

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Роль экологических факторов в формировании элементного состава волос населения

УДК: 616.594:546.49

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т. Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Л. А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н. В.	д.б.н., доцент		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
P1	Применять глубокие базовые и специальные, естественно-научные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 8, 9; ОК-1), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9)
P2	Разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития, проводить оценку воздействия планируемых сооружений на окружающую среду, диагностировать проблемы охраны природы.	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 7, 12) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, 5.2.7-5.2.8)
P3	Организовывать и проводить экологическую экспертизу различных видов проектного задания, осуществлять экологический аудит любого объекта, владеть основами проектирования.	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 10, 11, ОК-4) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.6, 5.2.10, 5.2.14.- 5.2.15)
P4	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ПК 11, ОК-3, 5, 6) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.16)
P5	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК 11, ОК-3,) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12-5.2.16)
P6	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-1, 8, 11, ОК-2-4) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16)

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

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы студента гр. 2ГМ81 Ву Тхи Тху Ван.
на тему: «Роль экологических факторов в формировании элементного состава волос
населения»

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.10.2019	Глава 1. Элементный состав волос как индикатор в экологических исследованиях	
18.11.2019	Глава 2. Геоэкологическая характеристика территории проведения исследований	
15.01.2020	Глава 3. Материалы и методы исследования	
28.03.2020	Глава 4. Статистика параметров элементного состава волос жители г. Томска	
10.05.2020	Глава 5. Характеристика накопления и показатели соотношения химических элементов в волосах жителей Томского района	
04.04.2020	Глава 6. Ртуть в волосах человека	
31.01.2020	Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
08.04.2020	Глава 8. Социальная ответственность	

СОСТАВИЛ Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Барановская Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Ву Тхи Тху Ван

Тема работы:

Роль экологических факторов в формировании элементного состава волос населения
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.02.2020, № 58 – 46/с
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>Литературные и фондовые материалы, результаты собственных исследований (пробы волос студентов из Вьетнама, обучающихся в вузах г.Томска), данные аналитических исследований волос жителей Томского района.</p>
<p>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;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Элементный состав волос как индикатор в экологических исследованиях 2. Геоэкологическая характеристика территории проведения исследований 3. Материалы и методы исследования

<p><i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>4. Статистика параметры элементных состава волос жители г. Томска 5. Характеритика накопления и показатели соотношения химических элементов в волосах жителей Томского района 6. Ртуть в волосах человека 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8. Социальная ответственность</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Т.Г.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Скачкова Л. А.</p>

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>1. Элементный состав волос как индикатор в экологических исследованиях</p>
<p>2. Геоэкологическая характеристика территории проведения исследований</p>
<p>3. Материалы и методы исследования</p>
<p>4. Статистика параметры элементных состава волос жители г. Томска</p>
<p>5. Характеритика накопления и показатели соотношения химических элементов в волосах жителей Томского района</p>
<p>6. Ртуть в волосах человека</p>
<p>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>
<p>8. Социальная ответственность</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Профессор</p>	<p>Барановская Н.В.</p>	<p>д.б.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2ГМ81</p>	<p>Ву Тхи Тху Ван</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/с специальность	05.04.06 Экология и природопользование

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Литературные источники; 2. Методические указания по разработке раздела; 3. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы; 4. Налоговый кодекс РФ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Техничко-экономическое обоснование целесообразности выполнения проектируемых работ
2. Планирование и формирование бюджета НИ	2. Расчет затрат времени, труда, материалов и оборудования по видам работ
3. Определение ресурсной, финансовой, социальной и экономической эффективности НИ	3. Расчёт сметной стоимости работ

Дата выдачи задания для раздела по
линейному графику

31.01.2020

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван		31.01.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Тема ВКР:

Роль экологических факторов в формировании элементного состава волос населения	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения:	Объектом исследования является биологический материал, человеческие волосы в высушенном измельченном состоянии. Рабочая зона представляет собой закрытое сухое помещение с хорошими условиями освещенности. Методика определения валового содержания ртути в твердом веществе осуществляется по общепринятым методикам.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ; - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность	
2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Недостаточная освещённость рабочей зоны 3. Монотонный режим работы 4. Электрический ток 5. Пожарная опасность
3. Экологическая безопасность:	При анализе проб атомно-абсорбционным методом, волосы не приобретают опасных свойств, и не оказывают влияния на гидросферу и литосферу. Однако, процесс данного исследования может оказывать

	<p>влияние на атмосферу когда пробы обгоревших волос создают сильный запах и дым выпускается в воздух.</p> <p><i>Защита атмосферы.</i> Поскольку для анализа волос используется небольшая проба, количество газов как CO₂, SO₂ и NO₂, выделяемого в воздух незначительно. Поэтому для обеспечения экологической безопасности во время анализа необходимо применять местную систему кондиционирования воздуха, системы механической вентиляции.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от компьютера, углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ); система автоматической противопожарной сигнализации, приведен план эвакуации.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.04.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 125 с., 33 рис., 29 табл., 87 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: волосы человека, элементный состав, ртуть, биоиндикатор, атомно-абсорбционная спектрометрия, нейтронно-активационный анализ, Томский район, г. Томск, Вьетнамские студенты.

Объектом данного исследования являются волосы жителей Томского района и студентов из Вьетнама, обучающихся в вузах г.Томска.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка уровней накопления химических элементов в волосах жителей Томского района и вьетнамских студентов ТПУ и выявление специфики в их концентрировании в зависимости от влияния экологических факторов.

Задачи работы:

- 1) провести литературный обзор по содержанию химических элементов в волосах человека;
- 2) изучить геоэкологические особенности территории проведения исследований;
- 3) выявить статистические параметры содержания химических элементов в составе волос жителей г. Томска и населенных пунктов Томского района;
- 4) дать оценку уровню и выявить закономерности изменения содержания ртути в составе волос вьетнамских студентов, обучающихся в ТПУ;
- 5) выявить индикаторы экологического состояния территории по данным элементного состава волос населения Томского района.

В процессе исследования проводилось определение химического состава проб волос жителей Томского района, а также детальное изучение геоэкологических особенностей территории расположения некоторых населенных пунктов Томского района. Все полученные данные

обрабатывались в программах Microsoft Excel, Microsoft Office Word, STATISTICA 8.0.

Область применения: Полученные результаты могут служить сравнительным материалом для работ по мониторингу состояния окружающей среды и определения степени воздействия токсичных элементов на население, проживающее в различных геохимических районах и экологических условиях, а также могут быть использованы для разработки региональных нормативов содержания элементов в волосах населения.

Экономическая значимость работы: полученные фактические данные и результаты могут быть использованы природоохранными организациями и местной администрацией для разработки мероприятий по проведению природозащитных и здоровьесберегающих мероприятий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ	13
ВВЕДЕНИЕ	14
ГЛАВА 1. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС КАК ИНДИКАТОР	16
В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	16
1.1. Химические элементы в волосах человека.....	16
1.2. Элементы - токсиканты в волосах человека.....	20
ГЛАВА 2. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	27
2.1. Административно-географический очерк района.....	27
2.2. Рельеф.....	27
2.3. Климат	28
2.4. Гидрография.....	28
2.5. Геологическое строение и полезные ископаемые	30
2.6. Растительность и животный мир	32
2.7. Краткая экологическая характеристика территории.....	33
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
3.1. Территория исследования.....	40
3.2. Пробоотбор и пробоподготовка	41
3.3. Аналитические методы.....	42
3.4. Математические методы исследования	45
ГЛАВА 4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЖИТЕЛЕЙ Г. ТОМСКА	51
ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИТИКА НАКОПЛЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ СООТНОШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ ТОМСКОГО РАЙОНА	68
ГЛАВА 6. РТУТЬ В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА.....	79
ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	79

ГЛАВА 8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА ТОМСКОГО РАЙОНА	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	109
ПРИЛОЖЕНИЕ А	119

СОКРАЩЕНИЯ

ИННА – инструментальный нейтронно-активационный анализ

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии

ТЭС - Тепловая электростанция

ГРЭС - Гидрорециркуляционная электростанция

ICP-МС - Inductively coupled plasma mass спектрометры

МИНОЦ - Международный инновационный научно-образовательный
центр

ВВЕДЕНИЕ

Биомониторинг недавно был утвержден обязательным законом как метод, который оценивает влияние химических элементов, присутствующих в окружающей среде, на живые организмы. В случае биомониторинга человека используются только неинвазивные матрицы, например волосы, моча, слюна могут быть использованы. Волосы дают информацию о длительном, а не кратковременном воздействии. Анализ минеральных свойств волос также стал интересным диагностическим инструментом в биомониторинге воздействия токсичных элементов, в оценке состояния здоровья и питания.

По мнению медиков, геоэкологов и экологов, волосы являются хорошим индикатором воздействия окружающей среды на человека. По результате международных программ, существующих Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), метод использования волос человека для анализа экологических и токсикологических корреляций доказали, он обоснован и эффективен.

Целью данной работы является оценка уровней накопления химических элементов в волосах жителей Томского района и вьетнамских студентов ТПУ и выявление специфики в их концентрировании в зависимости от влияния экологических факторов.

Задачи работы:

- 1) провести литературный обзор по содержанию химических элементов в волосах человека;
- 2) изучить геоэкологические особенности территории проведения исследований;
- 3) выявить статистические параметры содержания химических элементов в составе волос жителей г. Томска и населенных пунктов Томского района;
- 4) дать оценку уровню и выявить закономерности изменения содержания ртути в составе волос вьетнамских студентов, обучающихся в ТПУ;

5) выявить индикаторы экологического состояния территории по данным элементного состава волос населения Томского района.

ГЛАВА 1. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС КАК ИНДИКАТОР В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

1.1. Химические элементы в волосах человека

На сегодняшний день человеческие волосы активно используются для контроля содержания многих химических элементов, а также для оценки воздействия факторов окружающей среды и диагностики заболеваний.

Волосы отражают долговременный период поступления и уровни поступления микроэлементов в организм человека и в связи с этим используются во многих исследованиях [37]. Волосы человека – самая информативная из доступных для анализа биосред (кровь, моча, соматические хромосомы и др.). В таблице 1.1. представлены данные по информативности биосубстратов для того, что оценить воздействия химических элементов на человека.

Таблица 1.1 - Информативность различных биосубстратов для оценки действия неорганических химических веществ [25]

Элемент	Pb	Hg	Cd	As	P	Cr	Ni	Co	Mn	Zn	Sb	Se	Cu
кровь	++	+	x	x	-	+	x	+	+	-	-	-	x
моча	+	+	++	+	++	+	+?	-	+?	+	-	+	+
волосы	++	+	+	++	++	+	x	x	+	x	+	+	x
ногти	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	x
зубы	++	-	+?	-	++	+	-	-	-	+	-	-	+
слюна	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	+

Обозначения:

+ – концентрация элемента в биосубстрате изменяется

++ – концентрация элемента в данном биосубстрате обнаруживается раньше, чем в других

x – концентрация элемента обнаруживается только при высоких уровнях

? – данные об обнаружении элемента в биосредах противоречивы

- – нет данных

Предполагается, что по сравнению с кровью и мочой волосы являются потенциальным индикатором транс тяжелых металлов для кратковременного и длительного воздействия (Kosanovic and Jokanovic

2011; Kyle and Pease 1965). Кроме того, концентрации металлов в волосах были относительно выше, чем в жидких средах (Pereira et al. 2004; Senofonte et al. 2000). Кроме того, образцы волос легко собираются и обрабатываются по сравнению с образцами крови и мочи (Kyle and Pease 1965); поэтому образцы волос широко использовались для мониторинга воздействия тяжелых металлов в окружающей среде на дикую природу и человека (Sen and Chaudhuri 1996; Wang et al. 2009) [74].

Элементный состав волос используется многими исследователями для оценки влияния на человека как загрязнителей, присутствующих в окружающей среде, так и на рабочем месте. К преимуществам использования волос человека в исследованиях относят нетравматичный характер процедуры отбора волос; стабильность волос как биологического материала, которая облегчает их хранение и транспортировку; более высокие остаточные концентрации химических элементов в волосах по сравнению с другими биосредами; накопление волосами химических элементов в течение длительного периода [62].

Изучение содержания макро- и микроэлементов в волосах также проводится многими учеными во всем мире (рисунки 1.1 – 1.3).

Волосы характеризуются фиксированной динамикой роста, которая составляет 0,2 мм в день, поэтому для анализа содержания микроэлементов используется прикорневая часть волос. Элементы, попадающие в клетки волос с кровью, с существенным затруднением включаются в минеральный обмен организма [35].

Table 4 – Reference values for essential trace elements levels in human hair (mg/kg).								
Ref.	Reference range		Percentile		Population			
	Lower	Upper	Lower	Upper	N	Age	Sex	Country
Cr								
Senofonte et al. (2000)	0.08	4.56	5	95	160	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.001	0.48	2.5	97.5	131	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.20	0.90			655	3–6	F/M	Korea
Co								
Senofonte et al. (2000)	0.03	2.95	5	95	137	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.01	1.20	2.5	97.5	136	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.01	0.02			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.001	0.017	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Cu								
Senofonte et al. (2000)	7.2	82.7	5	95	412	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	9.1	59.7	2.5	97.5	135	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	8	36			655	3–6	F/M	Korea
Vanaelst et al. (2012)	10.1	46.6	10	90	218	6–10	F	Belgium
Fe								
Senofonte et al. (2000)	5.9	36.8	5	95	408	3–15	F/M	Italy
Park et al. (2007)	7	21			655	3–6	F/M	Korea
Vanaelst et al. (2012)	3.66	17.3	10	90	218	6–10	F	Belgium
Mn								
Senofonte et al. (2000)	0.04	0.77	5	95	378	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.002	0.91	2.5	97.5	133	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.10	0.60			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.03	0.75	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Mo								
Senofonte et al. (2000)	0.04	0.98	5	95	195	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.0001	1.78	2.5	97.5	135	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.04	0.10			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.024	0.19	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Se								
Senofonte et al. (2000)	0.30	1.51	5	95	327	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.13	1.28	2.5	97.5	134	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.50	1.00			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.03	0.20	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Zn								
Senofonte et al. (2000)	64	228	5	95	411	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	96.86	329.19	2.5	97.5	130	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	30	130			655	3–6	F/M	Korea
Vanaelst et al. (2012)	150	327	10	90	218	6–10	F	Belgium

Рисунок 1.1 - Контрольные значения для уровней основных микроэлементов в волосах человека (мг/кг) [74]

Table 6 – Reference values for other trace elements levels in human hair (mg/kg).								
Ref.	Reference range		Percentile		Population			
	Lower	Upper	Lower	Upper	N	Age	Sex	Country
Li								
Dongarrà et al. (2011)	0.001	0.56	2.5	97.5	131	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.01	0.02			655	3–6	F/M	Korea
Sr								
Senofonte et al. (2000)	0.31	3.65	5	95	186	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	1.11	12.72	2.5	97.5	132	11–13	F/M	Italy
V								
Senofonte et al. (2000)	0.04	4.13	5	95	156	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.001	0.21	2.5	97.5	132	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.04	0.13			655	3–6	F/M	Korea

Рисунок 1.2 - Контрольные значения уровней других микроэлементов в волосах человека (мг/кг) [74]

Table 3 – Reference values for macroelements levels in human hair (mg/kg).									
Ref.	Reference range		Percentile		Population				
	Lower	Upper	Lower	Upper	N	Age	Sex	Country	
Ca									
Park et al. (2007)	120	365			655	3–6	F/M	Korea	
Vanaelst et al. (2012)	160	1460	10	90	218	6–10	F	Belgium	
Mg									
Senofonte et al. (2000)	7.4	72.9	5	95	411	3–15	F/M	Italy	
Park et al. (2007)	6	24			655	3–6	F/M	Korea	
Vanaelst et al. (2012)	8.67	65.3	10	90	218	6–10	F	Belgium	
P									
Senofonte et al. (2000)	96	299	5	95	412	3–15	F/M	Italy	
Vanaelst et al. (2012)	108	173	10	90	218	6–10	F	Belgium	
Na									
Vanaelst et al. (2012)	2	123	10	90	50	6–10	F	Belgium	

Рисунок 1.3 - Контрольные значения уровней макроэлементов в волосах человека (мг/кг) [74]

В состав волос входит кератин - белок, построенный из аминокислот, воды и пигмента, отвечающего за окраску волоса.

Концентрация химических элементов в волосах считают интегративным показателем в гигиенической донозологической диагностике состояния здоровья человека, его адаптации к условиям проживания и обеспеченности микронутриентами. В целях скрининга проводится анализ элементного состава волос, который оценивает содержание химических элементов в волосах как отражение их обмена в организме и отношения между элементами, синергизм и антагонизм макро-и микроэлементов [42].

Данные по элементному составу волос человека могут быть использованы как показатель техногенных и природных аномалий исследуемой территории. Волосы депонирующая среда и можно использовать данные по элементному составу волос для картирования техногенных ореолов загрязнения и зонирования территорий по степени благоприятности проживания человека. Доказано, что микроэлементы состав тканей человека, в том числе волос, изменяется в зависимости от

природно-техногенных геохимических обстановок в местах проживания людей.

Данные по содержанию микроэлементов в волосах человека представленные в таблице 1.2, показано, что химического состава волос изменяется в соответствии географических условиях проживания исследуемого населения.

Таблица 1.2 - Сравнительные данные содержания микроэлементов в составе волос человека (мг/г) (по Samanta et. al., 2004) [14]

Элемент	Индия	Япония	Канада	США	Польша	Италия	Индонезия	Нигерия	Малазия
As	0,61	0,05	0,016	0,01	0,02	0,09	-	0,09	0,28
Se	10,8	3,9	-	0,54	0,35	0,84	-	0,3	2,97
Hg	1,3	2,2	0,93	0,49	0,28	-	-	0,3	2,97
Zn	211	114	248	150	160	144,2	228	129,4	138
Pb	13,2	3,62	5,38	2,43	2,52	8,1	15,7	-	-
Ni	0,35	2,7	0,26	0,39	0,52	0,7	6,4	-	-
Cd	0,32	0,28	0,5	<0,15	0,31	0,21	0,6	-	-
Mn	2,23	2,4	3,2	0,22	0,82	0,41	-	7,44	-
Cu	20	10,7	63,1	15,7	9,42	22,38	29	22,97	-
Fe	36	15	18,8	9,16	22,1	17,87	242	176,8	65,2

Таким образом, элементный состав волос широко используется в различных областях геоэкологических исследований.

1.2. Элементы - токсиканты в волосах человека

Вещества или соединения, оказывающие ядовитое воздействие на живые организмы называются токсикантами. По характеру воздействия и степени проявления токсичности токсиканты делят на 2 группы: токсичные и потенциально токсичные. Токсиканты бывают неорганического (Cd, Hg, Pb, As, Ni, B, Mn, Se, Cr, Zn и др.) и органического происхождения (нитразосоединения, фенолы, амины, поверхностно-активные вещества, пестициды, формальдегид, бенз(а)пирен и др.). Присутствует классификация опасности различных химических веществ, попадающих в окружающую среду [15]. Химические вещества разделяются на три класса по степени токсикологического воздействия (рисунок 1.4).

Т а б л и ц а 3.5. Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

<i>Класс опасности</i>	<i>Химическое вещество</i>
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Рисунок 1.4 – Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов [15]

Для химико-токсикологического анализ наиболее важными для определения являются тяжелые металлы (Pb, Hg, Cd, Cu, Ni, Co, Zn) из-за их высокой токсичности и способности к миграции.

Данные токсиканты в различных природных средах обладают специфическим поведением из-за их биогеохимических свойств как: комплексообразующая способность, подвижность, биохимическая активность, минеральные и органические формы распространения, склонность к гидролизу, растворимость, эффективность накопления.

Определенная аналогия биогеохимических свойств некоторых тяжелых металлов позволила сгруппировать эти элементы и выявить общие закономерности их токсикологического воздействия на окружающую среду (рисунок 1.5).

Такие элементы как Cu и Zn считаются хорошими индикаторами терригенного стока, седиментации, высокой эффективностью накопления в водорослях и планктоне, что определяет их особую значимость для биоты из-за их высокой химической активности. Данные элементы главные составляющие многие металлоферменты, участвующие в природной селекции аэробных клеток, в окислительно-восстановительных процессах тканей, стабилизации рибосом и мембран клеток, иммунной реакции.

**Т а б л и ц а 3.6. Основные биогеохимические свойства
тяжелых металлов**

<i>Свойства</i>	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
Биохимическая активность	—	В	В	В	В	В	В
Токсичность	У	У	У	У	В	В	В
Канцерогенность	В	В	—	—	—	—	—
Обогащение глобальных аэрозолей	Н	Н	В	В	В	В	В
Минеральная форма распространения	В	Н	Н	Н	В	В	В
Органическая форма распространения	Н	Н	У	У	В	В	В
Подвижность	Н	Н	У	У	В	В	В
Тенденция к биоконцентрированию	В	В	У	У	В	В	В
Эффективность накопления	У	У	В	В	В	В	В
Комплексообразующая способность	Н	Н	В	В	У	У	Н
Склонность к гидролизу	Н	У	В	В	У	У	У
Растворимость	Н	Н	В	В	В	В	В
Время жизни	В	В	В	В	Н	Н	Н

Примечания: В– высокая, У – умеренная, Н – низкая.

Рисунок 1.5 – Основные биогеохимические свойства тяжелых металлов [15]

Биологически активные и канцерогенные элементы как Ni и Co обладают сравнительно малой подвижностью, что обуславливает их равномерное распределение в природных средах.

Pb характеризуется малой подвижностью и непродолжительным временем жизни в атмосфере и фазе раствора природных вод: в поверхностных водах оно равно несколько лет, а в глубинных – до 100 лет.

По химическим свойствам и специфике поведения в различных природных средах Cd имеет определенную аналогию с Zn. Сродство Cd к O₂ выражено менее ярко, поэтому объясняется образование его достаточно неустойчивых металлорганических соединений и определенную инертность в окислительно-восстановительных реакциях. Активное биоконцентрирование Cd приводит к его накоплению в избыточных биодоступных концентрациях в течение малого количества времени. По сравнению с другими тяжелыми металлами Cd является наиболее сильным токсикантом почв (Cd > Ni > Си > Zn) [15].

Особое значение играет определение ртути в волосах. Ртуть и ее соединения являются веществами первого класса опасности и их содержание строго лимитируется во всех компонентах окружающей среды,

питьевой воде, воздухе рабочей зоны и продуктах питания [4]. Токсичность ртути известна с древности. Так в прошлые века появилось символическое название «болезнь сумасшедшего шляпника», которая возникла при тяжелых нервно-психологических нарушениях здоровья рабочих, занимающихся изготовлением фетра с использованием нитрата ртути [20].

От формы Hg зависит ее мобильность, токсичность и накопление в организме. Ртуть стойка в окружающей среде, и она присутствует в различных неорганических и органических. Наиболее распространены три формы:

- а) элементарная ртуть (Hg);
- б) ионная ртуть (Hg²⁺)
- в) органические соединения ртути, одно из которых метилртуть (MeHg).

Во время формирования волос метилртуть легко включается в и ее концентрация в волосах пропорциональна концентрации в крови. В отличие от MeHg, при высоких содержаниях ртути в крови, концентрация неорганических форм ртути как металлической ртути и ее неорганических солей в волосах относительно невеликая, следовательно, в периоде роста волос содержание неорганической ртути накапливается более ограничено. Вследствие этого, что волосы человека наилучший индикатор для оценки воздействия метилртути [13].

Пример того, как потребление минералов отражается в элементном составе волос, был продемонстрирован в исследовании нескольких тысяч иракских крестьян, чья диета содержала зерно, сильно обработанное фунгицидами. Фунгициды содержали органическую ртуть, которая отражалась в более высоких концентрациях в волосах, когда потребление было самым высоким и уменьшалось, когда потребление было самым низким. Концентрация волос напрямую коррелировала с уровнем симптомов.

Источники ртути можно разделить на два типа генезиса: техногенный и природный. К природным источникам относятся процессы выветривания горных пород, а также земная и подводная вулканическая деятельность [20].

Главными источниками антропогенного ртутного загрязнения являются: стационарные установки, сжигающие топливо, особенно угольные ТЭС (65% совокупных антропогенных выбросов ртути), золотодобыча, при которой ртуть используется для отделения металла от породы (11%), выплавка цветных металлов (6,8%), производство цемента (6,4%), мусоросжигательные установки. Немалый вклад вносит стоматология – из 340 тонн ртути, ежегодно используемых для производства пломб и других продуктов, до 100 тонн, по оценкам, попадает в сточные воды [17].

Исследования по содержанию Hg в волосах активно проводятся из-за того, что ртуть является высокотоксичным элементом, способным накапливаться в живых организмах.

Содержание ртути исследуют активно во многих странах мира. В таблице 1.3, приведены концентрации ртути в волосах в различных странах по различным литературам.

Таблица 1.3 – Содержание ртути в волосах человека по миру

Страна	Авторы	Содержание ртути (мг/кг)
Россия	Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н. и др., 2015 [30]	3,4±0,4
	По данным справочника «Человек, медико –биолог. данные», 1977 [30]	6
	Сагет Ю.Е., Ревич Б.А. и др., 1990 [30]	1,81±0,15
Япония	Mineshi Sakamoto et al., 2016 [77]	1,35
	Nozomi Tatsuta et al., 2017 [79]	2,55
Китай	Minjuan Huang et al., 2012 [78]	0,869 ± 0,831
	Qin Jia et al, 2018 [82]	1,57 - 12,61
	Xiaojie LIU et al., 2008 [86]	0,83
	Jin-LingLiu et al., 2014 [69]	1,02 ± 0,92
США	Lynda Knobeloch et al., 2005 [73]	0,005-4,62
	Diane L.Wright et al., 2015 [79]	0,62
	LidiaMínguez-Alarcón et al., 2018 [72]	0,72
Испания	Sergi Díez et al., 2011 [83]	2,64

	VicentYusà et al, 2017 [85]	0,07-6,87
	PedroGarcía-Forteza et al., 2018 [81]	0,70-0,95
Бразилия	Tuija Leino, Martin Lodenius, 1995 [84]	0,9 - 240
	Olaf Malm et al., 2010 [80]	1,0–51,0
	Kleber Faial et al., 2015 [70]	2,07–24,93
Иран	H.Fakour et al., 2010 [67]	2,95 ± 2,33
	Zohreh Salehi, Abbas Esmaili-Sari, 2010 [87]	3,52
Бангладеш	L.Holsbeek et al., 1996 [71]	0,44 ± 0,19
Норвегия	Ingrid Kvestad et al., 2018 [68]	0,373
Польша	MartaMarcinek-Jacel et al., 2017 [75]	0,174 ± 0,137
	E Hać et al., 2000 [64]	0,378 ± 0, 315

В дополнение к ртути, другие токсичные элементы были также изучены в человеческих волосах (рисунок 1.6).

Table 5 – Reference values for toxic elements levels in human hair (mg/kg).

