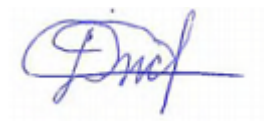


На правах рукописи



**Джамбаев Мерей Тлеуканович**

**ИНДИКАТОРНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА  
КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИИ ВЛИЯНИЯ  
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

03.02.08 – Экология (биология)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Томск – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

**Научный руководитель:** доктор биологических наук, доцент  
**Барановская Наталья Владимировна**

**Официальные оппоненты:**

**Безель Виктор Сергеевич**, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория экотоксикологии популяций и сообществ, главный научный сотрудник

**Сысо Александр Иванович**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, директор; лаборатория биогеохимии почв, заведующий лабораторией

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Уральский научно-практический центр радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства»

Защита состоится 04 декабря 2019 года в 10 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.10, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (корпус НИИ ББ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» [www.tsu.ru](http://www.tsu.ru).

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: <http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/JambayevMT04122019.html>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » октября 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Носков Юрий Александрович

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы исследования.** За период своего функционирования Семипалатинский испытательный полигон (СИП) оказал мощное техногенное влияние на биосферу путем загрязнения ее компонентов долгоживущими радионуклидами, тяжелыми металлами, нарушения естественных циклов миграции химических элементов в отдельных экосистемах. Для территорий, на которых происходит интенсивное изменение химизма экосистем вследствие воздействия радиохимического фактора, актуальным является использование комплексного подхода и выявление индикаторов, наиболее четко реагирующих на происходящие изменения [Криволицкий и др., 1988]. На сегодняшний день прошло около 30 лет со дня закрытия СИП. С учетом естественных процессов миграции и распада радионуклидов становится актуальной задача выявления индикаторов, достоверно указывающих на радиохимическое воздействие по следовым показателям.

Из числа ученых, занимавшихся проблемой экологической оценки как самой территории СИП, так и территорий за его пределами, можно отметить работы Ю. В. Дубасова, В. И. Булатова, В. А. Логачева, В. Н. Михайлова, К. И. Гордеева, В. В. Горина, А. Ф. Кобзева, Ю. С. Степанова, Я. Н. Шойхет, В. Б. Колядо, Б. И. Гусева, Л. П. Рихванова, С. Н. Лукашенко и других.

В последние годы учеными активно изучаются различные аспекты разработки методологии экологического нормирования воздействия ионизирующего излучения на живые организмы [Larsson, 2004 ; Howard, Larsson, 2008 ; Howard, Beresford, Andersson, 2008]. Отмечается, что концепция радиационной защиты должна включать не только человека, но и компоненты экосистемы [Алексахин, 2004 ; Казаков, 2004]. Современные исследования, проводимые на территории Семипалатинского полигона и за его пределами, направлены на изучение механизмов миграции, накопления элементов и их изотопов в отдельных средах [Voigt. и др., 2001 ; Kabdyrakova и др., 2018 ; Айдарханов, 2016 ; Larionova и др., 2018 ; Kakimov A. и др., 2016 ; Кожаханов, Лукашенко и др., 2016]. Особое внимание учеными уделяется вопросу накопления химических элементов в депонирующих органах, в частности костях человека [Yamamoto и др., 2006].

Актуальность нашего исследования определяется тем, что в настоящее время отсутствует полная количественная и качественная химическая характеристика элементного состава комплекса компонентов экосистемы территории, которые подвержены воздействию СИП, что является важной задачей оценки толерантности живых организмов к различным уровням радиационного риска.

**Степень разработанности темы исследования.** Территория, прилегающая к СИП, нормирована по уровням радиационного риска, установленным с учетом дозовых нагрузок на население, которое проживает на ней. Современная концепция радиационной защиты предполагает включение не только человека, но и компонентов экосистемы, территории его обитания. В этом контексте для территории, прилегающей к СИП, не существует оценочных уровней

элементного состава компонентов экосистемы, в том числе тканей человека.

**Цель работы** – выявление индикаторных свойств элементного состава компонентов экосистемы: почва, полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), солевые отложения питьевой воды, молоко и мышечная ткань крупного рогатого скота (КРС), кровь и волосы человека территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону.

В рамках этой цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить региональную специфику элементного состава компонентов экосистемы: почва, полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), солевые отложения питьевой воды, молоко и мышечная ткань крупного рогатого скота, кровь и волосы человека территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону.

2. Оценить содержание химических элементов в крови и волосах человека, проживающего в населенных пунктах с различным уровнем радиационного риска, согласно существующему нормированию.

3. Изучить микроминеральный состав сухого остатка крови человека, проживающего на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Региональная специфика территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону, отражается в накоплении Zn и U в составе компонентов экосистемы: почва, полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), солевые отложения питьевой воды, молоко и мышечная ткань крупного рогатого скота, кровь и волосы человека.

2. Показатели накопления химических элементов в крови и волосах человека имеют зависимость от дозовых нагрузок, установленных для территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону. В волосах человека, проживающего на территориях, расположенных на пути прохождения следов основных дозообразующих ядерных испытаний, накапливаются такие химические элементы, как U, Lu, Ce, La.

