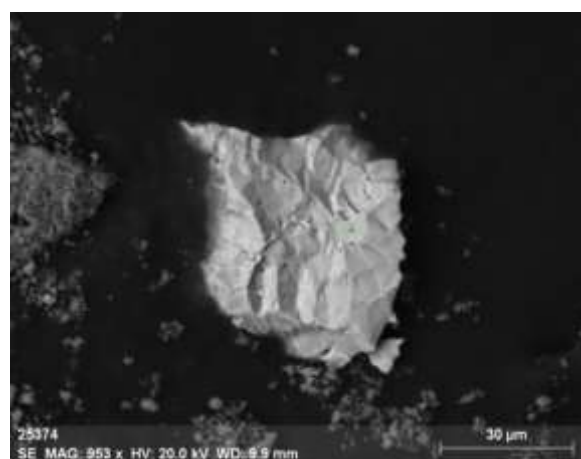


Figure 4.1.5. Micromineral phase of Cu in the HOAR of Norilsk residents.



Figure 4.1.6 Micromineral phase of zircon in the HOAR of Norilsk residents.



Figure 4.1.7. Micromineral phase of Pt in the hydroxyapatite aggregate in the HOAR of Norilsk residents.

The content of 47 chemical elements was studied in the human body ash residue of Norilsk residents, as well as modes of occurrence were determined for some of them. Based on the results of the research, some conclusions about the specificity of the element accumulation and distribution in the HBAR of Norilsk residents can be made. Probably, the spectrum of accumulated elements (Al, Ca, Y, Zr, Ce, Pr, Nd, Cd, Tb, Dy, Ho, Yb, Lu, Th and U) and mineral phases (Cu, Pt, Ceetc) indicate two main sources of elements: ore used in the local industry and emissions of the industrial plant. Besides, the accumulation of radioactive and rare-earth elements and the presence of such minerals as zircon and monazite indicate the possible use of zircon-ilmenite sands or zirconium crucibles in the production. Nevertheless, the source of the studied elements in the organisms of Norilsk residents has not been determined yet and requires additional study of the local water and industrial materials.