Ref.	Reference range		Percentile		Population			
	Lower	Upper	Lower	Upper	N	Age	Sex	Country
Al								
Senofonte et al. (2000)	2.4	20.0	5	95	412	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.01	12.75	2.5	97.5	131	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	3	16			655	3–6	F/M	Korea
Sb								
Dongarrà et al. (2011)	0.0002	0.11	2.5	97.5	135	11–13	F/M	Italy
Carneiro et al. (2011a,b)	0.0003	0.02	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
As								
Senofonte et al. (2000)	0.14	0.24	5	95	263	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.0003	0.03	2.5	97.5	130	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.05	0.20			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.0011	0.016	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Ba								
Dongarrà et al. (2011)	0.18	2.70	2.5	97.5	130	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.10	0.70			655	3–6	F/M	Korea
Bi								
Park et al. (2007)	0	0.10			655	3–6	F/M	Korea
Cd								
Senofonte et al. (2000)	0.04	0.61	5	95	168	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.0004	0.16	2.5	97.5	132	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)	0.01	0.20			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.0003	0.0128	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Pb								
Senofonte et al. (2000)	1.0	19.8	5	95	358	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.28	3.03	2.5	97.5	129	11–13	F/M	Italy
Park et al. (2007)		<3			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.008	0.34	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Hg								
Park et al. (2007)	0	1			655	3–6	F/M	Korea
Carneiro et al. (2011a,b)	0.009	0.42	10	90	167	12–18	F/M	Brazil
Ni								
Senofonte et al. (2000)	0.07	3.40	5	95	263	3–15	F/M	Italy
Dongarrà et al. (2011)	0.036	1.75	2.5	97.5	131	11–13	F/M	Italy

Рисунок 1.6 - Контрольные значения уровней токсичных элементов в волосах человека (мг/кг) [74]

Таким образом, можно сделать вывод о том, что волосы хорошо отражают концентрирование токсичных элементов в своем составе, обусловленное их поступлением из внешней среды. Следовательно, данный биосубстрат можно с успехом использовать в геоэкологических исследованиях с целью прогнозирования поступления опасных для здоровья человека компонентов и разработки профилактических мероприятий.

ГЛАВА 2. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Административно-географический очерк района

Основные исследования проводились на территории Томского района, Томской области. Исследуемая территория находится в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины и на западе граничит с Тюменской и Омской областями, на юге граничит с Новосибирской, Кемеровской областями, на севере с Ханты-Мансийским автономным округом и на востоке с Красноярским краем (рисунок 2.1). Большая часть территории Томской области (более 85%) относится к труднодоступным районам, приравненным к местностям Крайнего Севера. Площадь 314,4 тыс. км² [12].



Рисунок 2.1 – Расположение Томской области [41]

На территории Томской области расположено 16 муниципальных районов и 6 городов [12]. По данным в 2006, население области составляет 1036 тыс. чел., из них 70,2% жителей живёт в городах. Средняя плотность населения равна 3,4 чел./км².

2.2. Рельеф

Основная часть территории представлена болотами, водными объектами и лесами. Томская область располагается не выше 200 метров над уровнем моря. Рельеф представляет собой плоское пространство с преобладанием болот. Равнина находится под уклоном в направлении реки Обь, которая разделяет область на две части. Левобережье занято Васюганским болотом. Долина реки расположена в центральной части области. Река имеет 8 крупных притоков, к которым относятся Парабель, Шегарка, Чая, Томь, Чулым, Тым, Васюган и Кеть [8].

Почти 40% Томской области покрыто болотами. Соответственно, в образовании рельефа области главную роль играют торфообразование и заболачиваемость. Данным явлениям частично способствует человеческая деятельность.

Немалую часть области занимают лесные долины, в которых отслеживаются следующие зоны – лесостепная, южная и средняя тайга.

Почвы относятся к типам дерновых, подзолистых и болотных. Каждая из почв является благоприятной средой для определенных растений. Подзолистые почвы занимают север области и являются благоприятными для хвойных и смешанных пород леса. Дерново-подзолистый тип почв характерен для лиственных лесов и благоприятен для травянистой растительности [24]. Междуречные участки, где практически отсутствует сток реки, благоприятны для развития болотных почв, которые состоят из торфа. В долинах крупных рек расположены пойменные и болотные типы почв. Самыми ценными почвами являются черноземы, которые встречаются только на юге области.

2.3. Климат

Климат и ветровой перенос веществ является важными для поступления элементов в состав волос. Климат можно отнести к основополагающим факторам изменения природной среды. Практически

все атмосферные выбросы от котельных напрямую связаны с климатическими условиями Западной Сибири [23].

Томская область характеризуется умеренно-континентальным климатом с длительным зимним периодом. Среднегодовая температура составляет - 0,6 °С, средняя температура июля + 18,1 °С, января - 19,2 °С. Климат северной части области более суровый из-за продолжительного зимнего сезона. Безморозный период составляет 100-105 дней. Осадки – 435 мм. В области хорошо выражены все четыре сезона года (зима, весна, лето, осень).

Среднегодовые скорости ветра по области составляют 3-4 м/с, преобладают юго-западные и южные ветры (таблица 2.1). В долинах крупных рек (Обь, Томь) повторяемость скоростей ветра 4-7 м/с составляет 28 %, что создает наиболее суровые зимние условия.

Таблица 2.1 - Среднемесячная скорость ветра (м/сек) [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость	3,3	3,4	3,7	3,7	4,1	3,9	3,0	3,1	3,4	3,9	3,8	3,5	3,6

Основная часть годовых осадков выпадает в период с мая по ноябрь, зимний период является относительно сухим. Осадки представлены дождем, который выпадает в летние месяцы. Среднегодовое количество осадков – 512 мм: 59 мм/год – смешанные осадки, 318 мм/год – жидкие осадки, 135 мм/год – твердые. Наименьшее количество осадков наблюдается в феврале. Зимой увеличивается число дней с осадками, но уменьшается суточное количество осадков [40].

В среднем в год происходит 24 грозы. Грозы наблюдаются в период с апреля по октябрь. Сила гроз определяется сильным различием в температуре воздушных масс.

В таблице 2.2 представлена средняя температура в зависимости от месяца года [28].

Таблица 2.2 - Средняя температура по месяцам [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T °C	-21	-15	-7,2	+1,3	+10,4	+15,9	+19,1	+15,9	+8,7	+1,7	-8,3	-15

2.4. Гидрография

Общая протяженность рек Томской области составляет 39,5 тыс.км, из них более крупные выделяются - Парабель – 308 км; Томь – 827 км; Тым – 950 км; Васюган – 1082 км; Кеть – 1621 км и Чулым – 1799 км (рисунок 2.2). Реки Томской области относятся к бассейну реки Оби.

Также территория области богата множеством озер и прудов.

Половодья приходятся на весеннее таяние снега, подъем воды может достигать 11 м [51].



Рисунок 2.2 – Карта-схема крупных рек Томской области [28]

2.5. Геологическое строение и полезные ископаемые

Томская область расположена в юго-восточной части ЗападноСибирской платформы. В западной части области можно выделить Обскую синеклизу, к северо-востоку относятся Приенисейская и Кулундино-Кетские моноклизы. Дальше, к северу, область располагается на КолтогорскоУренгойском грабенрифте, который рассечен и заполнен породами триаса.

Платформенный чехол области сложен юрско-кайнозойскими терригенными отложениями. Глубина залегания складчатых оснований измеряется от 4 до 6 км, постепенно уменьшаясь в направлении к юговостоку [6].

На территории Томской области множество природных ресурсов. Утвержденные запасы нефти составляют 633,87 млн т, газа - 333,1 млрд м³. Томская область богата месторождениями Fe (57 % ресурсов Российской Федерации), Zr (18%), Ti (9 %), Al (6 %), бурого угля (5 %), Zn (4 %). На юго-востоке области находятся территории, перспективные для добычи Au и Sb. Имеются значительные запасы песчано-гравийных смесей, кирпичных глин, силикатных и кварцевых песков, сапропелей.

На территории Томской области разведаны месторождения циркон-ильменитовых песков [46], а так же месторождения углей и торфов (рисунок 2.3).

Южная периферия Западно-Сибирской плиты и ряд ее внутренних районов, включая Кеть-Вахское междуречье, имеют высокие перспективы выявления уранового оруденения [48,18].

Природно-ресурсный потенциал области определяется и дикоросами. Запас грибов области составляет 86 тыс. т; ягод брусники, голубики, клюквы, черники - более 25 тыс. т; кедрового ореха - около 30 тыс. т [12].

Влияние на миграцию химических элементов в ландшафтах и их поступление в организм человека оказывает геохимическая неоднородность территории Томской области. К ним относятся активные водные мигранты, которые проникают в живые организмы через пищевые цепи [31,19,66].

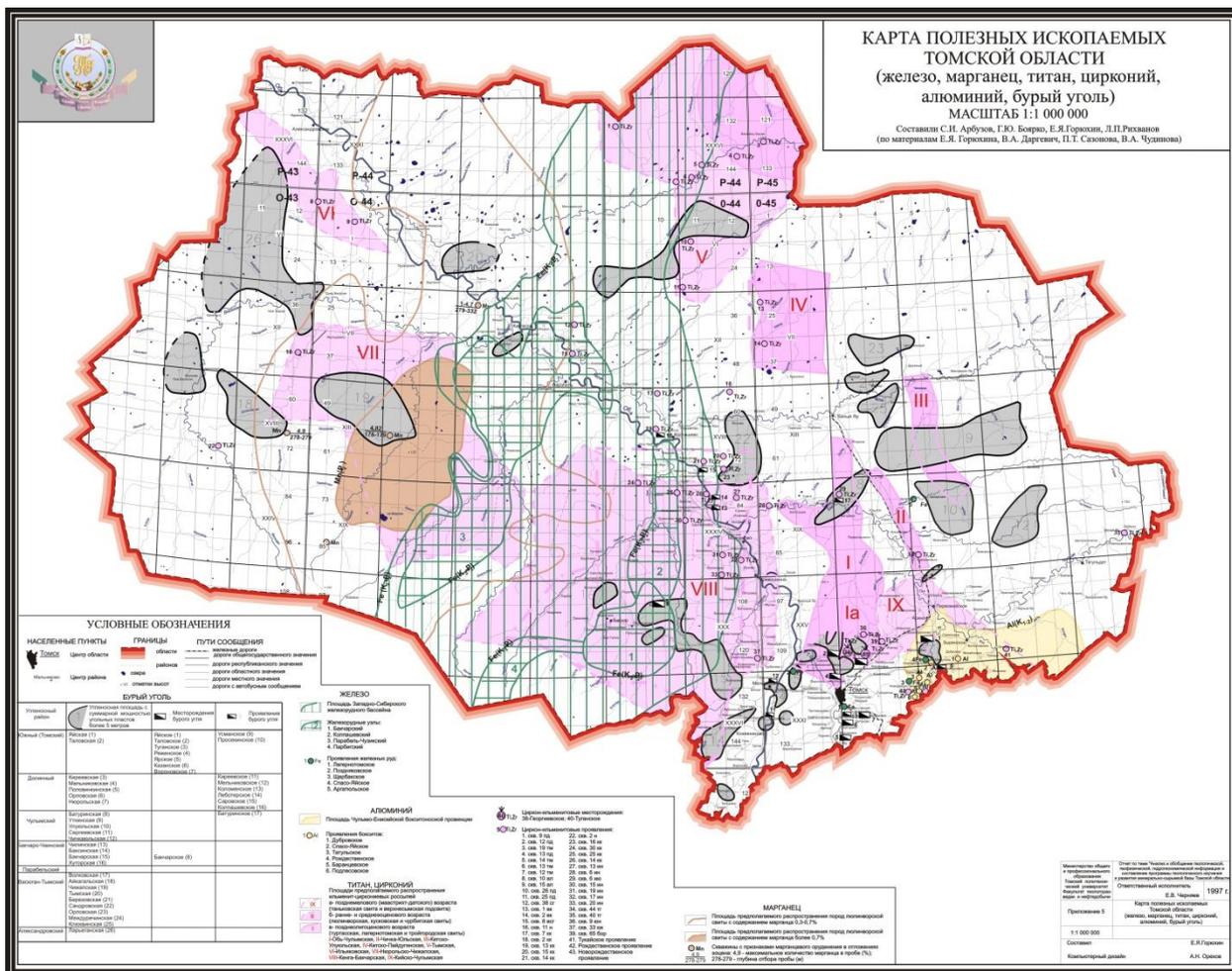


Рисунок 2.3 - Карта полезных ископаемых Томской области [2]

2.6. Растительность и животный мир

Томская область входит в состав двух природных зон – лесостепи и тайги. Растительность области можно разделить на болотную, лесную и луговую. Всего описано около 920 видов растительности. Основная растительность представлена хвойными, сложноцветными, бобовыми, злаковыми, лютиковыми и гвоздичными видами. Лесные территории состоят из хвойных деревьев, осин, кедров, берез и лиственниц [49].

Животный мир Томской области насчитывает около 2000 видов. К парнокопытным животным относятся лось, олень и косуля. Встречается большое разнообразие пушных зверей – барсуки, соболя, белки, россомахи, лисицы, зайцы. Можно встретить волков и медведей. Орнитофауну 18

представляют связь, лебедь гагара, гусь, утка, морянка, рябчик, глухарь, тетерев и т.д [50].

Парковые зоны города Томска в большинстве своем сосредоточены в центральной части города. К ним относятся: Лагерный сад, Сибирский ботанический сад, Университетская роща, Городской сад, Троицкий сквер, Игуменский парк и Буфф-сад.

2.7. Краткая экологическая характеристика территории

Активно развивающаяся промышленность Томской области в последние годы характеризуется напряженной экологической обстановкой.

Деятельность промышленных предприятий и физико-географические условия определяют экологическую обстановку Томской области. В Томске и Северске расположены основные промышленные производства – крупнейший в мире ядерно-технологический комплекс – Сибирский химический комбинат (СХК) расположен в г. Северск, а в г. Томске функционирует Томский нефтехимический комбинат (ТНХК), предприятия оборонной промышленности и др.. В Томской области находятся предприятия нефтегазодобывающей, лесозаготовительной и агропромышленной отрасли. В северных районах Томской области развит нефтегазодобывающий комплекс [55].

Томская область характеризуется территорией со сложными экологическими проблемами из-за функционирования крупных промышленных предприятий (около 33), которые сосредоточены на ограниченной территории север-северо-восточного и частично восточного сектора относительно Томск–Северской промышленной агломерации и входят в так называемый Северный промышленный узел (СПУ), где находятся предприятия нефтеперерабатывающего (Томский нефтехимический комбинат (ТНХК), энергетического (многочисленные ТЭЦ и ГРЭС), ядерно-топливного (Сибирский химический комбинат, агропромышленного и других комплексов (рисунок 2.4). Вследствие этого,

СПУ является основным узлом существования сложных экологических проблем Томского района [53,57].

Годовые атмосферные выбросы Томского нефтехимического комбината составляют более 1,2 млн. т загрязняющих веществ в год по 30 химическим веществам, представленным от индифферентной пыли до высокотоксичных органических соединений (гептан, бензол, метанол и др.), специфическими микробиоценозами (углеводородоокисляющие и другие бактерии) [56], а также Vg и Sb [59,60].

В г. Томске и близлежащих территориях источниками влияния на окружающую среду являются объекты теплоэнергетического комплекса (ТЭК) - ГРЭС-2, около 90 котельных, принадлежащих промышленным предприятиям. На территории СПУ расположена ТЭЦ-3. Объекты теплоэнергетического комплекса выбрасывают большие объемы выбросов в атмосферу (67% от всех стационарных источников) и оказывают влияние на все компоненты окружающей среды [54]. Технологический цикл предприятий электроэнергетической отрасли задействован на использовании природного газа, в меньшей степени применяются угли, преимущественно с Кузбасского бассейна [54].

КОНЦЕПЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ПРОСТРАНСТВЕННО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ АГЛОМЕРАЦИИ «ТОМСК-СЕВЕРСК-ТОМСКИЙ РАЙОН»
СХЕМА СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ (ОПОРНЫЙ ПЛАН)

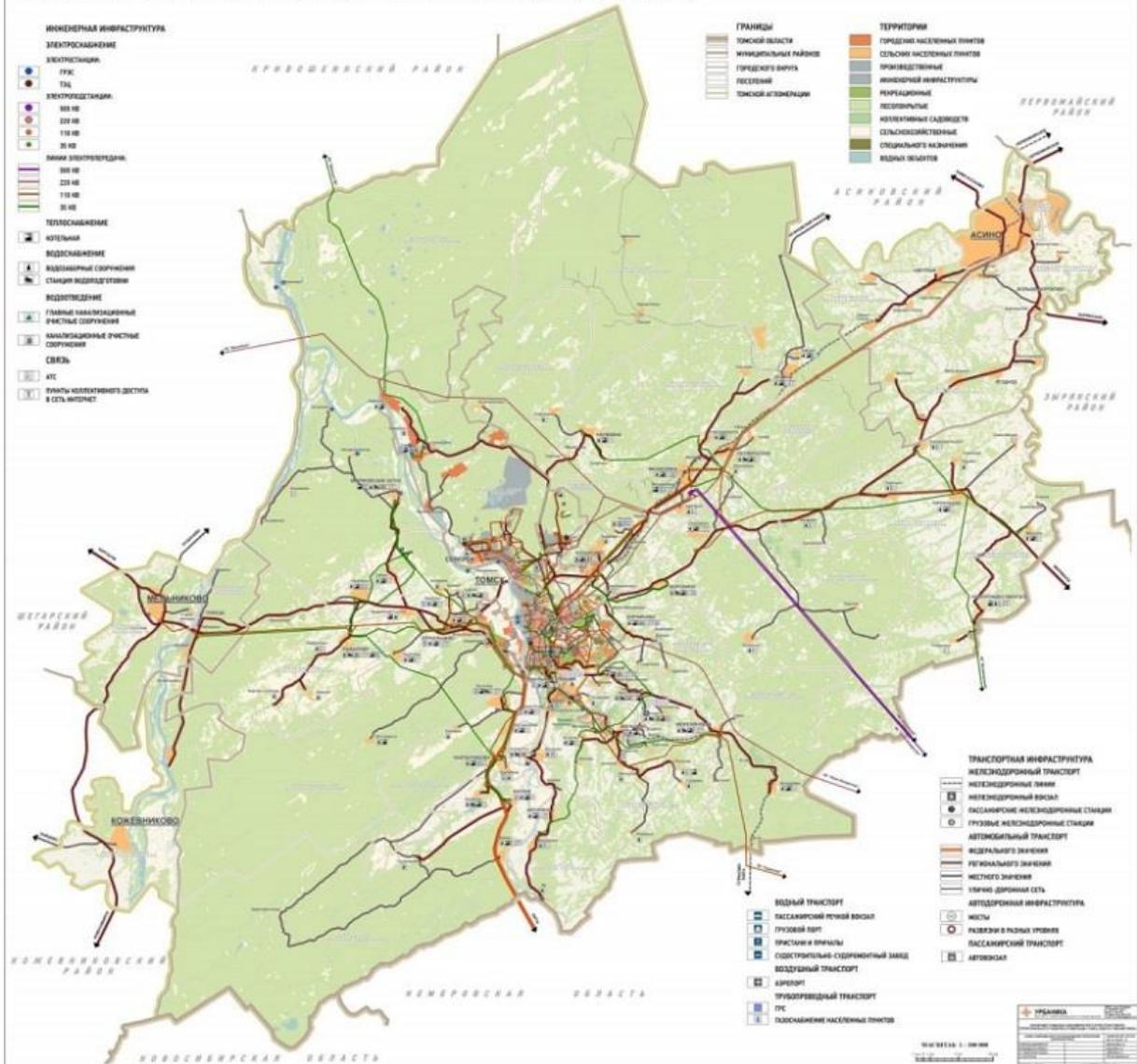


Рисунок 2.4 - Схема современного использования территории Томского района [57]

По данным Западно-Сибирского территориального центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (г. Новосибирск) основным источником радиоактивного загрязнения территории Томской области является Сибирский химический комбинат [1]. Ранее СХК имел статус одного из самых крупных в мире ядерно-технологических комплексов по производству оружейного плутония. Комбинат функционирует около 50 лет и его деятельность проходила в полном

режиме секретности. СХК располагал пятью промышленными реакторами, которые остановлены на данный момент [55]. На территории СХК расположено пятьдесят хранилищ жидких и твердых радиоактивных отходов, а также скважины, через которые жидкие радиоактивные отходы закачиваются в подземные пласты. СХК имеет близкое расположение к населенным пунктам, находится в 10-15 км от жилых районов г. Томска. Воздействие комбината на окружающую среду имеет многокомпонентный характер, усиливается влиянием радиоактивных и химических веществ, оказывая негативное влияние на здоровье людей. При плановых и аварийных газо-аэрозольных выбросах и сбросах, которые содержат радионуклиды, и при захоронении радиоактивных отходов, происходит загрязнение окружающей среды [1].

На СХК произошло более тридцати аварий, пять из которых относят к третьему уровню по международной шкале событий на атомных станциях и квалифицируются как серьезные происшествия [53,33]. Зона радиоактивного загрязнения, вытянутая на 25 км на северо-восток, образовалась в результате аварии на СХК в апреле 1993 г. (площадь зоны около 100 км²) (рисунок 2.5). Авария стала предпосылкой для проведения комплексных исследований по влиянию комбината на все компоненты окружающей среды и здоровье населения [33,7,3,27].

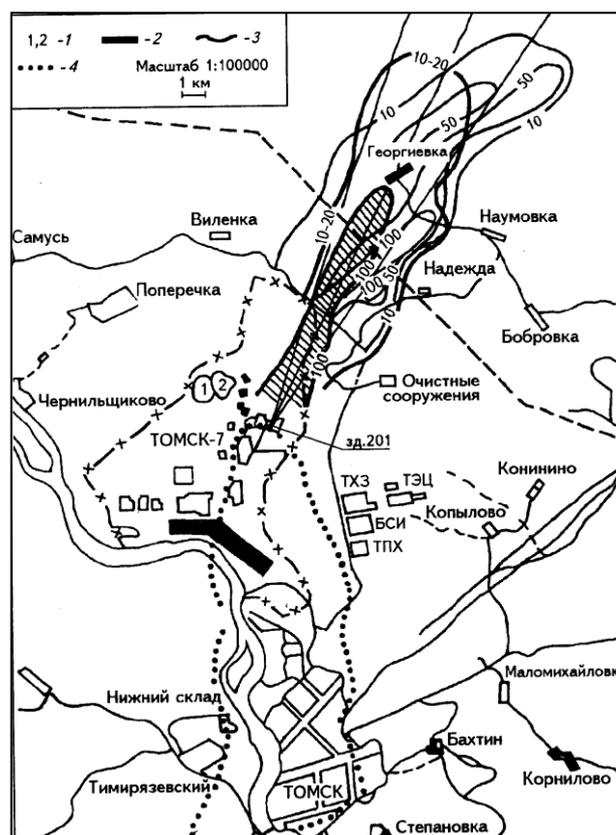


Рисунок 2.5 - Карта окрестностей Томска [3]

1 – наземные бассейны – хранилища РАО в Томске – 7; 2 – данные наземных измерений фона, мкР/ч; 3 – данные воздушных измерений, мкР/ч; 4 – проекция расположения выброса при северном ветре

Результаты исследования выявили, что северо-восточный и юго-западный, прилегающие к г. Томску, и находящиеся в 30-километровой зоне влияния СХК, является наиболее экологически напряженными секторами. В нём находятся более 80-ти населенных пунктов (в том числе города Томск и Северск) и 650 около тыс. человек [57,60]. Внешние контуры непрерывных аномалий распространяются от СХК на расстояние 10–15 и более километров. Центры основных аномалий обычно удалены от территории СХК, обуславливая максимальную загрязненность сопредельных территорий. Это объясняется большой высотой технологических труб СХК [56].

Граница г. Томска вплотную примыкает к санитарно-защитной зоне СХК площадью 192 км². Близкое расположение населенных пунктов определяет очаговый характер экологических проблем.

Последствиями негативного влияния предприятий агропромышленного комплекса в почвах около г. Томска обнаружено загрязнение тяжелыми металлами и радионуклидами. В радиусе от 30 до 100 км от г. Томска содержание техногенных соединений в почвах в 2-3 раза и более превышает фоновые значения по Mn, Br, V, Cu, Pb, Zn, Co, Ni. Было выявлено, что пойма реки Томи и северная часть Томского района загрязнена Cs-137 и другими радионуклидами [54].

Вклад в радиационную обстановку Томской области вносят предприятия ядерно-топливного цикла (СХК) и хранилища радиоактивных отходов (РАО), аварии, ранее проведенные ядерные испытания (атмосферные и наземные) в Семипалатинске, на Новой Земле, Тоцке, Китае [55,54].

В Томской области имеются участки, на которые оказывали влияние в результате падения отделяющиеся части ракет с выделением компонентов топлива. Площадь таких участков составляет 2,1 млн. гектар [33].

В результате ветрового переноса вклад в радиоактивное загрязнение Томской области вносит предприятие «Химконцентрат» (г. Новосибирск). Помимо этого, радиоактивные вещества поступают в окружающую среду от работы теплоэлектростанций (ТЭС) [52].

По данным А.М. Адама в Томской области к зонам повышенной экологической опасности можно отнести районы нефтегазодобычи; районы падения отделяющихся частей ракет-носителей, зона воздействия СХК и места захоронения РАО, район водозабора в Обь-Томском междуречье, Северный промышленный узел г. Томска, районы лесозаготовок и лесных пожаров.

К осложняющим факторам относится слабый учет устойчивости природных ландшафтов к техногенным воздействиям, которая связана с

особенностями зоны распространения многолентемерзлых пород и климатическими условиями рассеивания загрязнителей в атмосфере [36].

К отраслям промышленности Томской области относят машиностроение, приборостроение, нефтедобывающую, химическую, лесную, деревообрабатывающую и пищевую.

В местах расположения предприятий нефтегазодобывающего комплекса выявлен наиболее загрязненный атмосферный воздух. К таким районам относятся Кургасокский, Парабельский, Александровский районы. Основная масса выбросов от стационарных источников в Томской области сформирована от районов: Кургасокский – 158,184 тыс. тонн (41,75 %), Парабельский – 63,2 тыс. тонн (16,7 %), Александровский – 73,5 тыс. тонн (19,4 %), г. Томск и г. Северск – 64,16 тыс. тонн (16,9 %) [55].

Состав атмосферных выбросов представлен загрязняющими веществами от предприятий нефтегазодобывающего комплекса (290,7 тыс. тонн, или 77 %), по производству теплоэлектроэнергии (50,1 тыс. тонн, или 13,2 %), химического и нефтехимического производства (12,5 тыс. тонн, или 3,3 %) и другие (25,6 тыс. тонн, или 6,7 %) [55].

От промышленных предприятий Кемеровской области по р. Томь происходит перенос аэрозольных и водных трансграничных потоков загрязнения [33].

В водоемах северной части Западной Сибири содержание нефтепродуктов составляет от 50 до 100 ПДК, в районах активной нефтедобычи превышения ПДК составляют более чем в 100 раз [36].

По данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, в 2011 г. по сравнению с 2010 г. наблюдался рост заболеваемости населения. Ведущее место занимают болезни органов дыхания (25,6 %), болезни органов кровообращения (11,5 %), болезни костно-мышечной системы (9,7 %), болезни глаза и его придаточного аппарата (7,9 %), болезни мочеполовой системы (6,8%) [55].

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Территория исследования

В данной диссертации использовали пробы волос, собранные в некоторых районах Томской области в 2014 году и в городе Томск в 2018 году. Кроме того, для анализа влияния места проживания на основании содержания ртути в волосах, было собрано 5 проб волос вьетнамских студентов (5 вьетнамских девушек), обучающихся в ТПУ за период 2018 – 2019 гг.

Количество проб, собранных в разных городах (поселках), представлено в таблице 3.1. Расположение этих городов показано на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 - Количество проб, собранных в регионах Томской области

Год	Регион (город)	Количество проб	Вид анализа
2014	Самусь	4	ICP-MS
	Наумовка	3	
	Кузовлево	2	
	Зональный	1	
	Копылово	1	
	Томск	19	
2018	Томск	42	ИНАА
2019	Томск	5	Атомно-абсорбционный метод

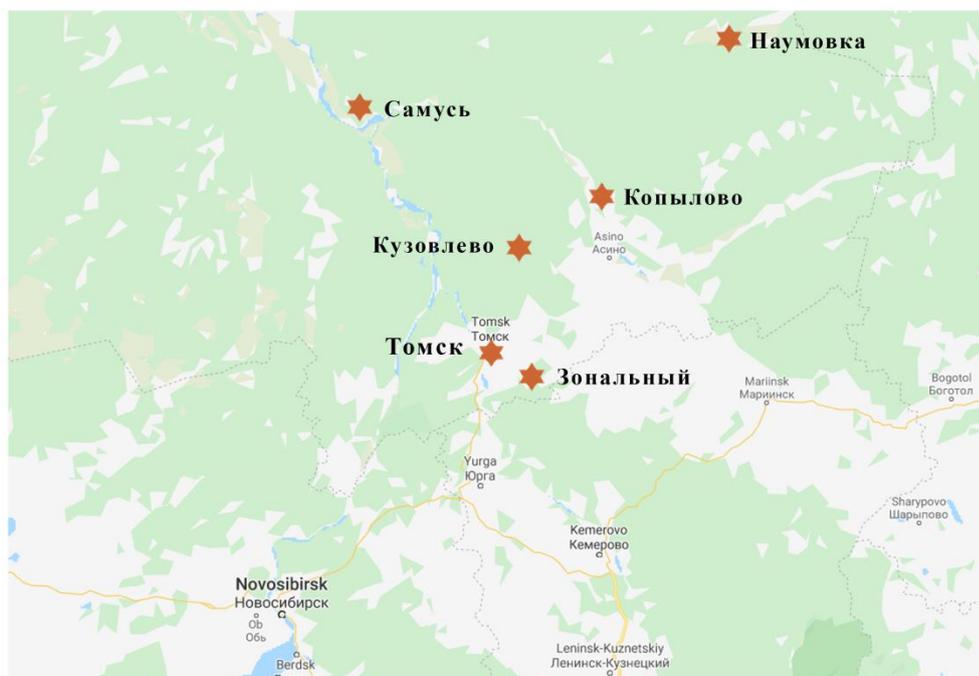


Рисунок 3.1 - Карта-схема мест отбора проб волос на территории Томского района

3.2. Пробоотбор и пробоподготовка

Методика отбора проб волос и их предварительная подготовка проводилась в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [65].

Нержавеющие ножницы использовали для срезания волос близко к корню, образцы с массой от 200-500 мг отбирали с пяти точек головы. После этого, пробы хранятся в полиэтиленовых пакетах и доставляли в лабораторию. При отборе собирают информация человека: возраста, пола, полного имени, адреса проживания и места рождения, а также наличия патологий и хронических заболеваний. В выборку включались дети, не имеющие отклонений по медицинским показателям, коренные жители.

Пробоподготовка проводилась в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» Томского политехнического университета. Для дальнейшего определения содержания химических элементов в составе волос инструментальным нейтронно-активационным методом пробы измельчались ножницами на сегменты 0,3–0,5 см, взвешивались по 100 мг, упаковывались в пакеты из фольги и отправлялись в лабораторию.

Пробоподготовка к атомно-абсорбционному методу определения ртути также заключалась в измельчении образцов волос для удобства их дальнейшего использования. Масса пробы для данного анализа должна составлять от 25 мг, если известно, что концентрации ртути малы, то может возникнуть необходимость взять навеску больше 30 мг.

Чтобы подготовиться к анализу методом ICP-MS, волосы обрабатываются ацетоном в течение 10 - 15 мин, а затем три раза промываются деионизованной водой. Сушка волос производится при комнатной температуре в течение 10 - 15 мин. Для длительного хранения используют обычные бумажные конверты. Во 30 пробах был определен элементный состав (более 60 химических элементов) методом ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) в ООО "Химико-аналитический центр "Плазма" (Томск).

3.3. Аналитические методы

3.3.1. Инструментальный нейтронно-активационный анализ

Для количественного анализа волос на содержание в них 28 химических элементов (Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U) использовался современный высокочувствительный ядернофизический метод нейтронно-активационного анализа с облучением тепловыми нейтронами.

Методика инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) хорошо отработана и утверждена Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) при ВИМСе и используется лабораторией в течение многих лет [9]. По оценке специалистов, этот метод является одним из эффективных методов определения в биосредах редких, редкоземельных, радиоактивных и других элементов, при проведении не нужно специфическое химическое разложение, приводящее к потере элементов.

Данный анализ позволяет анализировать образец с малым навеском (100–400 мг) в зависимости от характера материала благодаря преимуществу метода – отсутствия сложной пробоподготовки образцов. Для волос, масса образца составляет 100 мг, который позволяет анализировать многие элементы из одной навески и практически исключает зависимость результатов определений от химических свойств элементов [32]. К недостаткам можно отнести необходимость хранения облученных проб для выполнения радиохимических и измерительных операций из-за высокой активности.

После подготовки, образцы биообъектов облучили нейтронами в активной зоне ядерного реактора Томского политехнического университета (ИРТ-Т) в течении 5 ч, поток тепловых нейтронов составляет $2,8 \cdot 10^{13}$ нейтронов/см⁻²/с⁻¹. Затем пробы были доставлены в лабораторию ядерно-геохимических исследований кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ, а концентрации элементов измерены в той же лаборатории.

3.3.2. Атомно-абсорбционный метод

Содержание ртути в пробах волос определялось на ртутном анализаторе «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+» (рисунок 3.2) методом атомной абсорбции. Измерения проводились под руководством к.х.н., доцента Н.А. Осиповой в лаборатории микроэлементного анализа международного научно-образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета. Для контроля стабильности градуировочных характеристик измерения ртути использовали стандартные образцы состава листа березы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007), содержание ртути 37 мг/г. Границы относительной погрешности измерений при числе наблюдений (n=2) и при массе навески свыше 25 мг составляют 12%. Предел обнаружения ртути составляет 2 мкг/кг.



Рисунок 3.2 – Анализатор ртути «РА-915+» с пиролизической приставкой «ПИРО-915+» [14]

3.3.3. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS)

Метод ИСП-МС комбинирует использование индуктивно связанной плазмы в качестве источника ионов с квадрупольным масс-спектрометром, выступающим в роли масс-анализатора (фильтра) и дискретнодиодным детектором, который используется для регистрации отдельных ионов и их потоков. Индуктивно связанная плазма, поддерживаемая в специальной горелке, способна эффективно возбуждать однозарядные ионы из атомов вводимого образца. Далее ионы фокусируются ионно-оптической системой (отделяются от полиатомных и изобарных ионов в специальных моделях приборов) и попадают в анализатор массспектрометра, где разделяются по отношению массы к заряду (m/z). Соответствующий ионный поток регистрируется детектором. Через массспектрометр в каждый момент времени пропускаются ионы со строго определенным (m/z), которые затем попадают в детектор для количественной регистрации.

Для достижения широкого динамического диапазона в современных ИСП-МС приборах применяется двойная регистрация сигналов: импульсный режим одного сегмента детектора используется для подсчета отдельных ионов и аналоговый режим другого - для регистрации ионных токов. Таким образом, современные приборы ИСП-МС позволяют определять концентрации элементов и отдельных, изотопов на уровне от

сотых долей нанограммов до сотен миллиграммов на литр ($0,0n \times 10^{-12} \dots n \times 10^{-2} \%$). Достижимые пределы обнаружения, высокая чувствительность и избирательность метода ИСП-МС позволяет количественно определять во многих биологических и медицинских объектах и материалах до 40 - 50 элементов в течение 2 - 3 мин (без учета времени пробоподготовки).

Для подготовки образцов биосубстратов и препаратов аминокислот и биологически активных веществ к анализу методом ИСП-МС допускается использование двух методов разложения:

1) кислотное растворение в открытых сосудах, без полного разрушения органической матрицы;

2) кислотное разложение («мокрое озоление») с использованием систем микроволновой пробоподготовки.

Выбор изотопов для определения концентрации элементов: Для измерений используются изотопы, наиболее предпочтительные по совокупности характеристик.

Аналитические сигналы обрабатываются программным обеспечением масс-спектрометра, основываясь на построенных калибровочных линейных регрессиях, рассчитанных методом наименьших квадратов, с учетом коррекции фона, сигнала внутренних стандартов, а также с учетом влияния изобарных и полиатомных спектральных наложений. Результат определения каждого элемента представляется как среднее из нескольких (не менее двух) параллельных измерений анализируемого образца.

Обработка результатов измерений соответствует ГОСТ 8.207. Результаты измерений отображаются на мониторе, распечатываются и/или сохраняются в виде файла на жестком диске компьютера [29].

3.4. Математические методы исследования

Обработка аналитических данных проводилась с использованием прикладных программ «Excel» и «Statistica 8.0».

Рассеяние экспериментальных данных в некоторых случаях, например, заметно увеличивается вследствие изменения условий испытаний. Если отклонения от нормы отмечаются в процессе испытания, то результаты этих экспериментов следует исключить из дальнейшего анализа. Иногда причина резких отклонений опытных данных не обнаруживается во время проведения экспериментов, но значение полученной механической характеристики отдельных образцов вызывает сомнение. В подобных случаях сомнительные результаты исключают путем использования специальных критериев. В данной работе для отбрасывания крайних значений при оценке принадлежности крайних максимальных значений к выборочной совокупности используется следующий критерий, рассчитываемый по формуле:

$$\tau = (X_{\max} - X_{\text{сред}}) / S, \text{ где}$$

X_{\max} – максимальное значение,

$X_{\text{сред}}$ – среднее значение,

S – стандартное отклонение,

полученные путем анализа проб элемента (с помощью описательной статистики).

Для пересчета данных значений взяли число обозначающее «Счет» для каждой территории. Согласно справочным материалам (Шестаков, 1988) [47] τ будет 3,08 (число проб: 42 - на территории г. Томска в 2018 г.).

Если τ расчетная $> \tau$ критической, то максимальное значение не принадлежит выборочной совокупности.

Произвели пересчет по формуле 2:

$$X_{\max} = \tau * S + x, \quad (2)$$

При статистической обработке данных определялись: среднее арифметическое, \pm стандартная ошибка среднего, среднее геометрическое, медиана, стандартное отклонение, минимальное - максимальное

содержание, асимметрия, эксцесс, нижний - верхний квантили, коэффициент вариации.

Каждый параметр отвечает за определенную характеристику исследуемой совокупности. Среднее арифметического значение характеризует собой центр распределения, вокруг которого группируется основная масса данных, при этом он не может дать объективную характеристику всего исследуемого ряда.

Медиана является значительно важным статистическим параметром и характеризуется приближенной оценкой среднего значения. Медиана является значением, которое делит исследуемый ряд на две равные по численности части. Мульти-modalность указывает на то, что набор данных не подчиняется нормальному распределению. Так как мы имеем дело с биогеохимическими исследованиями, широко применяется коэффициент вариации, рассчитываемый на основе среднего и среднего квадратичного:

$$V = S / \bar{x} * 100$$

Коэффициент вариации характеризует относительную меру отклонения измеренных значений от среднеарифметического. Данный показатель позволяет классифицировать исследуемые геохимические поля по степени их изменчивости (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Классификация степени изменчивости геохимического поля по значению коэффициента вариации

Группа	Характер геополя	Коэффициент вариации, %
1	Однородные	<39
2	Неоднородные	40-79
3	Весьма неоднородные	80-159
4	Крайне неоднородные	>160

Оценка согласования наших эмпирических данных с гипотетическим предположением относительно теоретической функции распределения осуществлялись с использованием 3 критериев:

1. Критерий Колмогорова-Смирнова:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{X_i \leq x},$$

где $I_{X_i \leq x}$ указывает попало ли наблюдение X_i в область $(-\infty, x]$:

$$I_{X_i \leq x} = \begin{cases} 1, & X_i \leq x \\ 0, & X_i > x \end{cases}$$

2. Критерий Хи-квадрат Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(h_i - h_{ti})^2}{h_{ti}},$$

где h_i - абсолютная частота попавших в него значений, h_{ti} - теоретической частотой.

Оба критерия оценивались по следующему уровню значимости: не значимые ($p \geq 0,100$), слабо значимые ($0,100 > p \geq 0,050$), статистически значимые ($0,050 > p \geq 0,005$), сильно значимые ($0,005 > p \geq 0,0005$), высоко значимые ($0,0005 > p$).

3. Критерий нормальности распределения:

Критерием нормальности распределения является равенство нулю показателей асимметрии и эксцесса. Однако часто оценки этих показателей (А и Е), вычисленные для выборок, взятых даже из нормально распределенной совокупности, могут отличаться от нуля. Возникает необходимость определить, существенно ли отличаются полученные значения А и Е от нуля. Если выборка достаточно большая ($n > 30$) и величины отношения показателей асимметрии А и эксцесса Е к их стандартным ошибкам меньше 3 ($Y_A \leq 3, Y_E \leq 3$), то гипотеза о нормальности распределения не отвергается.

Условием нормального распределения является соблюдение неравенств:

$$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3; \quad \frac{E}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3.$$

где А – Асимметрия, Е – Эксцесс и N – количество проб (N = 42).

Химические элементы в волосах имеют нормальное распределение при условии, что 2 критерия соответствуют какому-либо условию.

Фоновые и минимально-аномальные содержания элементов:

Местный геохимический фон (C_{ϕ}) определяется средним содержанием химического элемента в пределах однородного участка, в удалении от явных аномалий.

При нормальном законе распределения он будет равен среднему арифметическому значению.

При логнормальном законе распределения фон равен среднему геометрическому: $C_{\phi} = 10^{\mu}$, где μ – среднее арифметическое логарифмов содержаний.

Для выявления аномальных участков необходимо установить величины минимально-аномальных содержаний элементов (C_a). Практикой геохимических работ (Инструкция по геохимическим методам, 1983) [22] установлено, что за нижнее значение вероятных аномалий для одиночных изолированных точек с повышенным содержанием элементов целесообразно принимать «критерий трех стандартных отклонений» ($3S$ или ε^3):

для нормального закона $C_a = C_{\phi} + 3S$;

для логнормального закона $C_a = C_{\phi} \times \varepsilon^3$, где $\varepsilon = 10^{Slg}$ (стандартный множитель); при $m = 9$, соответственно

$$C_a = C_{\phi} + S;$$

$$C_a = C_{\phi} \times \varepsilon$$

При значениях $m > 9$ вероятность появления фоновых содержаний по мере приближения к C_{ϕ} стремиться к 50% .

Для оценки уровня значимости корреляционной связи между элементами, с помощью табличных данных были выделены критические значения коэффициента корреляции. Значение коэффициента корреляции составило 0,7. Результаты данного анализа возможно интерпретировать графически, это так называемые граф-ассоциации химических элементов,

что позволяет более наглядно оценить степень корреляционных связей между исследуемыми компонентами, а также позволяет выделить группы более схожих по признакам элементы [10].

С применением кластерного анализа были построены дендрограммы корреляционной матрицы. Данный анализ применялся с целью разбиения множества химических элементов для объекта исследования на группы, которые объединяются по принципу наивысшего значения меры сходства (парных коэффициентов корреляции Пирсона r).

Для проведения данного анализа предварительно была проведена стандартизация (Z) всей выборки по формуле:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$$

Стандартизация – это расчет нескольких сравниваемых совокупностей в целях исключения влияния структур на величину изучаемого показателя и приведения данных к сопоставимому виду. Данная процедура позволяет нам сравнить полученные показатели с таковыми в генеральной совокупности.

Методом объединения послужил метод Варда, который отличается от других методов, поскольку в нём используются методы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами [47].

В качестве меры близости микроэлементов выбран $1-r$ Пирсона.

Графический результат кластерного анализа для спектра химических элементов представлен в виде вертикальной дендрограммы, в которой по оси абсцисс располагаются символические обозначения химических элементов, а по оси ординат значение $1-r$, соответствующее каждому иерархическому уровню группирования. При кластерном анализе осуществляется непосредственная корреляция между изучаемыми химическими элементами, позволяющая устанавливать ассоциации элементов и характер накопления.

ГЛАВА 4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЖИТЕЛЕЙ Г. ТОМСКА

Полученные результаты расчета химических элементов с «ураганными» значениями в волосах человека на территории г. Томска в 2018 г. представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Химические элементы с «ураганными» значениями (химический элемент, максимальное исходное, максимальное расчетное) в волосах человека на территории г. Томска в 2018 г.

Химические элементы	Максимальное исходное	Максимальное расчетное
Na	1773	1304
Fe	2318	2021
Co	6,20	4,86
Zn	1361	1088
Br	13,4	12,2
Rb	3,79	3,23
Sr	43,1	22,8
Sb	0,47	0,24
Cs	0,05	0,046
La	0,53	0,42
Sm	0,01	0,008
Tb	0,16	0,11
Yb	0,013	0,011
Lu	0,03	0,02
Hf	0,03	0,02
Ta	0,05	0,03
U	2,15	1,71

Из 28 исследуемых химических элементов, в Томске есть 17 ураганных значений.

В ходе работы проводился расчет статистических параметров для волос человека рассматриваемой территории: среднее арифметическое, \pm стандартная ошибка среднего, медиана, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения, асимметрия, эксцесс и коэффициент вариации. Числовые характеристики содержаний элементов (в мг/кг) в волосах человека на территории Томска (в 2018 году) приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Статистические параметры распределения содержания элементов (в мг/кг) в волосах человека на территории Томска в 2018 году (объем выборки (N) – 42 пробы)

Элемент	X ариф	X геом	M	Min	Max	S	A	E	V,%
Na	264±52	156	154	22,4	1773	338	3,09	11	128
Ca	1806±236	1183	1429	214	5899	1531	0,93	0,0	85
Fe	712±66	608	664	150	2318	425	1,78	4,5	60
Co	1,67±0,16	1,48	1,34	0,67	6,2	1,04	2,76	8,8	62
Zn	222±43	156	155	18,7	1361	281	3,5	12,2	126
As	0,13±0,01	0,12	0,13	0,06	0,24	0,05	0,56	-0,2	38
Br	2,66±0,48	1,51	1,29	0,29	13,4	3,11	1,92	3,4	117
Rb	0,60±0,13	0,31	0,15	0,06	3,79	0,85	2,29	4,9	142
Ag	0,35±0,05	0,18	0,27	0,03	1,21	0,35	1,13	0,2	99
Cs	0,01±0,002	0,00	0,01	0,001	0,05	0,01	1,48	1,8	121
Ba	8,59±0,89	5,90	7,73	0,15	22,1	5,74	0,41	-0,8	67
La	0,17±0,01	0,16	0,15	0,02	0,53	0,08	2,44	9,2	47
Ce	1,17±0,08	1,06	1,03	0,26	2,67	0,53	1,06	0,9	45
Nd	0,23±0,04	0,11	0,04	0,04	0,87	0,27	1,23	0,1	119
Eu	0,01±0,001	0,01	0,00	0,001	0,03	0,01	1,78	2,4	82
Tb	0,02±0,005	0,01	0,01	0,001	0,16	0,03	3,48	13,2	164
Lu	0,01±0,001	0,01	0,01	0,002	0,03	0,00	1,25	4,9	43
Au	0,04±0,008	0,02	0,02	0,003	0,2	0,05	1,74	2,0	126
U	0,87±0,04	0,84	0,82	0,47	2,15	0,27	2,83	11,5	32

Примечание: $X_{\text{ариф}}$ – среднее арифметическое (\pm стандартная ошибка среднего), $X_{\text{геом}}$ – среднее геометрическое, M – медиана, Min – минимальное содержание, Max – максимальное содержание, S – стандартное отклонение, A – асимметрия, E – эксцесс, V,% – коэффициент вариации.

Значения коэффициентов вариации показывают, насколько однородна выборка, т.е. насколько велико рассеивание химического элемента по сравнению со средним значением. Результаты анализа однородности геохимических полей в соответствии с коэффициентом вариации изучаемых элементов представлены в таблицах 4.3.

Таблица 4.3 - Результаты распределения химических элементов по группам в соответствии с их коэффициентом вариации

Группа	Характер геополя	Название элементов
1	Однородные	As, U
2	Неоднородные	Fe, Co, Ba, La, Ce, Lu,
3	Весьма неоднородные	Na, Ca, Zn, Br, Rb, Ag, Cs, Nd, Eu, Au
4	Крайне неоднородные	Tb

Согласно расчетным данным таблиц 4.1 – 4.3, в пробах волос человека на территории Томска в 2018 году преобладают неоднородный и весьма неоднородный характер геохимического поля. Два элемента характеризуют однородный характер геохимического поля – As, U. Крайне неоднородным геохимическим полем характеризуется элемент Tb.

Химические элементы в волосах имеют нормальное распределение при условии, что 2 критерия соответствуют какому-либо условию. Полученные результаты расчета 2 критерий исследуемой территории представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Результат проверки статистических гипотез распределения случайной величины в волосах человека на территории г. Томска по параметрам асимметрии и эксцесса

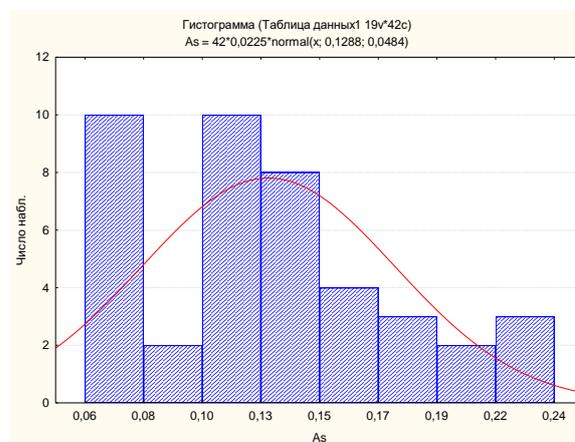
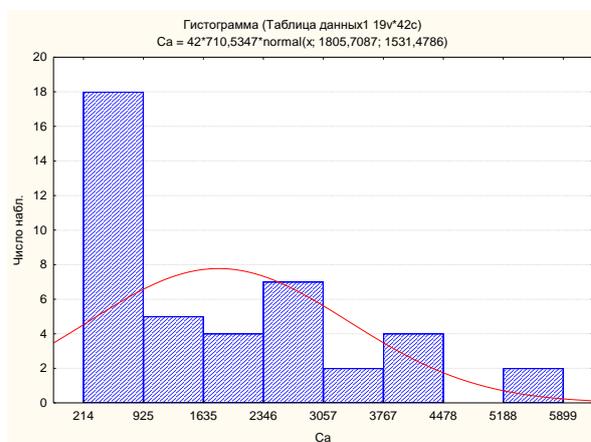
Химические элементы	Асимметрия (А)	Закон Y_A	Эксцесс (Е)	Закон Y_E
Na	3,09	8,18	11,0	14,5
Ca	0,927	2,45	0,03	0,05
Sc	-6,48	-17,2	42	55,6
Cr	-1,04	-2,74	-2,1	-2,78
Fe	1,78	4,7	4,5	5,96
Co	2,76	7,31	8,77	11,6
Zn	3,50	9,27	12,3	16,2
As	0,565	1,49	-0,21	-0,28
Br	1,92	5,08	3,35	4,43
Rb	2,29	6,07	4,91	6,5
Sr	6,48	17,2	42	55,6
Ag	1,13	3,00	0,235	0,31
Sb	6,48	17,2	42	55,6
Cs	1,48	3,92	1,83	2,42
Ba	0,41	1,09	-0,77	-1,02
La	2,44	6,46	9,25	12,2

Ce	1,07	2,82	0,92	1,22
Nd	1,23	3,26	0,07	0,09
Sm	5,91	15,6	36,5	48,3
Eu	1,78	4,71	2,42	3,20
Tb	3,48	9,21	13,2	17,5
Yb	2,71	7,17	7,28	9,63
Lu	1,25	3,32	4,91	6,50
Hf	3,50	9,27	12,7	16,8
Ta	3,25	8,59	13,0	17,2
Au	1,74	4,59	1,98	2,61
Th	1,67	4,42	2,97	3,93
U	2,83	7,49	11,5	15,2

По результатам трех рассчитанных критерий нормальный закон распределения имеют следующие химические элементы: Ca, Sc, Cr, As, Ag, Ba, Ce. Логнормальному закону распределения соответствуют Na, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, La, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U.

Гистограммы распределения содержания элементов в волосах человека на территории Томска построены (рисунки 4.1,4.2).

Из гистограмм на рисунках 4.1-4.2 видно, что распределение содержания элементов человеческого волоса на территории Томска для элементов на нормальном законе ориентируется на среднее значение, а элементы в соответствии с логнормальным законом сосредоточены в областях с наименьшими значениями.



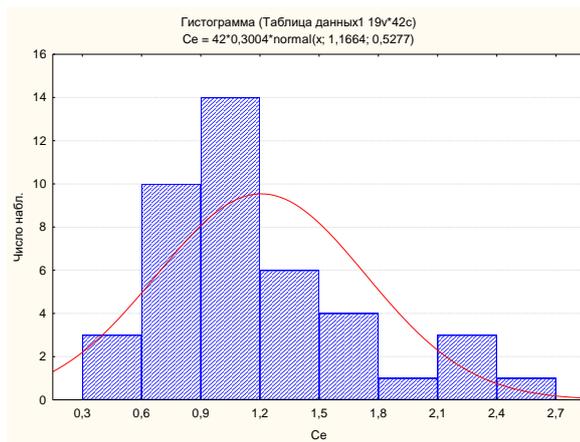
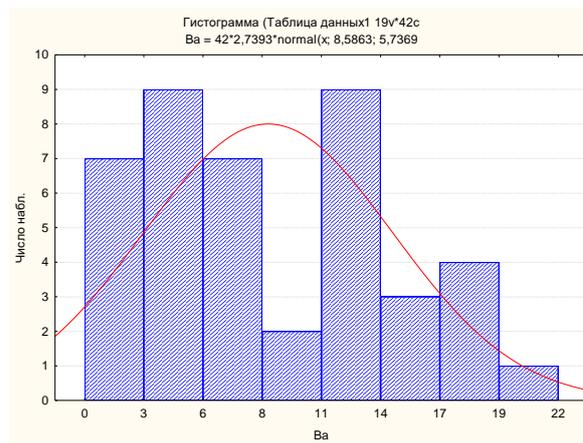
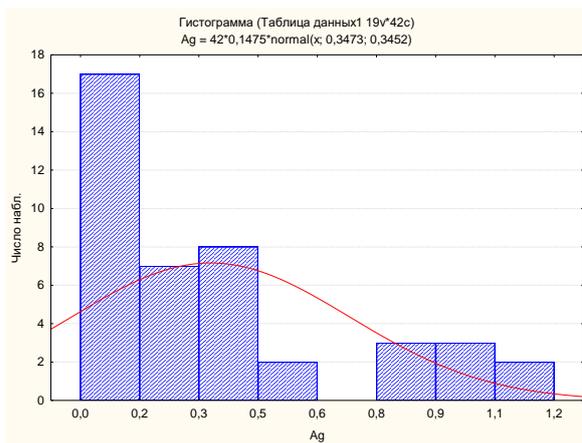
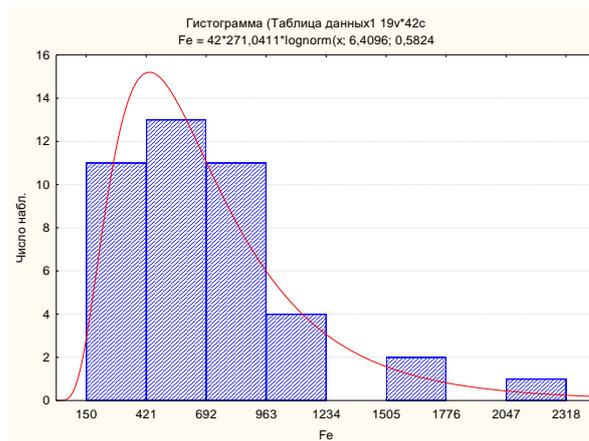
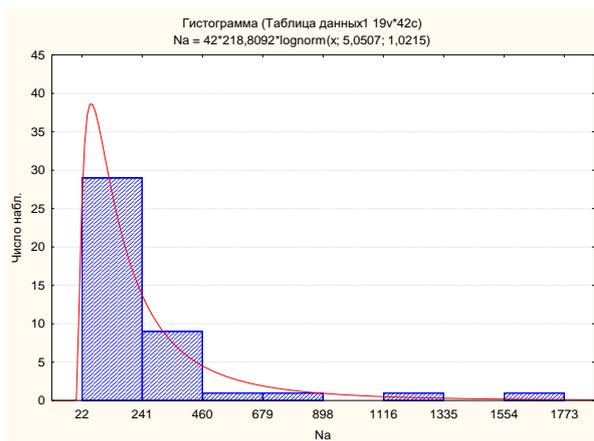
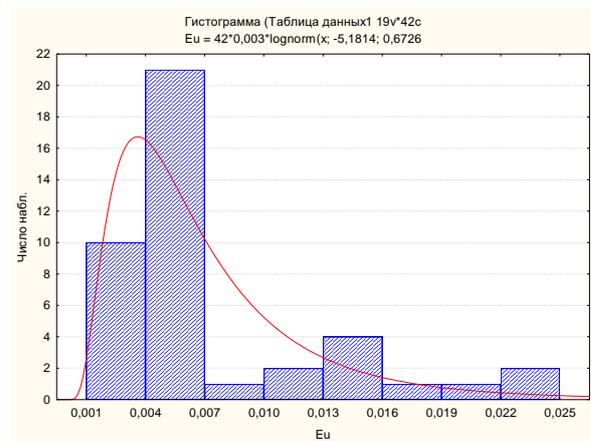
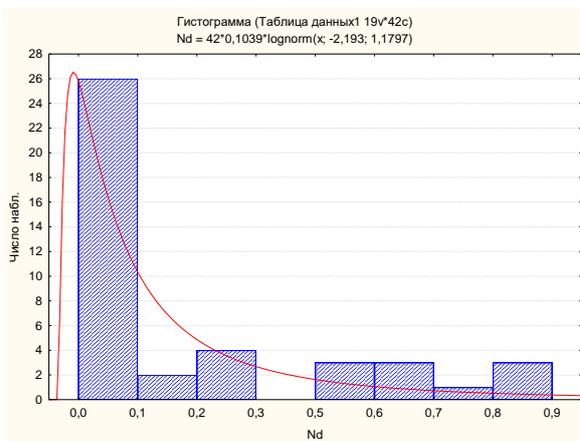
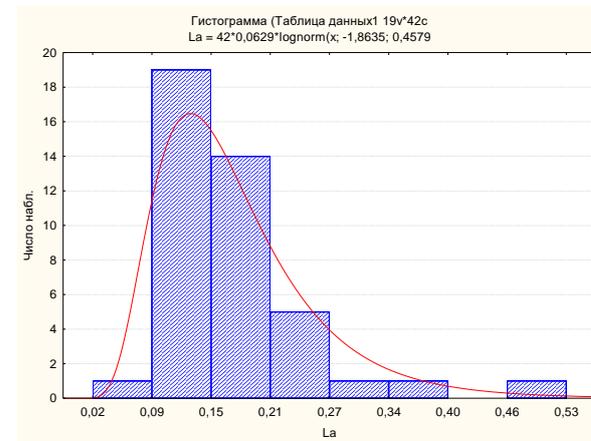
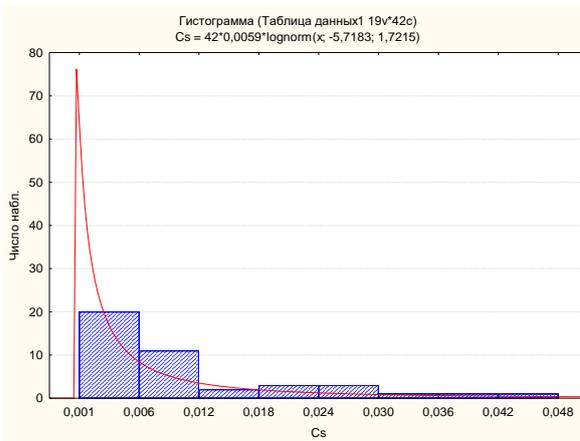
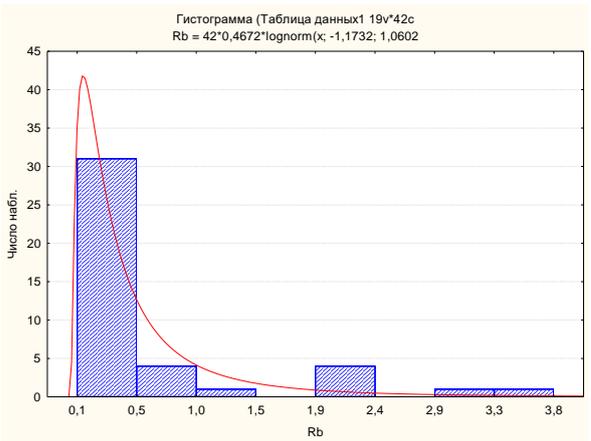
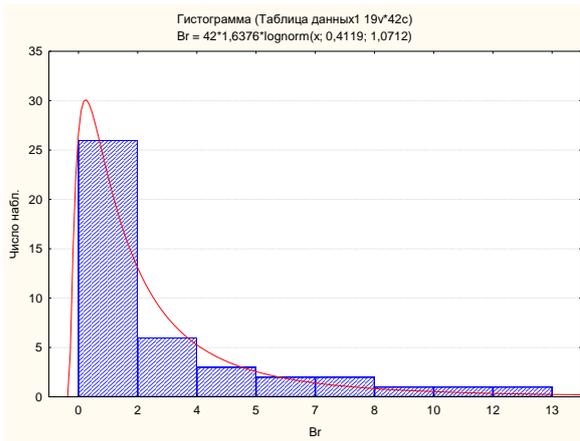
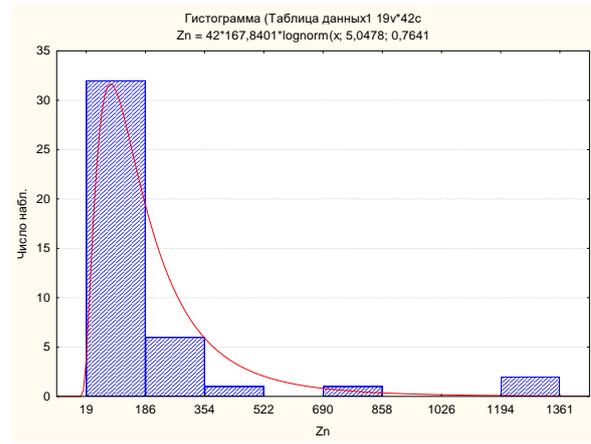
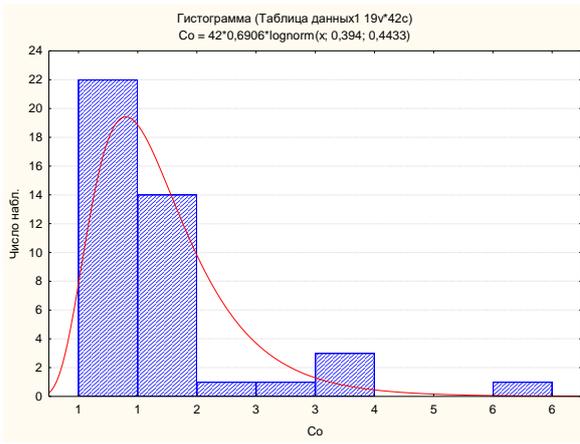


Рисунок 4.1 - Гистограммы распределения содержания элементов (Ca, As, Ag, Ba, Ce) в волосах человека на территории Томска по нормальному закону





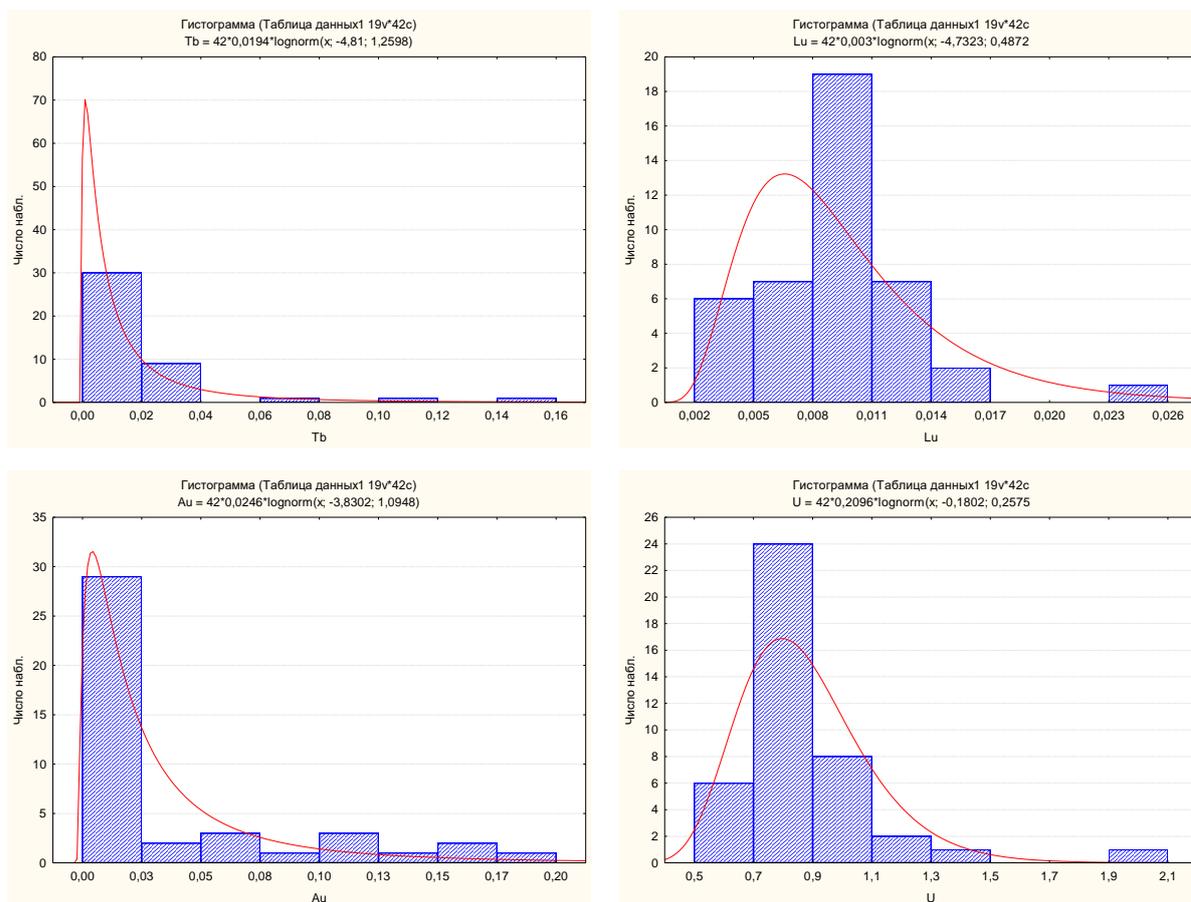


Рисунок 4.2 – Гистограммы распределения содержания элементов (Na, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Cs, La, Nd, Eu, Tb, Lu, Au, U) в волосах человека на территории Томска по логнормальному закону

Смещение медианы и нижнего и верхнего квартилей показывает неоднородность выборки химического элемента. Анализируя положение медианы и нижнего и верхнего квартилей исследуемой выборки, можно сделать вывод, что к элементам с неоднородной выборкой можно отнести Rb, Cs, Ba, Ce, Nd (рисунок 4.3).

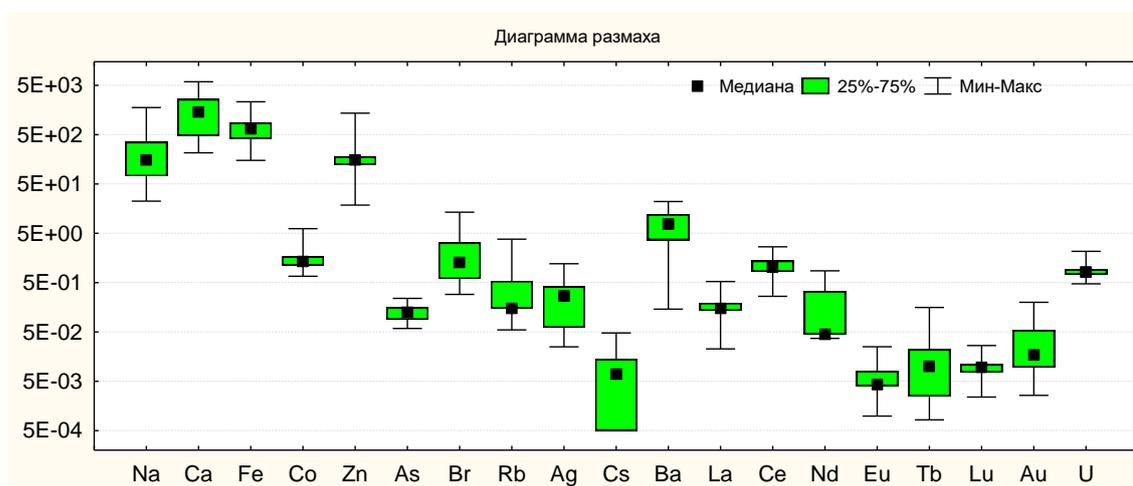


Рисунок 4.3 – Интервал разброса, среднее (медиана), 25-75% кватили содержания элементов в волосах человека на территории Томска

Положение медианы в диаграмме размаха может показать по какому закону происходит распределение химического элемента: если медиана смещена вверх или вниз, то это логнормальный закон распределения. Таким образом, к элементам с логнормальным законом распределения могут быть отнесены Ca, Fe, Rb, Ag, Cs, Ba, Nd, Eu, Au.

Асимметрию данных можно определить не только по смещению медианы вверх или вниз, но и по разной длине «усов», выходящих из «ящика». Асимметрия характерна для большей части выборки: Co, Br, Rb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, U.

Результат расчета фоновых и минимально-аномальных содержаний элементов в волосах человека на территории Томска представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Фоновые и минимально-аномальные содержания элементов в волосах человека на территории Томска

Элемент	Закон	C_f	C_a
Na	логнормальный	154	417
Ca	нормальный	1805	3337
Sc	нормальный	0,002	0,002
Cr	нормальный	0,15	0,15
Fe	логнормальный	605	1076
Co	логнормальный	1,47	2,26

Zn	логнормальный	154	327
As	нормальный	0,13	0,18
Br	логнормальный	1,51	4,38
Rb	логнормальный	0,31	0,88
Sr	логнормальный	2,64	3,71
Ag	нормальный	0,35	0,69
Sb	логнормальный	0,006	0,01
Cs	логнормальный	0,003	0,02
Ba	нормальный	8,59	14,3
La	логнормальный	0,15	0,24
Ce	нормальный	1,17	1,69
Nd	логнормальный	0,11	0,36
Sm	логнормальный	0,002	0,002
Eu	логнормальный	0,006	0,01
Tb	логнормальный	0,01	0,03
Yb	логнормальный	0,003	0,005
Lu	логнормальный	0,009	0,01
Hf	логнормальный	0,003	0,006
Ta	логнормальный	0,005	0,01
Au	логнормальный	0,02	0,06
Th	логнормальный	0,005	0,009
U	логнормальный	0,83	1,05

Примечание: Sc, Cr, Sm – имеют более 30% значений ниже предела обнаружения.

Из результатов расчетов, представленных в таблице 4.5, можно сделать вывод о том, что почти все значения минимально-аномальных содержаний элементов больше фоновых содержаний.

Корреляция между результатами содержаний двух химических элементов может характеризоваться, прежде всего, коэффициентом парной корреляции Пирсона r , отражающим степень линейной связи, для нормальных распределений или ранговым коэффициентом корреляции Спирмена R , если распределения заметно отличается от нормального. При этом оценка значимости корреляции приводит к уровню значимости для коэффициента корреляции, определяющему значимость отличия коэффициента корреляции от нуля (значимость корреляции). Для $N=42$ определяется $r=0,30$.

Матрица корреляционных связей химических элементов в волосах человека на территории Томска представлена на рисунке 4.4.

В данном исследовании наблюдаются неоднородные связи значений химических элементов, поэтому для расчета корреляции воспользовались непараметрическим параметром – коэффициентом корреляции Спирмена R.

Ранговые корреляции Спирмена (Таблица)																			
ПД попарно удалены																			
Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,01000$																			
Перем.	Na	Ca	Fe	Co	Zn	As	Br	Rb	Ag	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Eu	Tb	Lu	Au	U
Na	1,00																		
Ca	-0,44	1,00																	
Fe	-0,15	0,14	1,00																
Co	0,11	0,02	0,42	1,00															
Zn	-0,55	0,39	0,51	0,02	1,00														
As	0,26	-0,29	0,59	0,13	0,11	1,00													
Br	0,66	-0,77	0,03	0,28	-0,38	0,42	1,00												
Rb	0,34	-0,58	0,11	0,26	-0,31	0,31	0,46	1,00											
Ag	0,03	0,01	0,05	-0,14	0,06	0,07	-0,03	-0,07	1,00										
Cs	0,03	-0,12	-0,26	0,11	-0,32	-0,32	0,07	0,10	-0,07	1,00									
Ba	-0,06	0,61	0,51	0,30	0,34	0,12	-0,40	-0,25	0,02	-0,24	1,00								
La	-0,05	0,08	0,75	0,52	0,33	0,36	0,17	0,05	-0,11	0,07	0,39	1,00							
Ce	-0,14	0,18	0,60	0,46	0,30	0,32	-0,06	-0,04	-0,03	0,11	0,41	0,64	1,00						
Nd	0,01	-0,12	-0,07	0,04	-0,32	-0,05	-0,00	0,00	0,08	0,41	-0,07	0,07	-0,02	1,00					
Eu	-0,00	0,14	0,17	0,23	0,04	0,20	0,00	-0,13	0,16	0,04	0,30	0,14	0,20	0,18	1,00				
Tb	-0,03	0,09	0,11	0,13	0,18	-0,18	-0,06	-0,34	0,19	0,02	0,10	0,00	0,00	-0,09	0,10	1,00			
Lu	-0,26	0,24	0,61	0,33	0,48	0,31	-0,08	-0,12	-0,15	-0,31	0,51	0,37	0,22	-0,03	0,39	0,10	1,00		
Au	0,22	0,12	0,03	0,20	-0,09	-0,05	0,10	0,10	0,12	0,22	-0,10	0,10	0,24	-0,05	0,08	0,14	-0,18	1,00	
U	0,15	-0,05	0,73	0,43	0,26	0,45	0,31	0,18	0,11	0,10	0,43	0,74	0,54	0,12	0,23	-0,05	0,47	0,08	1,00

Рисунок 4.4 – Матрица корреляционных связей химических элементов в волосах человека на территории Томска. Примечание: красным (жирным шрифтом) выделены значимые корреляционные связи химических элементов на уровне вероятности 99%

После построения корреляционных матриц Пирсона для химических элементов в волосах человека были построены граф-ассоциации (рисунок 4.5).

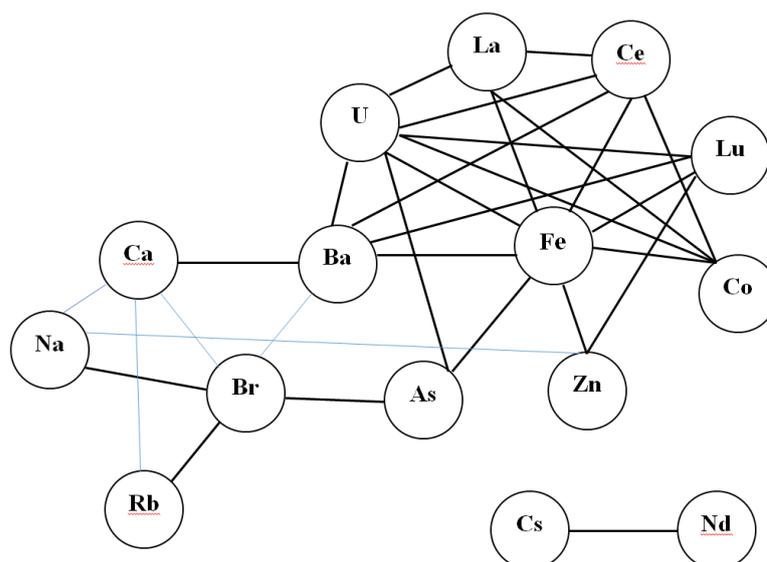


Рисунок 4.5 – Граф-ассоциации химических элементов в волосах человека на территории Томска (на уровне вероятности 99%)

Анализируя полученные матрицы и граф-ассоциации химических элементов (рисунок 4.5), можно заметить очень сходные корреляции, особенно между редкоземельными и металлическими элементами. Источником редкоземельных элементов в волосах человека на этой территории, на наш взгляд, может быть пыль.

В матрице корреляционных связей химических элементов были выбраны элементы, которые имеют максимальные связи и коэффициенты корреляции которых имеют критические значения: положительные, и отрицательные.

- Ca-Br (коэффициент корреляции -0,77);
- Br-Ba (коэффициент корреляции -0,40);
- Na-Zn (коэффициент корреляции -0,55);
- Fe-La (коэффициент корреляции 0,75);
- Ba-Ce (коэффициент корреляции 0,41);
- Fe-As (коэффициент корреляции 0,59).

Из выбранных корреляционных связей были построены диаграммы рассеяния химических элементов в составе волос (рисунок 4.6).

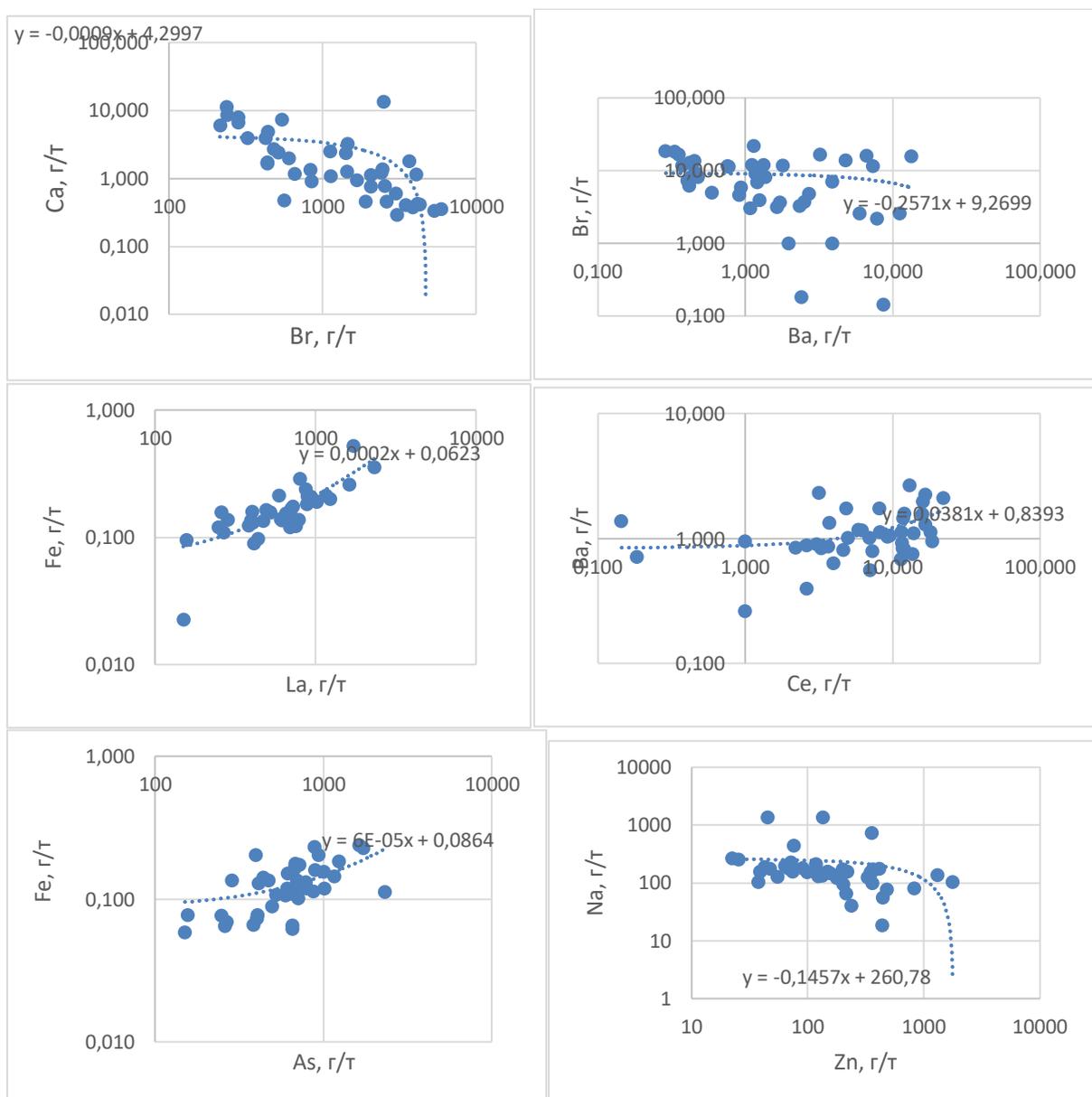


Рисунок 4.6 – Графики парной корреляционной связи между элементами в волосах человека на территории Томска (диаграммы рассеяния)

Графическое представление корреляционных зависимостей Ca-Br и Na-Zn – сильная отрицательная, а Br-Ba – слабая отрицательная. К положительным связям Fe-La относится сильная, Fe-As – средняя и Ba-Ce – слабая.

Результаты кластерного анализа показаны в рисунке 4.7. Значимыми связями между химическими элементами являются связи ниже кривой, равно 0,70. Все, что выше – не значимо. Таким образом, значимыми геохимическими ассоциациями химических элементов в волосах человека

на территории Томска являются несколько кластеров: {Ag-Tb-Zn}; {Ce-Lu-U-La-Fe}; {As-Br-Na}; {Eu-Co}; {Ba-Ca}.

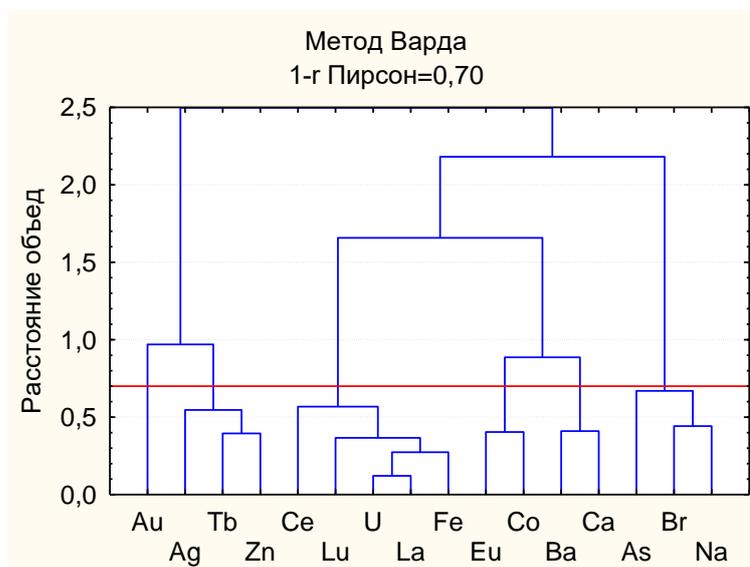


Рисунок 4.7 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в волосах человека на территории Томска ($1 - \text{Pearson } r(0,05) = 0,70$; объем выборки – 42 пробы)

Из полученных кластеров были построены матрицы гистограмм и диаграмм рассеяния (рисунок 4.8).

Рассеяние химических элементов объясняется двумя факторами формирования состава волос. Это фактор внутренней природы и внешнего воздействия. К первому относятся возраст, пол, цвет волос, заболевания. Ко второму – место проживания, наличие предприятий, выбросы которых формируют качеством воздуха. Кроме этого, следует отметить влияние качества воды, продуктов питания, фактора курения, места работы, социального статуса.

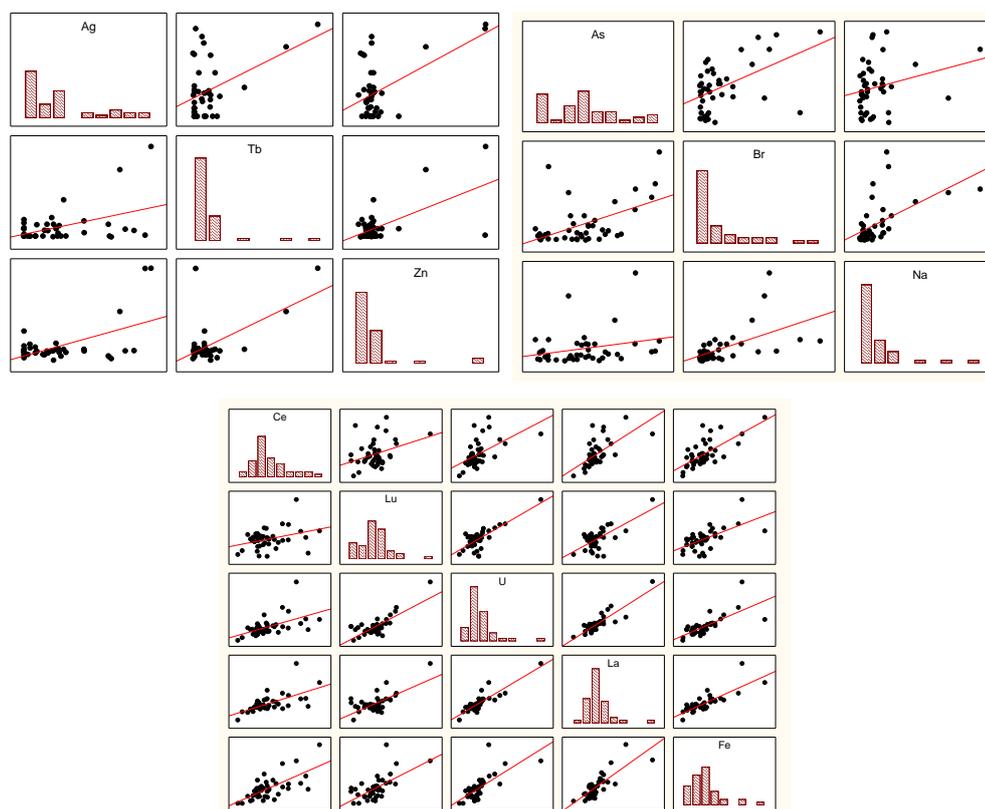


Рисунок 4.8 – Матрицы гистограмм и диаграмм рассеяния с прямой линейной регрессии для ассоциации элементов в волосах человека на территории Томска

Так например, выбросы промышленных предприятий в городе Томске могут способствовать поступлению в состав волос урана и редкоземельных элементов, а также железа, кобальта, брома [30].

Факторные нагрузки содержат важную информацию и могут интерпретироваться как корреляции между факторами и переменными. Факторные нагрузки, значения которых больше 0,7, показывают, что фактор и переменная имеют тесную связь. Чем теснее связь данного признака с рассматриваемым фактором, тем выше значение факторной нагрузки. Положительный знак факторной нагрузки указывает на прямую связь данного признака с фактором, а отрицательный - на обратную.

Значения факторных нагрузок элементов представлены в таблице 4.6. В данной таблице, красным цветом выделяются элементы, на дисперсию которых существенно влияют 1, 2, 3 факторы. Очевидно, что

фактор 1 оказывает наибольшее влияние на дисперсию. Значения факторных нагрузок преимущественно положительные, т.е. имеют прямую связь признака и фактора. На наличие тесной связи также указывают значения факторных нагрузок, которые больше 0,7.

Фактор 1 – связь Fe, La, Lu и U, связанные положительными связями;

Фактор 2 – {Na-Ca-Br}, в которых связь между Na-Br является положительной, остальные – отрицательными;

Фактор 3 – {Zn-Ag-Tb} связаны отрицательной корреляционной связью.

Фактор 4 – влияет на один элемент Cs.

Таблица 4.6 – Значения вращаемых факторных нагрузок в выбранной 4-х факторной модели

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Na	-0,15	0,70	0,09	0,17
Ca	0,23	-0,72	-0,21	0,27
Fe	0,85	0,02	-0,13	0,03
Co	0,63	-0,08	0,21	0,17
Zn	0,10	-0,21	-0,84	0,20
As	0,52	0,61	-0,10	0,11
Br	0,19	0,84	0,05	0,03
Rb	0,23	0,60	0,05	-0,50
Ag	-0,10	0,05	-0,82	-0,21
Cs	0,17	0,03	0,10	-0,78
Ba	0,64	-0,33	-0,12	0,35
La	0,88	0,12	0,02	-0,19
Ce	0,70	-0,13	-0,04	-0,03
Nd	0,09	-0,09	0,14	-0,59
Eu	0,43	0,03	0,06	0,40
Tb	0,09	-0,03	-0,73	0,28
Lu	0,81	-0,08	0,06	0,08
Au	-0,07	-0,21	-0,40	-0,25
U	0,88	0,23	-0,02	-0,22
Общ.дис.	4,91	2,77	2,26	1,96
Доля общ	0,26	0,15	0,12	0,10

Из результата в таблице 4.6 были построены двумерные графики факторных нагрузок элементов в волосах человека на территории Томска (рисунок 4.9).

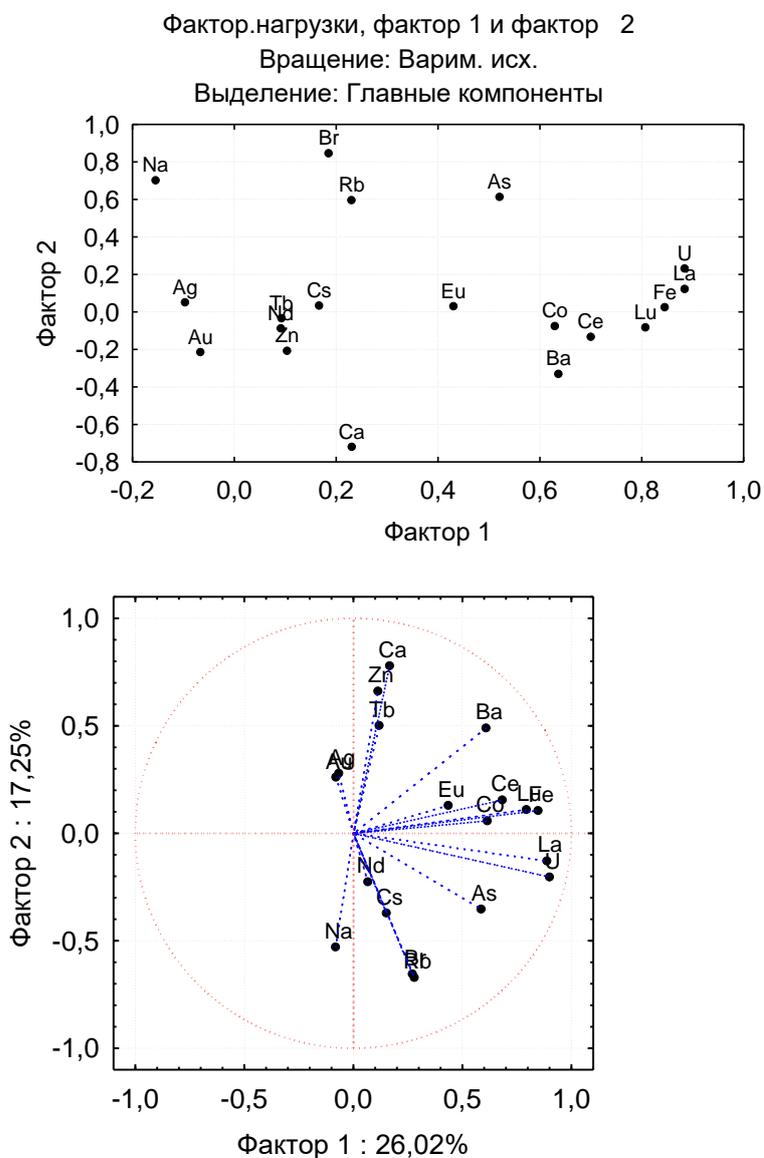


Рисунок 4.9 – Двумерные графики факторных нагрузок элементов в волосах человека на территории Томска

Воздействие фактора 1 на рисунке 4.9 характерно для группы элементов Co, Ce, Ba, U, La, Fe, Lu. В верхней части сосредоточены такие элементы, как Na, Br, Rb, для которых характерна более значимая связь, а также видно воздействие фактора 2.

Далее был построен график собственных значений (график каменистой осыпи) для волос человека Томска (рисунок 4.10), на котором отчётливо видно, что наиболее значимый характер имеют первые 3 фактора (таблица 4.6).

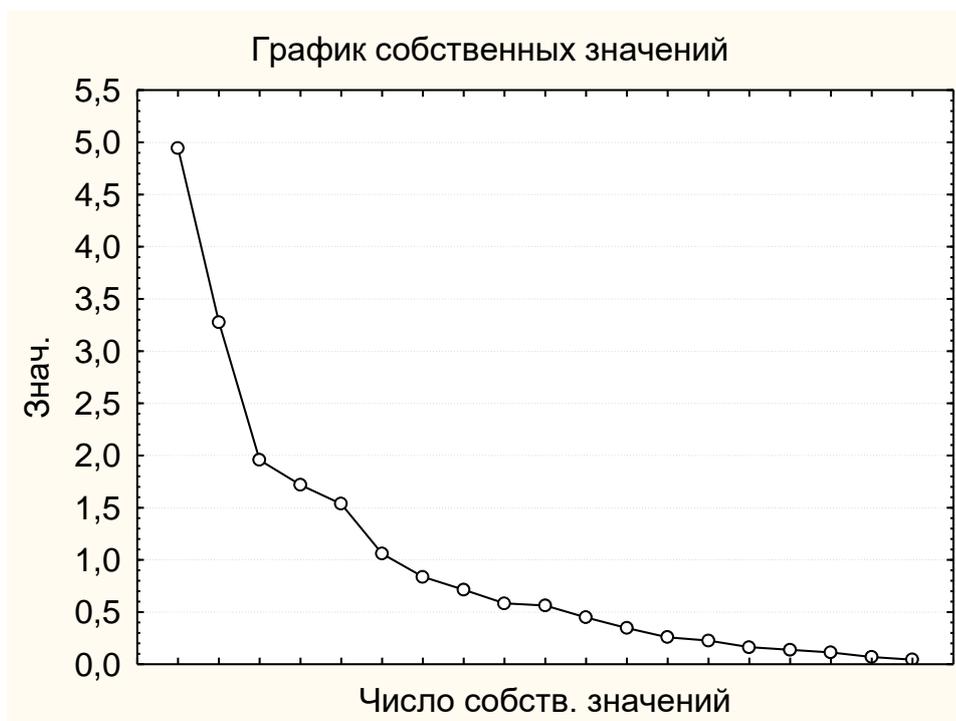


Рисунок 4.10 – График собственных значений («критерий каменной осыпи»)

Из графиков, можно отметить, что ассоциация элементов связана с факторами. К фактору 1 – относится связь Fe, La, Lu и U, связанные положительными связями, обусловленными, возможно, техногенным воздействием. Например выбросы предприятий, и особенно пыль, которая имеет значительное влияние на состав волос человека. Фактор 2 – {Na-Ca-Br}. Эти элементы содержатся в пищевой соли, употребляемой в питании. По всей видимости, данный фактор относится к внутренней природе. А элементы в факторе 3 (Zn, Ag, Tb) являются элементами, которые регулируют цвет волос.

ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИТИКА НАКОПЛЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ СООТНОШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ ТОМСКОГО РАЙОНА

Тридцать проб волос жителей Томского района, отобранные в 2014 году проанализированы методом ICP – MS. Аналитические результаты обработаны по программе «Excel». Статистические параметры распределения содержания элементов в волосах человека на территории Томского района в 2014 году представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Статистические параметры распределения содержания элементов (в мг/кг) в волосах жителей территории Томского района в 2014 году

Элемент	Среднее ± Стандартная ошибка	Минимум	Максимум	Коэффициент вариации, V %
Li	0,071 ± 0,021	0,007	0,456	159
Be	0,003 ± 0,001	0,001	0,030	159
Na	300 ± 55	27	1206	101
Mg	143 ± 30	23	764	114
Al	10,1 ± 0,9	4,1	27,4	48
P	174 ± 10	109	371	31
K	263 ± 63	5	1300	132
Ca	2087 ± 329	256	6315	86
Ti	6,22 ± 1,02	0,77	24,2	89
V	0,11 ± 0,02	0,001	0,44	86
Cr	4,45 ± 0,48	1,83	16,5	59
Mn	3,04 ± 0,48	0,37	36,1	208
Fe	28,5 ± 2,7	10,2	61,7	52
Co	0,08 ± 0,01	0,02	0,28	87
Cu	15,5 ± 1,11	9,2	33,9	39
Zn	140 ± 14	50	372	54
Ge	0,03 ± 0,0005	0,0001	0,008	75
As	0,14 ± 0,02	0,01	0,41	73
Se	0,83 ± 0,24	0,001	7,64	158
Sr	7,21 ± 1,20	0,50	25,6	92
Mo	0,05 ± 0,004	0,02	0,15	53
Ag	1,09 ± 0,67	0,06	20,4	336
Cd	0,09 ± 0,02	0,01	0,44	127
Sn	0,73 ± 0,14	0,10	2,89	106
Sb	0,04 ± 0,01	0,01	0,15	82
Ba	4,19 ± 0,58	0,3	12,8	76

Продолжение таблицы 5.1.

W	0,02 ± 0,002	0,01	0,06	65
Au	0,02 ± 0,01	0,001	0,16	172
Hg	0,50 ± 0,12	0,05	2,69	135
Tl	0,0004 ± 0,0001	0,0001	0,0017	105
Pb	1,84 ± 0,38	0,21	6,82	113
Bi	0,24 ± 0,17	0,01	5,01	385
Si	114 ± 13	62	442	62
Sc	0,35 ± 0,03	0,05	0,74	45
Ga	0,01 ± 0,001	0,003	0,03	47
Br	18,7 ± 4,49	1,23	129	132
Rb	0,23 ± 0,05	0,02	1,13	121
Y	0,01 ± 0,001	0,003	0,04	58
Zr	0,20 ± 0,04	0,03	1,25	118
Nb	0,02 ± 0,004	0,002	0,06	84
I	1,98 ± 1,31	0,01	31,3	362
Cs	0,002 ± 0,0003	0,0003	0,006	79
La	0,02 ± 0,004	0,002	0,10	123
Ce	0,03 ± 0,006	0,004	0,15	114
Pr	0,004 ± 0,002	0,001	0,07	292
Nd	0,007 ± 0,001	0,001	0,02	75
Sm	0,001 ± 0,0002	0,0001	0,004	78
Eu	0,001 ± 0,0001	0,0001	0,002	84
Gd	0,002 ± 0,0002	0,0002	0,004	65
Tb	0,001 ± 0,0001	0,0001	0,001	69
Dy	0,001 ± 0,0001	0,0004	0,003	53
Go	0,0003 ± 0,00003	0,0001	0,001	43
Er	0,001 ± 0,0001	0,0001	0,002	92
Tm	0,0004 ± 0,0001	0,0001	0,001	99
Yb	0,001 ± 0,0001	0,0001	0,001	83
Lu	0,0004 ± 0,0001	0,0001	0,001	105
Hf	0,004 ± 0,001	0,0004	0,03	140
Ta	0,002 ± 0,001	0,0001	0,02	118
Th	0,002 ± 0,0002	0,0005	0,005	65
U	0,014 ± 0,007	0,001	0,22	288

Результаты анализа однородности геохимических полей в соответствии с коэффициентом вариации изучаемых элементов представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Результаты распределения химических элементов по группам в соответствии с их коэффициентом вариации

Группа	Характер геополя	Название элементов
1	Однородные	P, Cu
2	Неоднородные	Al, Cr, Fe, Zn, Ge, As, Mo, Ba, W, Si, Sc, Ga, Y, Cs, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Go, Th
3	Весьма неоднородные	Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Ti, V, Co, Se, Sr, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl, Pb, Br, Rb, Zr, Nb, La, Ce, Eu, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta
4	Крайне неоднородные	Mn, Ag, Au, Bi, I, Pr, U

Согласно расчетным данным таблицы 5.2, в пробах волос человека на территории Томского района в 2014 году преобладают неоднородный и весьма неоднородный характер геохимического поля. Два элемента характеризуют однородный характер геохимического поля – P, Cu. Крайне неоднородным геохимическим полем характеризуются остальные элементы.

Далее построена диаграмма размаха (рисунок 5.1).

Смещение медианы и нижнего и верхнего квартилей показывает неоднородность выборки химического элемента. Анализируя положение медианы и нижнего и верхнего квартилей исследуемой выборки, можно сделать вывод, что к элементам с неоднородной выборкой можно отнести V, Cr, Mn, Co, Cu, Ge, As, Se, Mo, Ag, Ba, Ti, Bi, I, Cs, Th и U.

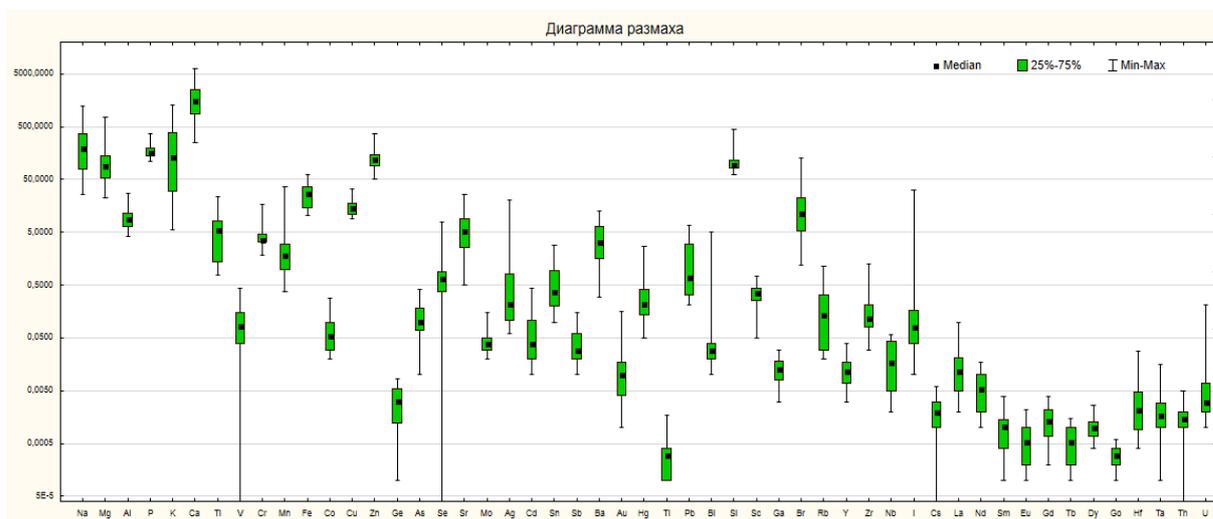


Рисунок 5.1 – Интервал разброса, среднее (медиана), 25-75% квантили содержания элементов в волосах человека на территории Томского района в 2014 году

Положение медианы в диаграмме размаха может показать по какому закону происходит распределение химического элемента: если медиана смещена вверх или вниз, то это логнормальный закон распределения. Таким образом, к элементам с логнормальным законом распределения могут быть отнесены Cr, Fe, Ge, As, Ag, Cd, Sn, Sb, Au, Hg, Ti, Pb, Si, Rb, Nd, Sm, Tb, U.

Асимметрию данных можно определить не только по смещению медианы вверх или вниз, но и по разной длине «усов», выходящих из «ящика». Асимметрия характерна для большей части выборки: P, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ge, Se, Ag, Ti, Bi, I, Cs, Th, U.

Матрица корреляционных связей химических элементов в волосах человека на территории Томского района представлена на рисунках 5.2 и 5.3.

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet12)																		
MD pairwise deleted																		
Marked correlations are significant at $p < ,05000$																		
Variable	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Go	Er	Tm	Yb	Lu	Th	U
Sc	1,00																	
Y	-0,14	1,00																
La	0,04	-0,40	1,00															
Ce	-0,02	-0,34	0,97	1,00														
Pr	-0,17	-0,19	0,77	0,84	1,00													
Nd	-0,07	-0,27	0,86	0,88	0,87	1,00												
Sm	-0,22	-0,37	0,60	0,61	0,50	0,52	1,00											
Eu	0,06	-0,35	0,64	0,70	0,58	0,70	0,49	1,00										
Gd	-0,06	-0,39	0,88	0,92	0,80	0,83	0,64	0,74	1,00									
Tb	-0,14	-0,18	0,69	0,68	0,47	0,66	0,61	0,72	0,71	1,00								
Dy	-0,24	-0,12	0,70	0,74	0,81	0,81	0,57	0,55	0,73	0,61	1,00							
Go	-0,11	0,40	0,20	0,24	0,18	0,16	0,12	0,23	0,20	0,43	0,34	1,00						
Er	-0,13	-0,36	0,73	0,76	0,60	0,69	0,74	0,73	0,78	0,80	0,75	0,27	1,00					
Tm	-0,28	-0,27	0,66	0,70	0,58	0,68	0,64	0,76	0,69	0,75	0,69	0,24	0,73	1,00				
Yb	-0,18	-0,38	0,76	0,79	0,67	0,74	0,75	0,75	0,76	0,74	0,76	0,27	0,94	0,79	1,00			
Lu	-0,23	-0,17	0,69	0,74	0,60	0,72	0,55	0,76	0,69	0,77	0,79	0,34	0,80	0,90	0,83	1,00		
Th	-0,17	-0,32	0,84	0,87	0,81	0,81	0,69	0,69	0,80	0,68	0,81	0,37	0,79	0,76	0,86	0,78	1,00	
U	-0,20	-0,17	0,08	0,08	0,27	0,17	0,08	-0,19	-0,03	-0,16	0,09	-0,18	-0,01	-0,05	0,05	-0,06	0,15	1,00

Рисунок 5.2 – Матрица корреляционных связей редкоземельных элементов в волосах человека на территории Томского района. Примечание: красным (жирным шрифтом) выделены значимые корреляционные связи химических элементов на уровне вероятности 95%

Кластерный анализ химических элементов в волосах человека выявил на территории Томского района значимые связи редкоземельных и радиоактивных (Th, U) элементов (рисунок 5.4).

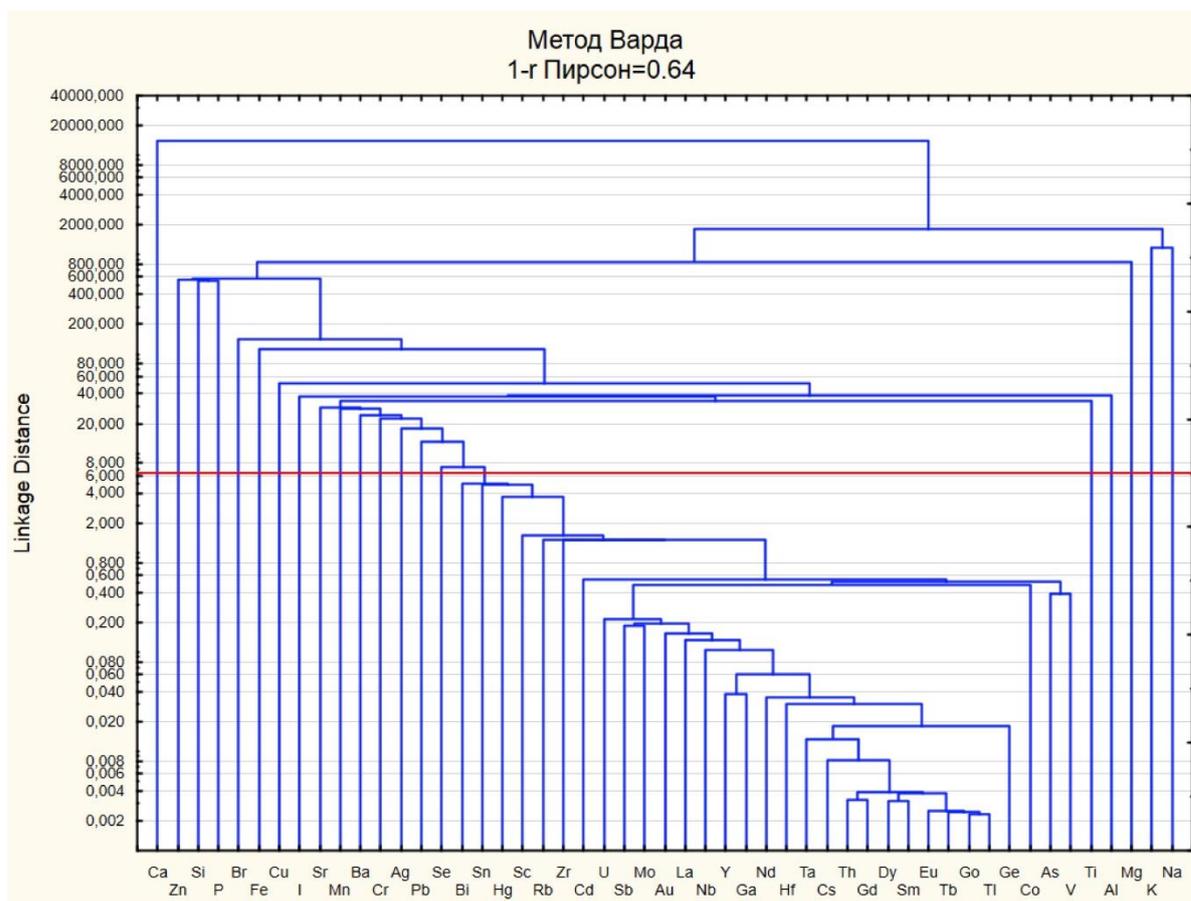


Рисунок 5.4 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в волосах человека на территории Томского района (1-
Pearson $r(0,05) = 0,64$)

К редкоземельным элементам (РЗЭ), или лантаноидам относятся 15 элементов, которые по ряду свойств (строение атомов, физико-химические, геохимические и другие) разделяют на три группы (легкие, средние и тяжелые).

Повышенный интерес к изучению РЗЭ окружающей среде связан с широким использованием данной группы химических элементов в передовых промышленных областях (электроника, оптика,

автомобилестроение и другие), области сельского хозяйства (удобрения и пестициды) и медицине (магнитно-резонансная томография).

Актуальность изучения РЗЭ и радиоактивных элементов на локальных территориях обусловлена как глобальными изменениями в их миграции, так и высокой индикаторной ролью их содержания и соотношения на участках с природными и техногенными геохимическими аномалиями.

Соотношения РЗЭ или их групп, часто применяются для их дифференциации и выявления особенностей накопления в компонентах природной среды. Такие показатели также являются индикатором смены геохимических условий. Результаты расчета соотношений Th/U, La/Ce, La/Yb, La+Ce/Yb+Lu и $\sum REE$ (сумма всех редкоземельных элементов) представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Результаты расчета соотношений Th/U, La/Ce, La/Yb, La+Ce/Yb+Lu и $\sum REE$ (в мг/кг) в волосах человека на территории Томского района

Регион	Th/U	La/Ce	La/Yb	La+Ce/Yb+Lu	$\sum REE$
Наумовка	1,10	0,52	15,1	22,5	0,37
Самусь	1,04	0,63	58,7	80,1	0,61
Кузовлево	0,59	0,67	32,9	61,3	0,28
Копылово	0,01	0,53	14,7	21,3	0,21
Томск	0,46	0,61	49,6	73,7	0,42
Зональный	0,41	0,75	52,3	61,0	0,58

Из результата в таблице 5.3 можно отметить, что соотношения Th/U, La/Ce, La/Yb, La+Ce/Yb+Lu и $\sum REE$ в волосах человека Самуси в целом выше остальных регионов с соответствующими значениями: 1,04; 0,6; 58,7; 80,1 и 0,61. Самусь лежит в течении реки Томи и находится под влиянием производства завода СХК. Кроме того, из-за его близости к реке Томи жители в Самусе могут потреблять рыбу больше, чем в других регионах. Потребление рыбы из рек также может повлиять на накопление химических элементов в волосах человека.

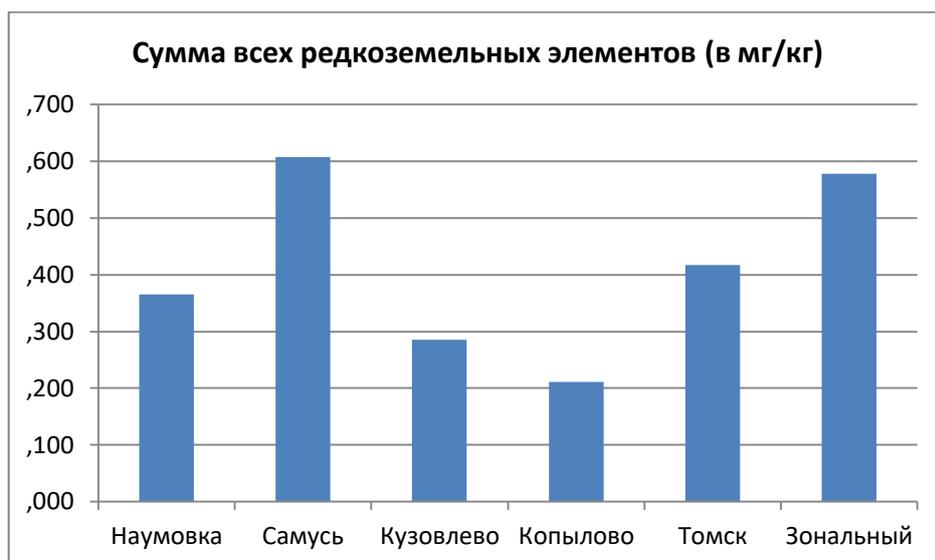


Рисунок 5.5 – График суммы всех редкоземельных элементов (в мг/кг) в волосах человека регионов Томского района

Сумма всех редкоземельных элементов в волосах жителей города Томска является третьим по величине (меньше чем Самус и Зональный) со значением 0,42 мг/кг (рисунок 5.5). Подобно Самусу, река Томь также протекает через город Томск, поэтому на Томск также влияют течение реки и потребление рыбы.

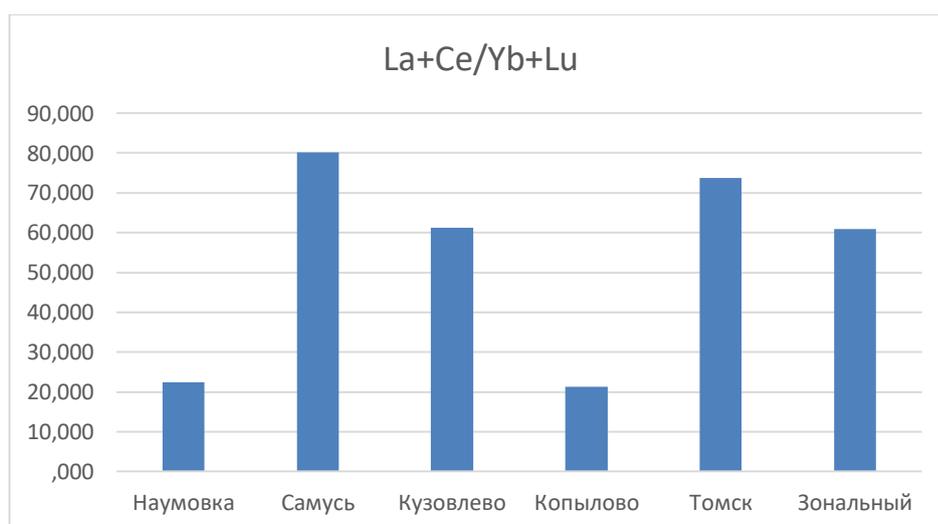


Рисунок 5.6 – График соотношения La+Ce/Yb+Lu в волосах человека регионов Томского района

Значения суммы всех редкоземельных элементов в волосах жителей Наумовки и Копылова низкие (рисунок 5.5), потому что они находятся в зоне влияния по розе ветров. Однако, Зональный регион занимает второе место по значению суммы всех редкоземельных элементов в волосах человека (0,58 мг / кг). В данном исследовании нет объяснения.

Аналогично для соотношения $La + Ce/Yb + Lu$, показанного на рисунке 5.6, видно, что Самусь имеет самое высокое значение (80,1), за ним следует город Томск (73,7) и ниже - это значения регионов Кузовлева, Зонального, Наумовки и Копылова.

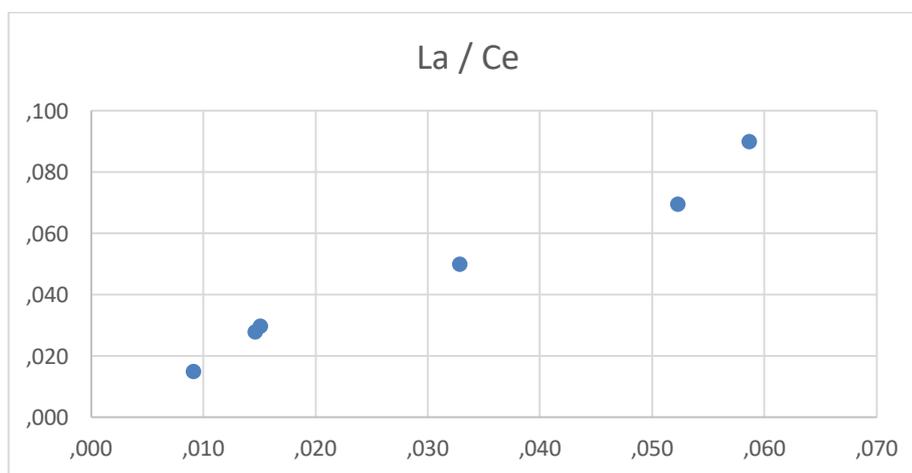


Рисунок 5.7 – График соотношения La/Ce в волосах человека регионов Томского района

Соотношения La/Ce в волосах человека регионов Томского района в целом существенно не отличаются и составляет от 0,52 до 0,75 (при природном в речных водах - 0,6) (рисунок 5.7).

Таким образом, не всегда возможно однозначно интерпретировать получаемые по элементному составу волос показатели. Природу поступления химических элементов в живой организм не всегда возможно объяснить каким – либо одним фактором. Однако, индикаторная роль накопления и соотношения некоторых химических элементов в составе волос населения неоспорима. Это означает, что волосы, как депонирующая

среда, могут служить объектов геоэкологических исследованиях территорий.

ГЛАВА 6. РТУТЬ В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА

Ртуть в окружающей среде постоянно циркулирует и перерабатывается в биогеохимическом цикле. Цикл состоит из шести основных этапов [76]:

- Дегазация ртути из горных пород, почв и поверхностных вод, или выбросы от вулканов и деятельности человека.
- Движение в газообразной форме через атмосферу.
- Отложение ртути на суше и в поверхностных водах.
- Превращение элемента в нерастворимый сульфид ртути.
- Осаждение или биоконверсия в более летучие или растворимые формы, такие как метилртуть.
- Возвращение в атмосферу или биоаккумуляция в пищевых цепях.

Циклы ртути в окружающей среде в результате естественной (например, геотермальной активности) и антропогенной (человека) деятельности. Основными антропогенными источниками являются: сжигание и плавка ископаемого топлива. Как эти природные, так и человеческие действия выделяют пары элементарной ртути (Hg^0) в атмосферу. Попадая в атмосферу, пары ртути могут циркулировать в течение года и, следовательно, стать широко рассеянными. Пары элементарной ртути могут затем подвергаться фотохимическому окислению, превращаясь в неорганическую ртуть, которая может соединиться с парами воды и возвращаться на поверхность Земли в виде дождя. Эта «ртутная вода» откладывается в почвах и водоемах. Попав в почву, ртуть накапливается до тех пор, пока физическое событие не приведет к ее высвобождению (рисунок 6.1). В воде неорганическая ртуть может превращаться в нерастворимый сульфид ртути, который оседает из воды и в осадок, или она может превращаться бактериями, которые перерабатывают сульфат, в метилртуть. Превращение неорганической ртути в метилртуть важно по двум причинам:

- Метилртуть гораздо более токсична, чем неорганическая ртуть.

- Организмам требуется длительное время для устранения метилртути, что приводит к биоаккумуляции.

Теперь бактерии, обрабатывающие метилртуть, могут потребляться следующим высшим организмом в пищевой цепи, или бактерии могут выделять метилртуть в воду, где она может адсорбироваться (прилипать) к планктону, который также может быть поглощен следующим высшим организмом. пищевой цепи. Эта модель продолжается, так как мелкая рыба/организмы съедаются все более крупной и крупной рыбой, пока рыба, наконец, не будет съедена людьми или другими животными. Альтернативно, как элементарная ртуть, так и органическая (метил) ртуть могут испаряться и возвращаться в атмосферу и циркулировать через окружающую среду [76].

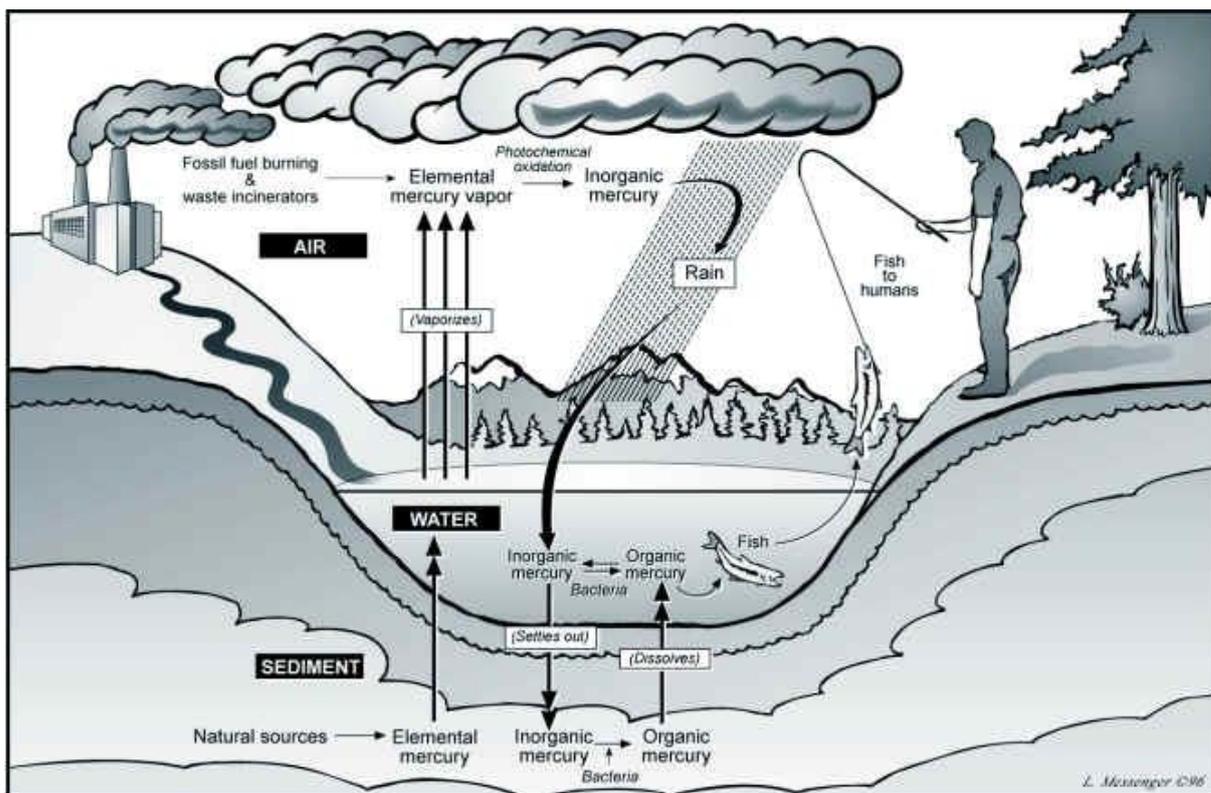


Рисунок 6.1 - Циклы ртути в окружающей среде [76]

В руководящем документе, который был совместно подготовлен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и Программой

Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), указывается, что нервная система, почки и сердечно-сосудистая система. Основные цели токсического воздействия ртути и ее соединений. Общеизвестно, что наиболее чувствительными к токсическому воздействию ртути являются развивающиеся системы организма (например, нервная система плода), и, по-видимому, концентрация ртути в мозге плода значительно выше, чем в крови матери, развивающаяся нервной системой. В настоящее время плод вызывает серьезную озабоченность, поскольку он демонстрирует высочайшую чувствительность. Другие системы как дыхательная, желудочно-кишечная, кроветворная и репродуктивная системы могут быть затронуты [16].

Необходимо отметить, что постоянно пересматривают пороговые значения концентрации элементов для человека. Так, например, по данным FAO/WHO за 2004 г., максимальное допустимое поступление метилртути в организм человека равно 1,6 мкг/кг в неделю, а для неорганической ртути, оно составило 4 мкг/кг массы в неделю. Учитывая полученные новые данные в результате проведения эпидемиологических исследований в 2012 г., предложили новый предельный допустимый уровень поступления метилртути составляет 1,3 мкг/кг в неделю. По агентстве по окружающей среде США в 2001 г, предельно допустимый уровень поступления в организм человека для метилртути равный 0,7 мкг/кг в неделю, и с тех пор этот порог не меняли. Перерасчет предельно допустимого уровня поступления ртути в организм человека в соответствующие показатели биомаркеров воздействия осуществляется по методике ВОЗ 2008 г, которая предполагает, что количество ртути, поступающих в организм человека, не более 0,1 мкг/кг, это примерно соответствует концентрации 1 мкг/г в волосах и 5-6 мкг/л в крови [21].

Для изучения влияния места проживания и употребления рыбы на основании содержания ртути в волосах, было проанализировано 5 проб волос вьетнамских студентов (5 вьетнамских девушек), обучающихся в

ТПУ за период 2018 – 2019 гг. Далее, обработали статически полученные данные анализа, результат обработки был приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Статистические параметры содержания ртути в волосах студентов [5]

№ пробы	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Эксцесс	Асимметричность	Интервал	Минимум	Максимум
1	0,38	0,05	0,36	0,15	0,02	0,66	1,00	0,46	0,22	0,68
2	1,96	0,41	1,86	0,92	0,85	-2,12	0,10	2,20	0,87	3,07
3	1,71	0,11	1,63	0,26	0,07	1,07	1,21	0,72	1,45	2,16
4	0,33	0,06	0,36	0,14	0,02	0,21	-0,66	0,36	0,13	0,49
5	0,40	0,04	0,40	0,09	0,01	-1,15	-0,23	0,21	0,29	0,50

Можно отметить, что среднее содержание ртути варьирует в диапазоне 0,33 – 1,96 мг/кг при минимальном содержании – 0,13 и максимальном – 3 мг/кг. На разброс значений могут оказывать влияние факторы как внешней среды, так и физиологические процессы организма. Так, по данным работы [75,26], на количество ртути, концентрирующейся в организме человека, влияет употребление рыбы. Исследования выявили корреляцию между потреблением рыбы, загрязненной метилртутью, и риском сердечных приступов. Исследование, проведенное рыбаками, показало, что потребление более 30 граммов рыбы в день увеличивает риск сердечных приступов или смерти от болезней сердца [16]. По сопоставлению факта употребления рыбы респондентами ещё раз подтвердится этот факт (рисунок 6.2).

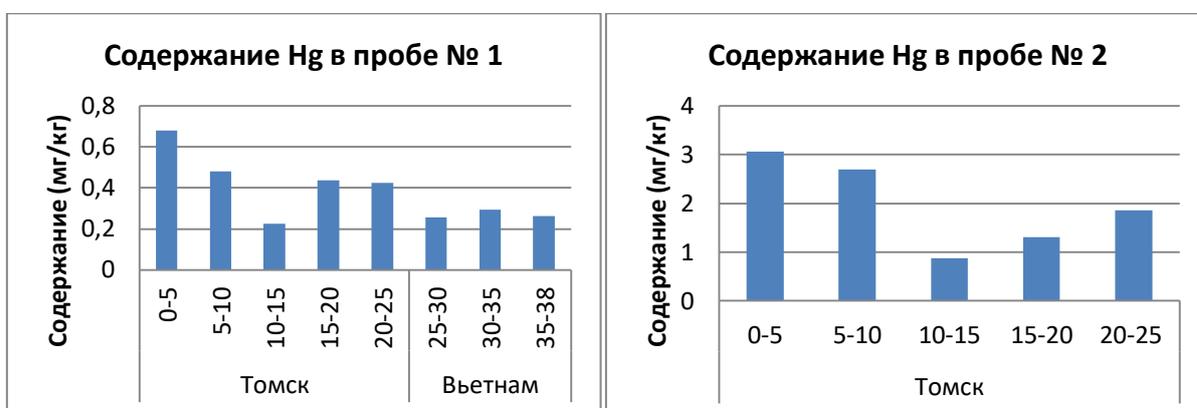
В рисунке 6.2, можно предварительно сделать вывод о влиянии употребления рыбы на концентрации ртути в волосах человека: в частности, чем чаще потреблять рыбы, тем выше содержание ртути в волосах. Рыба часто накапливает ртуть в организме, следовательно при употреблении в пищу рыбы, ртуть поглощается организмом человека и далее проявляется в волосах. Это доказывает, что содержание ртути в

волосах может использоваться как экологическим индикатором. Рекомендуется ограничить потребление рыбы и моллюсков с более низким содержанием ртути не более 12 унций (340 г) в неделю [16].



Рисунок 6.2 – Частота употребления в пищу рыбы в месяц (по шкале Х – верхняя цифра – частота употребления рыбы, нижняя – номер респондента) [5]

Изменение концентрации ртути со временем было изучено и проведено сопоставление с местом пребывания респондента для выявления влияния территориальной специфики на содержание ртути в волосах (рисунок 6.3).



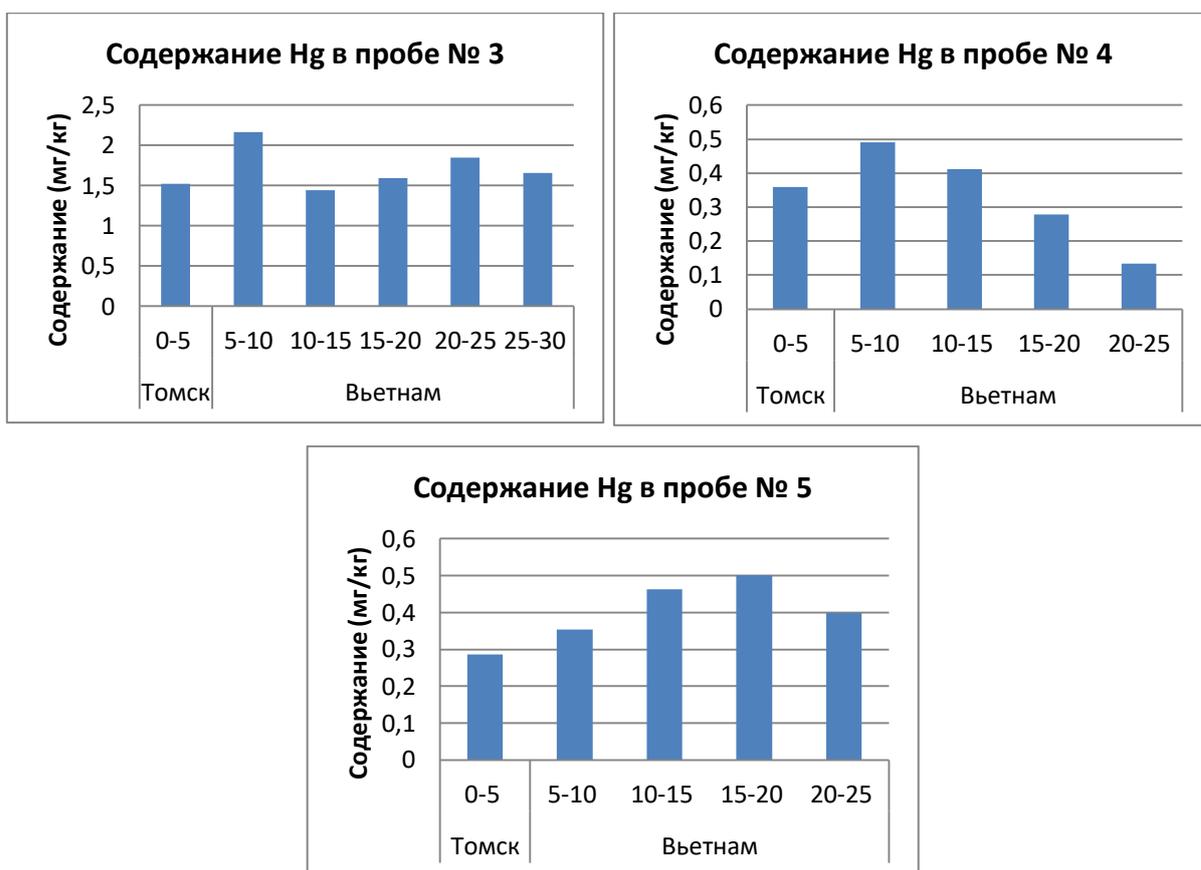


Рисунок 6.3 –Изменение содержания ртути в волосах респондентов в зависимости от места нахождения [5]

Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что эколого–геохимические условия территории так же оказывают влияние на концентрирование элемента. Однако, при этом большое значение имеет индивидуальная особенность организма. Так, в большинстве случаев при перемещении респондента из Вьетнама в г. Томска происходит уменьшение содержания ртути, однако, это не является характерным для респондента №1.

ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1. Техничко-экономическое обоснование объема работ

Техничко-экономическое обоснование научно-исследовательской работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научнотехнической результативности.

Целью данной работы является оценка уровней накопления химических элементов в волосах жителя Томского района и вьетнамских студентов ТПУ и выявление специфики в их распределении в зависимости от природно-техногенных факторов Томского района.

Изучение валового содержания ртути в волосах выполнено в аналитической лаборатории Томского политехнического университета. Использовалась атомно-абсорбционная спектрометрия с методом «холодного пара» на базе научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

На основании технического плана рассчитаны затраты времени и труда на стадии лабораторных работ. Все проведенные виды работ представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1- Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№ п/п	Вид работ	Определение	Метод	Объем		Характеристика
				ед. изм.	кол-во	
1	Лабораторные исследования	Химические элементы		проба	29	Ртуть
2	Камеральная обработка материалов	Атомно-абсорбционный	ПЭВМ			Обработка материалов

1. Лабораторные работы

Данный этап работ включает подготовку проб к дальнейшему аналитическому изучению, который подразумевает следующие этапы: промывка пробы дистиллированной водой, очистка от пыли, высушивание и измельчение.

Далее пробы анализируются на атомно-абсорбционной спектрометрии, каждая анализируемая навеска пробы составляет 30 мг.

2. Камеральная обработка материалов

Камеральная обработка материалов включает в себя: сбор информации об изучаемой территории; изучение результатов анализов проб и их систематизации; анализ характера распределения химического элемента; расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц.

7.2. Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН-92 выпуск 7А «Лабораторные исследования при геологоэкологических работах». Из этого справочника взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, (1)$$

где: N-затраты времени, (бригада, смена на м.(ф.н.));

Q-объем работ, (м.(ф.н.));

H_{BP} - норма времени из справочника сметных норм (бригада/смена);

K- коэффициент за ненормализованные условия;

Затраты времени приведены в таблице 7.2.

Расценки, определяемые по материалам настоящего Сборника ССН, применяются только для центральных лабораторий. Так как данные анализы определяются не в аккредитованной лаборатории, полученные расценки используются с применением коэффициента 0,72.

Таблица 7.2 - Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времен и по ССН (Н _{вр})	Кое- ф- ты (К)	Документ	Итого времени на объем (N)
		Ед. изм	Кол- во (Q)				
1	Определение валового содержания ртути в растительных пробах беспламенный атомноабсорбционным методом	проба	29	0,26 в бригад. Ч. на 1 опред.	0,72	ССН, вып. 7А, табл.1, стр.4	5,429
2	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	проба	29	41,4 на 1000 проб	-	ССН, вып. 2, табл. 60, стр. 3	1,201
Итого:							6,63 смены

В месяце 21 смены, таким образом, все работы займут 0,32 месяца.

Во время изучения элементного состава исследуемых проб были задействованы один инженер-лаборант 1 категории и один лаборант химического анализа 4-го разряда. Инженер-лаборант занимался обработкой полученных результатов. Все основные анализы проводил лаборант химического анализа. Расчет затрат времени труда для каждого рабочего представлен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Расчет затрат времени труда каждого рабочего

№	Виды работ	Т	Инженер-лаборант 1 категории	Лаборант химического анализа 4-го разряда
			чел/смен	чел/смен
1	Определение валового содержания ртути в растительных пробах беспламенный атомноабсорбционным	5,429	0,1	5,429

	методом			
2	Камеральная обработка материалов	1,201	1,201	0,1
Итого:		6,63	1,301	5,529

7.3. Перечень и нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для эколого-геохимических работ и камеральных работ также определялись согласно ССН, выпуск 2, а для лабораторных работ согласно инструкциям и методическим рекомендациям (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Бланки для выписывания результатов анализа	шт.	6	30	180
Вата медицинская гигроскопическая	кг.	30	1	30
Ручка шариковая	шт.	20	2	40
Пинцет пластмассовый	шт.	110	2	220
Итого:				470

7.4. Общая стоимость лабораторных анализов

В таблице 7.5 приведены расценки на проведенные лабораторные испытания и подсчитана общая стоимость всех проведенных методов.

Таблица 7.5 - Стоимость проведенных лабораторных анализов

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб.	Итого
1	Атомно-абсорбционный	29	800	23200
Итого:				23200

7.5. Общий расчет сметной стоимости

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

На эту базу начисляются проценты, которые обеспечивают организацию и управление работ по проекту, то есть расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$\mathbf{ЗП = О_{кл} * Т * К,} \quad (2)$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т – отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный (для Томска 1,3 на 2020 г).

$$\mathbf{ДЗП = ЗП * 7,9\%,} \quad (3)$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\mathbf{ФЗП = ЗП + ДЗП,} \quad (4)$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\mathbf{СВ = ФЗП * 30\%,} \quad (5)$$

где СВ – страховые взносы.

$$\mathbf{ФОТ = ФЗП + СВ,} \quad (6)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\mathbf{R = ЗП * 3\%,} \quad (7)$$

где R – резерв (%).

$$\mathbf{СПР = ФОТ + М + А + R,} \quad (8)$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 7,9% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3%. Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 7.6.

Таблица 7.6- Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ

Статьи основных		Единицы	Затраты	Дневная	Коэффициент	Сумма
-----------------	--	---------	---------	---------	-------------	-------

расходов		измерения	труда	ставка, руб	районный	основных расходов
Инженер-лаборант 1 категории	1	Чел/см	1,301	500	1,3	845,65
Лаборант химического анализа 4-го разряда	1	Чел/см	5,529	350	1,3	2515,70
ЗП – заработная плата						3361,35
ДЗП – Дополнительная зарплата	7,9%					265,55
ФЗП – фонд заработной платы						3626,90
СВ – страховые взносы	30%					1088,07
ФОТ – фонд оплаты труда						4714,97
Материалы	2% от ЗП					67,23
Амортизация	2% от ЗП					67,23
R – резерв						100,84
СПР – стоимость проектно-сметных работ						4950,27

Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 7.7.

Таблица 7.7 - Общий расчет сметной стоимости работ

Наименование работ и затрат	Ед. Изм.	Расчет	Стоимость
Проектно-сметные работы	Руб.		4950,27
Накладные расходы	Руб.	16% от СПР	792,04
Доплаты рабочим	Руб.	7,9% от (СПР+НР)	453,64
Резерв	Руб.	3% от (СПР)	148,51
Итого	Руб.		6344,46
НДС	Руб.	20%	1268,89
Итого с НДС	Руб.		7613,35

Таким образом, в данной главе было составлено экономическое обоснование проведенных работ, включающее в себя расчет затрат времени и труда, а также сметы по всем видам проведенных работ, суммирование которых дало представление об общей стоимости исследований. Для производства данных работ требуется 2 чел./смены и 7613,35 рублей.

ГЛАВА 8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА ТОМСКОГО РАЙОНА

Введение

Целью данной работы является оценка уровней накопления химических элементов в волосах жители Томского района и вьетнамских студентов ТПУ и выявление специфики в их распределении в зависимости от природно-техногенных факторов Томского района.

В данном разделе рассматриваются условия труда учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа. Рабочее место расположено на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ), имеет естественное и искусственное освещение. Общая площадь помещения 18 м². Длина помещения 6 м, ширина 3 м. В данной лаборатории использовался анализатор ртути РА 915+ с приставкой Пиро-915+ для определения валового содержания ртути в человеческих волосах. Комплект анализатора ртути: анализатор РА-915+, приставка РП-92; дозатор 1-5 мл; весы лабораторные; программное обеспечение. В аудитории имеется 3 персональных компьютера. Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью прикладного программного обеспечения. Результаты заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах «Microsoft Excel».

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде организационной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1. Эргономические условия работы на персональном компьютере. Требования к помещениям для работы с персональным компьютером

Негативное воздействие на человека персонального компьютера заключается в том, что к концу рабочего дня операторы ощущают головную боль, резь в глазах, тянущие боли в мышцах шеи, рук, спины, зуд кожи лица.

Санитарно-гигиенические требования к помещениям для эксплуатации компьютера согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [45] следующие: рабочие места с компьютером требуется располагать во всех помещениях, кроме подвальных, с окнами, выходящими на север и северо-восток. В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола помещения:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета, пол – красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток и запад – стены желто-зеленого цвета, пол – зеленый или красновато-оранжевый.

Пол помещения должен быть ровный, антистатический. Отделка помещения полимерными материалами производится только с разрешения Госсанэпиднадзора. В образовательных помещениях запрещается применять полимерные материалы (полиуретановые, эпоксидные, полиэфирные) выделяющие в воздух вредные химические вещества. В помещении должны быть медицинская аптечка и углекислый огнетушитель. Расстояние между боковыми поверхностями мониторов – не менее 1,2 м. Оконные проемы должны иметь регулирующие устройства (жалюзи, занавески). Компьютер нужно установить так, чтобы на экран не падал прямой свет (иначе экран будет отсвечивать, что является вредным

для глаз). Оптимальное положение на работе – боком к окну, желательно левым.

8.1.2. Режим труда и отдыха при работе с персональным компьютером

Согласно СанПиНу 2.2.2/2.4.1340-03 режимы труда и отдыха при работе с персональным компьютером зависит от вида и категории трудовой деятельности. При этом виды трудовой деятельности делят на три группы (А, Б и В). К группе А относят работы по считыванию информации с экрана ВДТ с предварительным запросом; Б – работа по вводу информации; В – творческая работа в режиме диалога с компьютером. Для указанных видов трудовой деятельности устанавливаются три категории (I, II и III) тяжести и напряженности работы с ВДТ и компьютером. Например, для группы А категории I-III определяются по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60000 знаков за смену [45].

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей должны устанавливаться регламентированные перерывы в течение рабочей смены. После каждого часа работы за компьютером следует делать перерыв на 5-10 минут. Глаза начинают уставать уже через час после непрерывной работы с компьютером. Снимать утомление глаз можно даже во время работы в течение нескольких секунд поворачивая ими по часовой стрелке и обратно. Это следует чередовать с легкими гимнастическими упражнениями для всего тела. Ежедневная работа высокой интенсивности и с нервно-эмоциональным напряжением по 12 и более часов не допускается.

Обучение и инструктаж персонала, разработка инструкций по охране труда должны соответствовать требованиям. В инструкции должны быть отражены безопасные приемы, порядок допуска к работе, перечислены опасные и вредные производственные факторы. К самостоятельной работе

с ВДТ и компьютером допускаются сотрудники, изучившие порядок их эксплуатации, прошедшие первичный инструктаж на рабочем месте и аттестацию по электробезопасности с присвоением второй квалификационной группы [44].

8.2. Профессиональная социальная безопасность

Основные элементы производственного процесса в полевых условиях, формирующие опасные и вредные факторы. Работы на электронно-вычислительных машинах проводятся в помещении, соответствующем требованиям санитарных правил и норм [44]. Для обеспечения безопасности труда, работники обязаны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, соблюдать требования охраны труда, правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, а также проходить обязательные предварительные и периодические медицинские обследования [34]. В таблице 8.1 приведены опасные и вредные факторы.

Таблица 8.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений - Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
2. Недостаточная освещённость рабочей зоны		+	+	<ul style="list-style-type: none"> - СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий

				- ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий.
3. Монотонный режим работы	+	+	+	- Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
4. Электрический ток		+	+	- ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; - ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1) - ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов - ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
5. Пожарная опасность		+	+	- ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования; - ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание

8.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

В процессе проведения исследования, отбор проб волос человека были не выявлены вредные факторы.

8.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Отклонение параметров микроклимата. Микроклиматические параметры – это сочетание температуры, относительной влажности и

скорости движения воздуха. Эти параметры в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также и на надежность работы вычислительной техники.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. В помещении, где находится рабочее место, есть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы.

Искусственное освещение подразделяется на общее и местное. При общем освещении светильники устанавливаются в верхней части помещения параллельно стене с оконными проемами, что позволяет их включать и отключать последовательно в зависимости от изменения естественного освещения. Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на орудия и предметы труда. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. В зоне рабочего места освещенность должна составлять 300-500 лк, яркость светящихся поверхностей (окна, светильники, стены), находящихся в поле зрения, < 200 кд/м², коэффициент пульсации $< 5\%$ [39].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Монотонный режим работы. Известно, что работоспособность не является величиной постоянной, она изменяется. Основной причиной изменения работоспособности является сама работа. Обычно работоспособность снижается при более или менее длительном ее

выполнении. Снижение работоспособности под влиянием выполненной работы принято считать утомлением. При этом имеется немало данных, свидетельствующих о том, что помимо самой рабочей нагрузки в реальной трудовой деятельности на работоспособность определенным образом влияют и неблагоприятные условия труда, в том числе такие, которые вытекают из характера самой выполняемой работы. Так, широко известно влияние на работоспособность фактора монотонности.

Применяющиеся показатели, прежде всего можно разделить на «объективные» и «субъективные». К объективным показателям работоспособности обычно относят: а) изменения количественных и качественных показателей труда и б) изменения функционального состояния нервной системы. К субъективным показателям относят ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения. Эти субъективные переживания свидетельствуют о тех психических состояниях, которые развиваются при снижении работоспособности. Психическое состояние при утомлении обозначается обычно термином «усталость». Кроме этого состояния в процессе трудовой деятельности могут иметь место и другие психические состояния, связанные с особой заинтересованностью в результатах работы или, наоборот, безразличием к ним, состояние тревожности и др. Все эти состояния накладывают свой отпечаток и на соответствующие субъективные показатели.

Неблагоприятное влияние монотонности на работоспособность проявляется, естественно, во всех показателях работоспособности. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что при монотонной работе наблюдается более раннее появление и объективных, и субъективных признаков снижения работоспособности.

Различие в динамике работоспособности при немонотонной и монотонной работе дало основание ряду исследователей прийти к выводу о том, что при монотонной работе развивается особое специфическое состояние, получившее название монотонии, отличное от состояния

собственно утомления, со своими особыми физиологическими механизмами [45].

Электрический ток. Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ПК, а также ртутный анализатор РА-915+, все это является потенциальной опасностью для человека, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, которые находятся под напряжением.

Специфической опасностью электроустановок являются токоведущие проводники оборудования, которые оказались под напряжением в результате повреждения изоляции, не подающих каких-либо сигналов, предупреждающие человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Электрический ток – это скрытый тип опасности. Затруднительно определение в частях оборудования электрического тока. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, превышающий 0,05А, ток менее 0,05А является безопасным (до 1000В). Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работы, заключающаяся в соблюдении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, и правил устройства электроустановок [11].

Пожарная безопасность. Анализ пожароопасности как опасного фактора описан в разделе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

8.2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Отклонение параметров микроклимата. С целью создания нормальных условий для персонала установлены нормы производственного микроклимата. В производственных помещениях, в

которых работа на компьютере является основной, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [34] должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, как показано в таблице 8.2.

Таблица 8.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата для помещений с ВДТ и компьютером [43]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	2	3	4	5
Холодный	Легкая	22-24	40-60	0,1
Теплый	Легкая	23-25	40-60	0,1

Таблица 8.3 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры [43]

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30

Для поддержания вышеуказанных параметров воздуха в помещениях с компьютером применяют системы отопления и кондиционирования или эффективную приточно-вытяжную вентиляцию, данные требования указаны в таблице 8.3. Расчет необходимого количества воздуха для местной системы кондиционирования воздуха осуществляется по теплоизбыткам от машин, людей, солнечной радиации и искусственного освещения согласно СНиП 2.04.05-91 [38]. Для систем отопления и внутреннего теплоснабжения применяют в качестве теплоносителя, как правило, воду. Системы отопления проектируют, обеспечивая равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта [38]. В помещениях с компьютером ежедневно проводится влажная уборка. Для снижения концентрации пыли в помещениях с компьютером и лабораториях работают в хлопчатобумажных халатах и легкой сменной обуви. Запрещается курить, так как частицы пепла, оседая на поверхностях

магнитных носителей, вызывают сбой в работе с компьютером. Запыленность в данных помещениях не должна превышать 0,5 мг/м³ [39]. Поэтому нельзя открывать окна, форточки и необходимо применять местную систему кондиционирования воздуха, системы механической вентиляции.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. В качестве источников света при искусственном освещении применяются преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Допускается применение лампы накаливания в светильниках местного освещения. В таблице 8.4 приведены нормы освещенности, регламентируемые Строительными нормами и правилами [39].

Таблица 8.4 - Нормы освещенности рабочего места (СНиП 23-05-95) [39]

Тип помещения	Нормы освещенности, лк при освещении	
	комбинированное	общее
1	2	3
Машинный зал	750	400
Помещение для персонала, осуществляющего техническое обслуживание ПЭВМ	750	400

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования компьютера следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены занавеси, шторы.

Монотонный режим работы. Согласно мнению большинства исследователей, торможение, развивающееся в ЦНС при утомлении, является результатом перегрузки соответствующих мозговых систем и играет защитную, охранительную роль, предупреждая их чрезмерное истощение.

Для того, чтобы избежать утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов

не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку [45].

Электрический ток. Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности. Однако, возможность поражения электрическим током, все-таки, существует, т.к. ПК работает от источника тока. Для того чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать правила электрической безопасности:

1) Перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить электропроводку на отсутствие видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;

2) При появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ПК и устранить неисправность;

3) Запрещается при включенной ПК одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции. Для защиты от поражения электрическим током, в случае повреждения изоляции, должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;

- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Поэтому, к работе на ПК допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Каждый работник должен знать правила первой медицинской помощи при поражении электрическим током, для того, чтобы быть готовым оказать помощь другим работникам. Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 8.5 [11].

Таблица 8.5 - Предельно допустимые значения напряжений и токов

Род тока	Напряжение (U), В	Сила тока (I), mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

8.3. Экологическая безопасность

8.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования не оказывает влияния на окружающую среду.

8.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

При анализе проб атомно-абсорбционным методом, волосы не приобретают опасных свойств, и не оказывают влияния на гидросферу и литосферу. Однако, процесс данного исследования может оказывать влияние на атмосферу когда пробы обгоревших волос создают сильный запах и дым выпускается в воздух.

8.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Защита атмосферы. Поскольку для анализа волос используется небольшая проба, количество газов как CO₂, SO₂ и NO₂, выделяемого в воздух незначительно. Поэтому для обеспечения экологической безопасности во время анализа необходимо применять местную систему кондиционирования воздуха, системы механической вентиляции.

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Объект исследований не может инициировать чрезвычайные ситуации.

8.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Возможные чрезвычайные ситуации (ЧС) – пожар в здании. Здание, в котором располагается рабочая аудитория, по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

Пожароопасность, главным образом, представлена оголенными токоведущими частями электропроводки, коротким замыканием проводки, перегрузки электросети, статическим электричеством. Возможными причинами возникновения пожара могут быть: неправильное устройство и эксплуатация отопительных систем (использование обогревателей), неисправность вентиляционных систем, неосторожное обращение с огнем персонала и т.д.

8.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Способ тушения пожара зависит от причины, которая обуславливает его возникновение и от характера горящего объекта. Если в лаборатории возник пожар и есть угроза его распространения, необходимо использовать имеющиеся под руками средства тушения, при этом, необходимо вызвать местную пожарную охрану. Если загорелись деревянные предметы, пожар можно тушить водой, песком, а также с помощью огнетушителя. Если горит нерастворимое в воде вещество (например, бензин, скипидар и др.), то нельзя применять для тушения воду, так как она может усилить пожар. Нерастворимые в воде органические вещества следует тушить песком (можно накрыть асбестом или кошмой). Если горящее вещество растворимо в воде (например, спирт или ацетон), его можно гасить водой. Во всех случаях весьма пригодным средством.

Огнетушители предназначены для тушения возгораний и пожаров в начальной стадии их развития. По виду огнегасительных веществ огнетушители можно подразделить на: химические пенные, углекислотные, аэрозольные, порошковые, воздушно-пенные, а также жидкостные. В настоящее время для производственных помещений предприятия основными являются углекислотные огнетушители. Тушение происходит вследствие изоляции горящего предмета от кислорода и сильного охлаждения зоны горения. Первичными средствами пожаротушения являются ручные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-3. Эти огнетушители предназначены для тушения различных веществ, а также электроустановок под напряжением до 10 Кв.

Выводы

В ходе написания раздела «Социальная ответственность» в магистерской выпускной квалификационной работе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, выявлены и охарактеризованы опасные и вредные факторы, возникающие при выполнении работ в лаборатории, даны рекомендации по

минимизации негативного влияния данных факторов на здоровье человека. Кроме того, рассмотрена экологическая безопасность проводимых исследований и проанализирован такой вид ЧС, как пожар на рабочем месте.

Таким образом, информация, представленная в этом разделе, играет важную роль в вопросах техники безопасности в лабораторий при анализе и обработке проб. Хотя вредные факторы, выявленные в лаборатории, не слишком значительны, они все же оказывают определенное влияние на здоровье человека. Поэтому, необходимо заранее проанализировать и соблюдать правила безопасности на рабочем месте и пожарной безопасности, чтобы избежать возможные несчастные случаи или снизить негативное воздействие на организм человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время волосы человека активно используются для анализа и контроля содержания химических элементов, а также для оценки воздействия факторов окружающей среды и диагностики заболеваний. Элементный состав волос человека может использоваться как индикатор не только техногенных, но и природных аномалий территории.

В данном исследовании, данные по содержанию химических элементов в составе волос человека, которые подверглись статистическому анализу, были отобраны ранее сотрудниками отделения на территории Томского района, Томской области. Исследованные методы, которые использованы в работе - ИНАА, ICP-MS и атомно-абсорбционный. Кроме этого, обработка аналитических данных проводилась с использованием прикладных программ «Excel» и «Statistica 8.0».

В данной работе были проанализированы и обработаны данные по содержанию двадцати восьми элементов в волосах жителей Томска, собранных в 2018 году методом ИНАА в программах «Excel» и «Statistica» на компьютере. Исходя из результатов анализа, можно сделать вывод, что в волосах человека Томска нормальный закон распределения имеют следующие химические элементы: Ca, Sc, Cr, As, Ag, Ba, Ce. Логнормальному закону распределения соответствуют Na, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, La, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. Рассеяние химических элементов объясняется двумя факторами формирования состава волос - внутренняя природа и внешнее воздействие. К первому относятся возраст, пол, цвет волос и заболевания. К второму – место проживания, наличие предприятий, выбросы которых формируют качеством воздухом. Кроме этого, следует отметить влияние качества воды, продуктов питания, фактора курения, места работы, социального статуса.

Соотношения РЗЭ или их групп, часто применяются для их дифференциации и выявления особенностей накопления в компонентах

природной среды. Такие показатели также являются индикатором смены геохимических условий. В ходе работы были обработаны данные содержаний химических элементов в волосах жителей 6 регионов Томского районов (Наумовка, Самусь, Кузовлево, Копылово, Томск и Зональный) в 2014 году по методу ICP – MS. Результаты анализа показали, что район Самусь имеет самое высокое содержание и соотношение редкоземельных и радиоактивных элементов (Th и U) по сравнению с остальными регионами с соответствующими значениями: 1,04; 0,6; 58,7; 80,1 и 0,61. Город Томск занимает второе место по данным величинам, за ним следуют регионов Кузовлева, Зонального, Наумовки и Копылова. Такие результаты можно объяснить как Самусь и Томск лежат в течении реки Томи и Самусь находится под влиянием производства завода СХК. Из-за его близости к реке Томи жители в Самусе и Томске могут потреблять рыбу больше, чем в других регионах. Потребление рыбы из рек также может повлиять на накопление химических элементов в волосах человека. Особо, Зональный занимает второе место по значению суммы всех редкоземельных элементов в волосах человека (0,58 мг/кг), в данном исследовании нет объяснения.

Из результата анализа можно отметить что частота употребления в пищу рыбы влияет на содержание ртути в волосах человека. Работа позволила сделать вывод о том, что содержание ртути в волосах можно считать индикатором эколого – геохимических условий среды с учетом индивидуальных особенностей организма, в том числе культуры питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адам А.М. Управление природопользованием на уровне субъекта федерации / А.М. Адам. – М.: ТИССО, 2002. – 148 с.
2. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Советов В.М. Редкоземельные элементы и скандий в углях Кузбасса // Литология и полезные ископаемые. 1997. № 3. С. 315–326.
3. Булатов В.И. Россия радиоактивная / В.И. Булатов. – Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. – 272 с.
4. Вель И.П. Характеристики основных метеоэлементов Крыма. Симферополь: СГУ, 1983. – 83с.
5. Ву Тхи Тху Ван. Ртуть в волосах человека как индикатор экологической обстановки // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов : сборник докладов IX Всероссийской научно-практической конференции (Томск, 24-26 апреля 2019г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. -422 с.
6. География Томской области. (Природные условия и ресурсы). - Томск: Изд-во Томского ун-та, 2001. - 223 с.
7. Геохимия окружающей среды / Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
8. Главное управление МЧС России по Томской области. Электронный ресурс URL: <http://70.mchs.gov.ru/folder/1464314> (дата обращения 30.01.2020г).
9. ГН 2.1.7.2041–06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 3 с.
10. Горгошидзе Б.Е., Харисчаришвили И.З. Вопросы медицинской элементологии и значение определения микроэлементов в биосубстратах для диагностики и профилактики заболеваний репродуктивной системы // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2006. – №6(31). – С. 6063.

11. ГОСТ Р ИСО 26000 – 2012 Руководство по социальной ответственности.
12. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» / глав. ред. Ю.В. Лунева ; редкол. : Ю.В. Лунева, Н. А. Чатурова ; сост. Н. А. Чатурова ; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». - Томск : Дельтаплан, 2018. - 158 с., ил.
13. Гришанков Г.Е., Позаченюк Е.А., Бабенко Т.В. Локальные антропогенные очаги загрязнения как основа глобального экологического кризиса. Симферополь: Таврия, 1990. – 234 с.
14. Д. В. Наркович. Элементный состав волос детей как индикатор природно-техногенной обстановки территории: на примере Томской области. Диссертация ТПУ, 2012. - 136 с.
15. Д.А. Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н. Роева. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов. 2000.
16. Джек Вейнберг. Ртутное загрязнение - введение в проблему для НПО. - IPEN: Работаем вместе во имя будущего без токсичных веществ. – 2010. – 146 с.
17. Дикопольская Н.Б., Салахиева Э., Святова Н.В., Ситдииков Ф.Г. Анализ содержания химических элементов в волосах девочек 16-17 лет, проживающих и обучающихся в районе г.Казани с развитой транспортной сетью // Вестник ТГГПУ, 2008. №15. С.67–72.
18. Домаренко В.А. Критерии ураноносности Западно-Сибирской плиты / В.А. Домаренко, Е.А. Воробьев, А.К. Мазуров, А.А. Новгородцев, Л.П. Рихванов // Уран: Ресурсы и производство: Тезисы второго Международного Симпозиума, г. Москва, 26-28 ноября 2008 г. – М.: ФГУП «ВИМС», 2008. – С.40–42.
19. Евсеева Н.С. География Томской области. (Природные условия и ресурсы) / Н.С. Евсеева. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2001. – 223 с.

20. Евстафьева И.А. Особенности функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем в связи с содержанием тяжелых металлов в организме подростков: дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 2003. – 130 с., Слюсаренко А.Е. Иммунологическая реактивность организма в различных условиях техногенного загрязнения среды тяжелыми металлами: дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 2003. – 157 с.
21. Ильченко И.Н. Обзор исследований по оценке воздействия ртути на население в постсоветских странах с использованием данных биомониторинга человека. ГБОУ ВПО "Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова". Минздрава России, 119992, Москва, 2015.
22. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 191 с.
23. Иоганзен Б.Г. Природа Томской области / Б.Г. Иоганзен. – Новосибирск, Западно-Сибирское изд-во, 1971. – С. 5–140.
24. Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков, Ю. И. Сухих и др. Экологогеохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения – г.Томск – 2006. – 216с.
25. Луковникова Л.В. и др. Оценка коллективного и персонифицированного риска здоровью лиц, подверженных химическому воздействию. Medline.Ru Том 19, Экспериментальная Токсикология, 4 Июня 2018. С. 431-442.
26. Микроэлементный состав волос населения как индикатор загрязнения природной и производственной сред. / Ю.Ф. Бабикова, В.В. Колесник, Н.П. Росляков и др. // Активационный анализ (методология и применение). – Ташкент: «ФАН», 1990. – С. 209 – 214.
27. Москвитина Н.С. Биологическое накопление химических элементов как показатель состояния среды / Н.С. Москвитина, Е.В. Кохонов, А.Д. Строителей // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в

- окружающей среде: Доклады 2 Международной научно–практической конференции, 16–18 октября 2002 г. – Семипалатинск, 2002. – С. 422–425.
28. ОВОС Конторовичского нефтяного месторождения. Проект. Том 1 инженерно-экологические изыскания. – Томск: ООО «Томскгеонефтегаз», 1999. –313с.]
29. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: Методические указания. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. - 56 с.
30. Очерки геохимии человека : монография / Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Т.Н. Игнатова и др. ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 378 с.
31. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
32. Позаченюк Е. А., Соцкова Л.М., Панин А.Г. Предгорная лесостепь.// Перспективы создания единой природоохранной сети Крыма. - Симферополь: Крымучпедгиз, 2002. – С. 121–131.
33. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии / Л.П. Рихванов. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
34. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.
35. Скальная, М.Г. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса: автореф. дисс. ... докт. мед. наук / М.Г. Скальная. – Москва. – 2005. – 42 с.
36. Сладкопевцев С.А. Экологические проблемы Западной Сибири / С.А. Сладкопевцев // Энергия. – 2006. – № 2. – С. 47–48.

37. Слюсаренко А.Е. Иммунологическая реактивность организма в различных условиях техногенного загрязнения среды тяжелыми металлами: дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 2003. – 157 с.
38. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование (дата введения 01.01.92).
39. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.
40. Томская область Электронный ресурс URL: https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/sfo/tomskaya_obl/ (дата обращения: 29.01.2020г.).
41. Томская область. Электронный ресурс URL: http://towiki.ru/view/Томская_область (дата обращения 30.01.2020г).
42. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. – Киев: Выща шк., 1990. – 232 с., Казначеев С.В. Воздействие ртути и ее соединений на организм человека в экологических системах / С.В. Казначеев, В.Д. Дарянин // Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах: Аналитический обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1989. – Ч. II: Процессы биоаккумуляции и экотоксикологии. – С. 122–146.
43. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», 2002.
44. Федеральный закон от 22.07.2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 2008.
45. Фролов А.В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда / А.В. Фролов, Т.Н. Балаева. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 751.
46. Циркон-ильменитовые россыпные месторождения – как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона / под ред. Е.Н. Трибунского. – Кемерово: Сарс, 2001. – 217 с.
47. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: учебное пособие / Ю.Г. Шестаков. – Красноярск: Изд –во Красноярского ун –та, 1988. – 208 с.

48. Шор Г.М. Оценить перспективы плитных комплексов платформ России на выявление комплексных месторождений урана на основе составления прогнозно-металлогенических карт в масштабах 1:5000000 для территории России и 1:2500 000 – для Русской платформы. Ураноносность чехлов платформ и наложенных впадин орогенов России (отчет) / Г.М. Шор, А.М. Афанасьев, В.Д. Алексеенко, Е.И. Гунченко и др. – С-Петербург, 1997.
49. Э. Я. Журавская., К. Ю. Николаев., Институт химической кинетики и горения СО РАН, Химический статус человека и эндотелиальная функция, г. Новосибирск, 2011.
50. Экологические проблемы Томской области: сборник дайджестов / Сост. Е. А. Сибирцева, В.Г. Белицина.- Томск: МИБС Вып. 2. – 2004.- 153 с. Электронный ресурс URL: <http://irbis.tomsk.ru/fulltxt/141838.pdf> (дата обращения: 19.03.2020г.).
51. Экологические проблемы Томской области: сборник дайджестов / Сост. Е. А. Сибирцева, В.Г. Белицина.- Томск: МИБС Вып. 2. – 2004.- 153 с. Электронный ресурс URL: <http://irbis.tomsk.ru/fulltxt/141838.pdf> (дата обращения: 29.01.2020г.).
52. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 1999 году / ред. А.М. Адам / Управление охраны окружающей среды и ОГУ «Облкомприрода» Адм. Томской области. – Томск: Дельтоплан, 2000. – 130 с.
53. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2002 году / ред. А.М. Адам / Управление охраны окружающей среды и ОГУ «Облкомприрода» Адм. Томской области. – Томск: Дельтоплан, 2003. – 156 с.
54. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2008 году / Авторы: Гл. ред. А.М. Адам, редкол.: В.А. Коняшкин, С.Н. Воробьев, Н.В.Горина; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода»

Администрации Том.обл. – Томск: Издательство «Оптимум», корректор – А.М. Немирович-Данченко, макет – М.В. Зубов, 2009. – 144 с.

55. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2011 году / Авторы: Гл. ред. А.М. Адам, редкол.: В.А. Коняшкин, А.В. Дмитриев, Ю.В. Лунева; Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: Издательство «Графика ДТП», 2012. – 166 с.

56. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения. / Под редакцией А.М. Адама. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – 260 с.

57. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих и др. – Томск, 2006. – 216 с.

58. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих и др. – Томск, 2006. – 216 с.

59. Язиков Е.Г. Геохимическая оценка почвенного покрова в районе Томского нефтехимического комбината / Е.Г. Язиков, С.А. Грязнов // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Материалы научн. конф. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – Т. 3. – С. 304–306.

60. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... докт. геол.-минер. наук. / Егор Григорьевич Язиков; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 423 с.

61. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... докт. геол.-минер. наук. / Егор Григорьевич Язиков; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 423 с.

62. Björnberg et al. Transport of methylmercury and inorganic mercury to the fetus and breast-fed infant. *Environ Health Perspect.* 2005 Oct; 113(10):1381-5.

63. Diane L.Wright et al. Hair mercury concentrations and in vitro fertilization (IVF) outcomes among women from a fertility clinic // *Reproductive Toxicology.* – 2015. – Vol. 51. – P. 125-132.

64. E Hać et al. Total mercury in human renal cortex, liver, cerebellum and hair // *Science of The Total Environment*. – 2000. – Vol. 248. - P. 37-43.
65. *Elemental Analysis of Biological Materials. Current problems and techniques. With special reference to trace elements.* IAEA, Vienna, 1980. – 383p.
66. *Essentials of Medical geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health / edited - in - Chief: Olle Selinus* – Elsevier Academic Press, 2005 – 812 p.
67. H.Fakour et al. Mercury exposure assessment in Iranian women's hair of a port town with respect to fish consumption and amalgam fillings // *Science of The Total Environment*. – 2010. – Vol. 408. – P. 1538-1543.
68. Ingrid Kvestad et al. Fatty fish, hair mercury and cognitive function in Norwegian preschool children: Results from the randomized controlled trial FINS-KIDS // *Environment International*. – 2018. – Vol. 121. – P. 1098-1105.
69. Jin-LingLiu et al. Mercury contamination in fish and human hair from Hainan Island, South China Sea: Implication for human exposure // *Environmental Research*. – 2014. – Vol. 135. – P. 42-47.
70. Kleber Faial et al. Mercury levels assessment in hair of riverside inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: Fish consumption as a possible route of exposure // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2015. – Vol. 30. – P. 66-76.
71. L.Holsbeek et al. Mercury in human hair and relation to fish consumption in Bangladesh // *Science of The Total Environment*. – 1996. – Vol. 186. – P. 181-188.
72. LidiaMínguez-Alarcón et al. Hair mercury (Hg) levels, fish consumption and semen parameters among men attending a fertility center // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. – 2018. – Vol. 221. – P. 174-182.
73. Lynda Knobloch et al. Fish consumption, advisory awareness, and hair mercury levels among women of childbearing age // *Environmental Research*. – 2005. – Vol. 97. – P. 220-227.

74. Marcin Mikulewicz, Katarzyna Chojnacka, Thomas Gedrange, Henryk Górecki. Reference values of elements in human hair: A systematic review // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. - 2013.
75. Marta Marcinek-Jacel et al. The impact of demographic factors, behaviors and environmental exposure to mercury content in the hair of the population living in the region of Lodz (central Poland) // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2017. – Vol. 55. – P. 196-201.
76. Mercury in the Environment and Water Supply. Электронный ресурс URL: https://people.uwec.edu/piercech/Hg/mercury_water/cycling.htm (дата обращения: 15.04.2020г.).
77. Mineshi Sakamoto et al. Implications of mercury concentrations in umbilical cord tissue in relation to maternal hair segments as biomarkers for prenatal exposure to methylmercury // *Environmental Research*. – 2016. – Vol. - P. 282-287.
78. Minjuan Huang et al. Mercury levels in road dust and household TSP/PM2.5 related to concentrations in hair in Guangzhou, China // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2012. – Vol. 81. - P. 27-35.
79. Nozomi Tatsuta et al. Total mercury levels in hair of children aged 7 years before and after the Great East Japan Earthquake // *Science of The Total Environment*. – 2017. – Vol. - P. 207-211.
80. Olaf Malm et al. Sequential hair mercury in mothers and children from a traditional riverine population of the Rio Tapajós, Amazonia: Seasonal changes // *Environmental Research*. – 2010. – Vol. 110. – P. 705-709.
81. Pedro García-Forte et al. Toxic elements in hair and in vitro fertilization outcomes: A prospective cohort study // *Reproductive Toxicology*. – 2018. – Vol. 77. – P. 43-52.
82. Qin Jia et al. Mercury in soil, vegetable and human hair in a typical mining area in China: Implication for human exposure // *Journal of Environmental Sciences*. – 2018. – Vol. 68. – P. 73-82.

83. Sergi Díez et al. Determinants of exposure to mercury in hair from inhabitants of the largest mercury mine in the world // *Chemosphere*. – 2011. – Vol. 84. – P. 571-577.
84. Tuija Leino, Martin Lodenius. Human hair mercury levels in Tucuruí area, State of Pará, Brazil // *Science of The Total Environment*. – 1995. – Vol. 175. – P. 119-125.
85. VicentYusà et al. Biomonitoring of mercury in hair of breastfeeding mothers living in the Valencian Region (Spain). Levels and predictors of exposure // *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 187. – P. 106-113.
86. Xiaojie LIU et al. Mercury concentration in hair samples from Chinese people in coastal cities // *Journal of Environmental Sciences*. – 2008. – Vol. 20. – P. 1258-1262.
87. Zohreh Salehi, Abbas Esmaili-Sari. Hair mercury levels in pregnant women in Mahshahr, Iran: Fish consumption as a determinant of exposure // *Science of The Total Environment*. – 2010. – Vol. 408. – P. 4848-4854.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Role of ecological factors in formation of elemental composition of hair of the population

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Бу Тхи Тху Ван		

Руководитель ВКР Отделения геологии ИШПР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н. В.	д.б.н., доцент		

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина А. А.	к.ф.н, доцент		

CHAPTER 3. MATERIALS AND RESEARCH METHODS

3.1. Research area

In this dissertation, the hair samples were collected in some areas of the Tomsk region in 2014 and in Tomsk city in 2018. In addition, to analyze the impact of region factor based on mercury content in hair, 5 hair samples of Vietnamese students (5 Vietnamese girls) studying in TPU in the period 2018 - 2019 were collected.

The number of samples in different cities (towns) is presented in the table 3.1. The location of these cities is shown in figure 3.1.

Table 3.1 - The number of samples collected in the Tomsk region

Year	City (town)	Number of samples	Analytic methods
2014	Samus	4	ICP-MS
	Naumovka	3	
	Kuzovlevo	2	
	Zonalny	1	
	Kopylovo	1	
	Tomsk	19	
2018	Tomsk	42	INAA
2019	Tomsk	5	Atomic absorption method

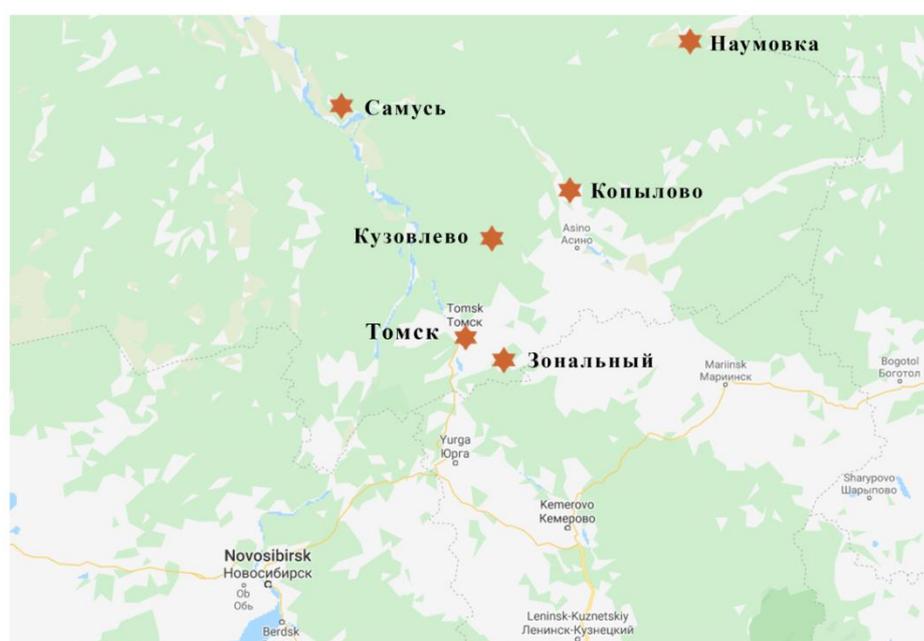


Figure 3.1 - Map of hair sampling locations in the Tomsk region

3.2. Sampling and sample preparation

The methods of hair sampling and their preliminary preparation were carried out in accordance with the recommendations of the IAEA [65].

The hairs were cut off with stainless steel scissors, the cutting points are closed to the root at five points on the head. The sample mass was controlled from 200 to 500 mg. Then the samples were placed in plastic bags and delivered to the laboratory. After hair collection, information of residence like: age, gender, full name, address, place of birth, as well as pathologies and chronic diseases history, was recorded.

Sample preparation was carried out in the laboratories of the International Innovation Scientific and Educational Center "Uranium Geology" of Tomsk Polytechnic University. To further determine the content of chemical elements in the hair by instrumental neutron-activation method, the samples were sheared into 0.3-0.5 cm segments with scissors with weight about 100 mg, packed in foil bags and sent to the laboratory.

To determine the mercury content in hair by atomic adsorption method, for convenience, the samples were grinded for further use. The sample weight should be about 25 mg, if the concentration of mercury is low, then it may be necessary to take a sample of more than 30 mg.

To prepare for analysis by ICP-MS, the hair is treated with acetone for 10-15 minutes, and then washed three times with deionized water. Hair was dried in room condition for 10 - 15 minutes. For long-term the sample was stored by covering by aluminium foil. The elemental composition of 30 samples (more than 60 chemical elements) was determined by the ICP-MS method (Inductively coupled plasma mass spectrometry) at LLC "Chemical Analytical Center "Plasma" (Tomsk).

3.3. Analytical methods

3.3.1. Instrumental neutron activation analysis

For a quantitative analysis of hair for the content of 28 chemical elements (Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U), we used the modern highly sensitive nuclear physics method of neutron activation analysis with thermal neutron irradiation.

The instrumental neutron activation analysis (INAA) technique was well developed and approved by the Scientific Council on Analytical Methods (NSAM) at VIMS and has been used by the laboratory for many years [9]. According to experts, this is one of the most effective methods for determining rare, rare earth, radioactive and other elements in biological media; its implementation does not require specific chemical decomposition, leading to the loss of elements.

The advantage of INAA is the absence of complex sample preparation of samples before measurements, which ensures the purity of measurements. This analysis provides the ability to analyze small batches (100 - 400 mg) depending on the nature of the material, in particular, 100 mg is sufficient for the analysis of hair samples; provides quantitative determination of many elements from a single sample; practically eliminates the dependence of the results of determinations on the chemical properties of the elements [32]. The disadvantages include the need for facilities for the “cooling” of irradiated samples and for performing radiochemical and measuring operations.

After preparation, Neutron irradiation of samples of biological objects was carried out in the active zone of a 6-megawatt nuclear reactor at Tomsk Polytechnic University with a thermal neutron flux of $2.8 \cdot 10^{13}$ neutrons / cm⁻² /s⁻¹ for 5 h. Then samples were delivered to the laboratory of nuclear geochemical research methods of the department of geocology and geochemistry of Tomsk Polytechnic University, and the concentration of the elements is measured in the same laboratory.

3.3.2. Atomic absorption method

The mercury content in the hair samples was determined on the mercury analyzer “RA-915M” with the prefix “PIRO-915+” (figure 3.2) by the atomic absorption method. The measurement was conducted under the guidance of associate professor N.A. Osipova in the microelement analysis laboratory of the International Innovation Scientific and Educational Center “Uranium Geology” of Tomsk Polytechnic University. To control the stability of the calibration characteristics of mercury measurements, the standard samples - birch leaf LB-1 (GSO 8923-2007) with mercury content 37 mg / g, were used. The boundaries of the relative measurement error with the number of observations ($n = 2$) and with a sample weight of more than 25 mg are 12%. The detection limit for mercury is 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$.



Figure 3.2 - The mercury analyzer "RA-915+" with the pyrolytic prefix "PIRO-915+" [14]

3.3.3. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

The ICP-MS method combines the use of inductively coupled plasma as an ion source with a quadrupole mass spectrometer acting as a mass analyzer (filter) and a discrete dynode detector that is used to register individual ions and their flows. Inductively coupled plasma supported in a special burner is able to efficiently excite singly charged ions from the atoms of the introduced sample. Then, the ions are focused by the ion-optical system (separated from the polyatomic and isobaric ions in special models of devices) and enter the mass spectrometer analyzer, where they are separated by the ratio of mass to charge

(m/z). The corresponding ion flux is detected by the detector. The ions with a strictly defined (m/z) are passed through a mass spectrometer at each instant of time, which then fall into the detector for quantitative recording.

To achieve a wide dynamic range in modern ICP-MS devices, the double registration of signals is used: the pulse mode of one segment of the detector is used to count individual ions and the analog mode of another to record ion currents. Thus, modern ICP-MS devices are possible to determine the concentrations of the elements and individual isotopes at the level from hundredths of nanograms to hundredths of milligrams per liter ($0,0n \times 10^{-12} \dots n \times 10^{-2}\%$). The attainable detection limits, high sensitivity and selectivity of the ICP-MS method allow quantitatively determining in many biological and medical objects and materials up to 40 - 50 elements within 2 - 3 minutes (excluding sample preparation time).

To prepare samples of biosubstrates and preparations of amino acids and biologically active substances for analysis by the ICP-MS method, two decomposition methods are allowed:

- 1) acid dissolution in open vessels, without complete destruction of the organic matrix;
- 2) acid decomposition (“wet ashing”) using microwave sample preparation systems.

For measurements, the choices of isotopes for determining the concentration of elements are used that are most preferable in terms of a combination of characteristics.

Analytical signals are processed by the mass spectrometer software, based on the constructed linear calibration regressions calculated using the least squares method, taking into account the correction of the background signal of internal standards, and also taking into account the influence of isobaric and polyatomic spectral overlays. The result of determining each element is presented as the average of several (at least two) parallel measurements of the analyzed sample.

Processing of measurement results complies with GOST 8.207. The measurement results are displayed on the monitor, printed and/or saved as a file on the computer's hard drive [29].

3.4. Mathematical methods of research

Processing data was carried out by using the application programs Excel and Statistica 8.0.

The scattering of experimental data in some cases, for example, increases markedly due to changes in test conditions. If deviations from the norm are noted during the test, the results of these experiments should be excluded from further analysis. Sometimes the reason for sharp deviations of experimental data is not detected during the experiments, but the value of the obtained mechanical characteristics of individual samples is doubtful. In such cases, dubious results are eliminated by using special criteria. In this paper, to discard the extreme values in assessing whether the extreme maximum values belong to the sample population, the following criterion is used, calculated by the formula:

$$\tau = (X_{\max} - X_{\text{overage}}) / S, (1)$$

where X_{\max} - the maximum value,

X_{overage} - the average value,

S - the standard deviation, obtained by analyzing element samples (using descriptive statistics).

To recalculate these values, a number representing the "Account" for each territory is taken. According to reference materials (Shestakov, 1988) [47], τ will be 3,08 (number of samples: 42 - in the Tomsk city in 2018).

If τ is calculated $> \tau$ critical, the maximum value does not belong to the sample. X_{\max} is recalculated according to the formula 2:

$$X_{\max} = \tau * S + x, (2)$$

During statistical data processing, the following were determined: arithmetic mean, \pm standard error of the mean, geometric mean, median,

standard deviation, minimum - maximum content, asymmetry, excess, lower - upper quartile, coefficient of variation.

Each parameter is responsible for a specific characteristic of the studied population. The arithmetic mean value characterizes the center of distribution around which the bulk of the data is grouped, while it cannot give an objective characteristic of the entire series under study.

The median is a significantly important statistical parameter and is characterized by an approximate estimate of the average value. The median is the value that divides the series under study into two equal parts. Multimodality indicates that the data set does not obey the normal distribution. Since we are dealing with biogeochemical studies, the coefficient of variation, calculated on the basis of the mean and quadratic mean, is widely used:

$$V = S / \bar{x} * 100$$

The coefficient of variation characterizes the relative measure of deviation of the measured values from the arithmetic mean. This indicator allows classifying the studied geochemical fields according to their degree of variability (table 3.2).

Table 3.2 - Classification of the degree of variability of the geochemical field by the value of the coefficient of variation

Group	Nature of the geopoly	Coefficient of variation,%
1	Homogeneous	<39
2	Heterogeneous	40-79
3	Very heterogeneous	80-159
4	Extremely heterogeneous	>160

Assessment of the agreement of our empirical data with a hypothetical assumption regarding the theoretical distribution function was carried out using 3 criteria:

1. *Kolmogorov-Smirnov criterion:*

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{X_i \leq x},$$

where $I_{X_i \leq x}$ indicates whether the observation X_i fell in the region $(-\infty, x]$:

$$I_{X_i \leq x} = \begin{cases} 1, & X_i \leq x \\ 0, & X_i > x \end{cases}$$

2. *Pearson Chi-square criterion:*

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(h_i - h_{ti})^2}{h_{ti}},$$

where h_i is the absolute frequency of the values falling into it, h_{ti} is the theoretical frequency.

Both criteria were evaluated by the following significance level: non-significant ($p \geq 0.100$), weakly significant ($0.100 > p \geq 0.050$), statistically significant ($0.050 > p \geq 0.005$), highly significant ($0.005 > p \geq 0.0005$), highly significant ($0.0005 > p$).

3. *The criterion for distribution normality:*

The criterion for the distribution is the equality to zero of the asymmetry and excess indicators. However, often the estimates of these indicators (A and E) calculated for samples taken even from a normally distributed population can differ from zero. There is a need to determine whether the obtained values of A and E differ significantly from zero. If the sample is large enough ($n > 30$) and the ratio of the asymmetry indices A and kurtosis E to their standard errors is less than 3 ($YA \leq 3, YE \leq 3$), then the hypothesis of normal distribution is not rejected.

The condition for a normal distribution is the following inequalities:

$$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3; \quad \frac{E}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3.$$

where A is the Asymmetry, E is the Excess, and N is the number of the samples ($N = 42$).

The chemical elements in the hair have a normal distribution, provided that 2 criteria correspond to any condition.

Background and minimally abnormal contents of elements:

Local geochemical background (C_b) is determined by the average content of a chemical element within a homogeneous area, away from obvious anomalies.

Under the normal law of distribution, it will be equal to the arithmetic mean value.

Under the lognormal distribution law, the background is equal to the geometric mean: $C_b = 10\mu$, where μ is the arithmetic mean of the logarithms of the contents.

To identify abnormal areas, it is necessary to establish the values of the minimally anomalous content of elements (C_a). The practice of geochemical works (Instructions on geochemical methods, 1983) [22] established that it is advisable to take the “criterion of three standard deviations” ($3S$ or ε^3) as the lower value of the probable anomalies for single isolated points with a high content of elements:

for the normal law $C_a = C_b + 3S$;

for the lognormal law, $C_a = C_b \times \varepsilon^3$, where $\varepsilon = 10^{S/m}$ (standard factor); with $m = 9$, respectively

$$C_a = C_b + S;$$

$$C_a = C_b \times \varepsilon$$

For values of $m > 9$, the probability of the appearance of background contents as it approaches C_b tends to 50%.

To assess the significance level of the correlation relationship between the elements, critical values of the correlation coefficient were extracted using the tabular data. The value of the correlation coefficient was 0.7. The results of this analysis can be interpreted graphically, these are the so-called graph associations of chemical elements, which allows to more clearly assess the degree of

correlation between the studied components, and also allows to identify groups of elements more similar in terms of characteristics [10].

Using cluster analysis, the dendrograms of the correlation matrix were constructed. This analysis was used to break down the set of chemical elements for the object of study into the groups that are combined according to the principle of the highest value of the similarity measure (Pearson paired correlation coefficients r).

To conduct this analysis, a standardization (Z) of the entire sample was preliminarily carried out according to the following formula:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$$

Standardization is the calculation of several compared populations in order to exclude the influence of structures on the value of the studied indicator and to bring the data to a comparable form. This procedure allows us to compare the obtained indicators with those in the general population.

The union method was the Ward method. This method differs from all other methods because it uses the methods of analysis of variance to estimate the distances between the clusters [47].

As a measure of the proximity of trace elements $1-r$ Pearson was selected.

The graphical result of cluster analysis for the spectrum of chemical elements is presented in the form of a vertical dendrogram in which the symbolic designations of chemical elements are located on the abscissa axis, and the value $1 - r$ corresponding to each hierarchical level of grouping is located on the ordinate axis. In cluster analysis, there is a direct correlation between the studied chemical elements, which allows establishing the associations of elements and the nature of accumulation.

CHAPTER 4. STATISTICS PARAMETERS OF THE ELEMENTAL COMPOSITION IN THE HAIR OF THE INHABITANTS IN TOMSK

The results of the calculation of chemical elements with high values in human hair on the territory of the city Tomsk in 2018 are presented in table 4.1.

Table 4.1 - Chemical elements with high values (chemical element, maximum initial, maximum calculated) in human hair on the territory of the city Tomsk in 2018

Chemical elements	Maximum initial	Maximum calculated
Na	1773	1304

Fe	2318	2021
Co	6,20	4,86
Zn	1361	1088
Br	13,4	12,2
Rb	3,79	3,23
Sr	43,1	22,8
Sb	0,47	0,24
Cs	0,05	0,046
La	0,53	0,42
Sm	0,01	0,008
Tb	0,16	0,11
Yb	0,013	0,011
Lu	0,03	0,02
Hf	0,03	0,02
Ta	0,05	0,03
U	2,15	1,71

From 28 studied chemical elements, in Tomsk there are 17 highvalues.

In the course of the work, statistical parameters were calculated for the human hair of the territory under consideration: arithmetic mean, \pm standard error of the mean, median, standard deviation, minimum and maximum values, asymmetry, excess and coefficient of variation. The numerical characteristics of the content of elements (in mg/kg) in the human hair on the territory of Tomsk (in 2018) are given in table 4.2.

Table 4.2 - Statistical parameters of the distribution of element content (in mg/kg) in the human hair on the territory of Tomsk in 2018 (sample size (N) - 42 samples)

Элемент	\bar{X}_{arith}	\bar{X}_{geom}	M	Min	Max	S	A	E	V,%
Na	264 \pm 52	156	154	22,4	1773	338	3,09	11	128
Ca	1806 \pm 236	1183	1429	214	5899	1531	0,93	0,0	85

Fe	712±66	608	664	150	2318	425	1,78	4,5	60
Co	1,67±0,16	1,48	1,34	0,67	6,2	1,04	2,76	8,8	62
Zn	222±43	156	155	18,7	1361	281	3,5	12,2	126
As	0,13±0,01	0,12	0,13	0,06	0,24	0,05	0,56	-0,2	38
Br	2,66±0,48	1,51	1,29	0,29	13,4	3,11	1,92	3,4	117
Rb	0,60±0,13	0,31	0,15	0,06	3,79	0,85	2,29	4,9	142
Ag	0,35±0,05	0,18	0,27	0,03	1,21	0,35	1,13	0,2	99
Cs	0,01±0,002	0,00	0,01	0,001	0,05	0,01	1,48	1,8	121
Ba	8,59±0,89	5,90	7,73	0,15	22,1	5,74	0,41	-0,8	67
La	0,17±0,01	0,16	0,15	0,02	0,53	0,08	2,44	9,2	47
Ce	1,17±0,08	1,06	1,03	0,26	2,67	0,53	1,06	0,9	45
Nd	0,23±0,04	0,11	0,04	0,04	0,87	0,27	1,23	0,1	119
Eu	0,01±0,001	0,01	0,00	0,001	0,03	0,01	1,78	2,4	82
Tb	0,02±0,005	0,01	0,01	0,001	0,16	0,03	3,48	13,2	164
Lu	0,01±0,001	0,01	0,01	0,002	0,03	0,00	1,25	4,9	43
Au	0,04±0,008	0,02	0,02	0,003	0,2	0,05	1,74	2,0	126
U	0,87±0,04	0,84	0,82	0,47	2,15	0,27	2,83	11,5	32

Note: X_{arith} - arithmetic mean (\pm standard error of the mean), X_{geom} - geometric mean, M - median, Min - minimum content, Max - maximum content, S - standard deviation, A - asymmetry, E - excess, V,% - coefficient of variation.

The values of the variation coefficients show how homogeneous the sample is, i.e. how large is the dispersion of the chemical element compared to the average value. The results of the analysis of the homogeneity of epy geochemical fields in accordance with the coefficient of variation of the studied elements are presented in table 4.3.

Table 4.3 - The results of the distribution of chemical elements in groups in accordance with their coefficient of variation

Group	The nature of the geopoly	Name of elements
1	Homogeneous	As, U
2	Heterogeneous	Fe, Co, Ba, La, Ce, Lu,
3	Very heterogeneous	Na, Ca, Zn, Br, Rb, Ag, Cs, Nd, Eu, Au
4	Extremely heterogeneous	Tb

According to the calculated data of tables 4.1 - 4.3, in 2018, the heterogeneous and very heterogeneous nature of the geochemical field prevails in the human hair samples on the territory of Tomsk. Two elements characterize the homogeneous nature of the geochemical field - As, U. The Tb element is characterized by an extremely heterogeneous geo-chemical field.

The chemical elements in the hair have a normal distribution, provided that 2 criteria correspond to any condition. The results of calculation of 2 criteria of the study area are presented in table 4.4.

Table 4.4 - The result of testing statistical hypotheses of the distribution of a random variable in human hair on the territory of the Tomsk city by the parameters of asymmetry and excess

Chemical elements	Asymmetry (A)	Law Y_A	Excess (E)	Law Y_E
Na	3,09	8,18	11,0	14,5
Ca	0,927	2,45	0,03	0,05
Sc	-6,48	-17,2	42	55,6
Cr	-1,04	-2,74	-2,1	-2,78
Fe	1,78	4,7	4,5	5,96
Co	2,76	7,31	8,77	11,6
Zn	3,50	9,27	12,3	16,2

As	0,565	1,49	-0,21	-0,28
Br	1,92	5,08	3,35	4,43
Rb	2,29	6,07	4,91	6,5
Sr	6,48	17,2	42	55,6
Ag	1,13	3,00	0,235	0,31
Sb	6,48	17,2	42	55,6
Cs	1,48	3,92	1,83	2,42
Ba	0,41	1,09	-0,77	-1,02
La	2,44	6,46	9,25	12,2
Ce	1,07	2,82	0,92	1,22
Nd	1,23	3,26	0,07	0,09
Sm	5,91	15,6	36,5	48,3
Eu	1,78	4,71	2,42	3,20
Tb	3,48	9,21	13,2	17,5
Yb	2,71	7,17	7,28	9,63
Lu	1,25	3,32	4,91	6,50
Hf	3,50	9,27	12,7	16,8
Ta	3,25	8,59	13,0	17,2
Au	1,74	4,59	1,98	2,61
Th	1,67	4,42	2,97	3,93
U	2,83	7,49	11,5	15,2

According to the results of the two calculated criteria, the following chemical elements have a normal distribution law: Ca, Sc, Cr, As, Ag, Ba, Ce. The lognormal distribution law corresponds to Na, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, La, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U.