3. Матрица сухого остатка крови человека, проживающего на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону, состоит из O, Cl, K, Na, S, Si, Ca. Для сухого остатка крови человека, проживающего на территории с зоной чрезвычайного радиационного риска, характерны содержания микроминеральных фаз, представленных фосфатами редкоземельных элементов, таких как La, Ce, Nd, Sm.

**Научная новизна работы.**

1. Проведено комплексное изучение элементного состава компонентов экосистемы, в том числе биосубстратов человека, проживающего на территориях, прилегающих к бывшему Семипалатинскому испытательному полигону.

2. Выявлены закономерности корреляции уровней накопления химических элементов, в том числе редкоземельных и радиоактивных, в крови человека с уровнями дозовых нагрузок.

3. Впервые изучен микро-минеральный состав сухого остатка крови человека, проживающего на территориях, прилегающих к бывшему Семипалатинскому испытательному полигону

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В работе обоснованы доказательства влияния факторов антропогенеза на формирование элементного состава тканей организма человека; показаны закономерности изменения элементного состава волос и крови человека в зависимости от проживания в зонах прохождения следов взрывов при испытании ядерного оружия; представлена региональная специфика накопления химических элементов в компонентах экосистемы территории, прилегающей к СИП. Раскрыты особенности формирования микроминерального состава крови человека в условиях проживания под влиянием длительного радиохимического воздействия; изложены доказательства связи элементного состава крови с уровнем индивидуальных эффективных эквивалентных доз облучения.

Сформирована база данных по элементному составу компонентов экосистемы территории воздействия СИП. Предложен комплексный подход оценки экологической ситуации территории, подвергающейся радиохимическому фактору воздействия путем сравнения элементного состава тканей человека с дозовыми нагрузками территории (акт внедрения результатов научно-исследовательской работы в Научно-исследовательском институте радиационной медицины и экологии (НИИ РМиЭ) некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Семей» (г. Семей, Республика Казахстан) представлен в Приложении А).

Материалы работы частично использовались в реализации научных программ, направленных на современную оценку экологической ситуации территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону.

Полученные данные могут быть использованы в качестве учебного материала по дисциплинам «Экология», «Радиобиология», «Медицинская геология» и другим.

**Методология и методы исследования.** Выбор методологических подходов в целях эколого-геохимической оценки исследуемой территории основан на следующих принципах: 1) исследования выполняются комплексно и базируются на использовании литогеохимических, гидрогеохимических и биогеохимических методов ; 2) отбор различных компонентов экосистемы в исследуемых населенных пунктах осуществляется максимально сближенно во времени ; 3) отбор и подготовка компонентов экосистемы производится согласно стандартным методикам и нормативным документам. Использовались современные высокоточные методы анализа, качество которых проверялось как внешним так и внутренним контролем и путем сравнения с аттестованными стандартными образцами.

**Личный вклад автора.** Автор непосредственно участвовал в отборе и подготовке к анализу образцов почвы, полыни холодной (*Artemisia frigida* Willd.), солевых отложений питьевой воды, молока и мышечной ткани крупного рогатого скота, крови и волос человека; в аналитической обработке

полученных данных, в проведении литературного обзора и теоретическом осмыслении полученных результатов с учетом литературных данных, в формулировке защищаемых положений.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечена достаточным количеством проб, проанализированных в лабораториях, прошедших соответствующую аттестацию и аккредитацию. Анализ проб проводился с применением стандартных образцов сравнения. Относительная погрешность определения значительной части определяемых химических элементов не превышала 10–20 %.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XX, XXI, XXII, XXIII ежегодных Международных научных симпозиумах имени академика М. А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2016, 2017, 2018, 2019), V Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (Томск, 2016), XI, XII, XIII Международных научно-практических конференциях «Экология. Радиация. Здоровье» (Семей, Республика Казахстан, 2015, 2016, 2017), III международной школе-семинаре для молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах» (Тюмень, 2018), международной научно-практической конференции «Достижения радиобиологии – медицине (Челябинск, 2018), международной научной конференции «Радиобиология: Вызовы XXI века», посвященной 30-летию Института радиобиологии (Гомель, Республика Беларусь, 2017), международной научно-практической конференции «Современные инновационные подходы в модернизации медицинского образования, науки и практики» (Семей, Республика Казахстан, 2018).

**Публикации.** Основные результаты диссертационного исследования представлены в 16 публикациях, в том числе 3 статьи опубликованы в российских научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций (из них 1 статья – в российском научном журнале, входящем в международную базу данных Web of Science).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложения, изложена на 146 страницах, содержит 45 рисунков и 28 таблиц. Список литературы составляет 237 наименований, из которых 77 – на иностранном (английском) языке.

**Благодарности.** Автор выражает огромную благодарность научному руководителю профессору отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, доктору биологических наук, доценту Н. В. Барановской за поддержку и всестороннюю помощь в организации научно-исследовательских работ, проведенных в рамках подготовки диссертации. Отдельную благодарность автор выражает коллегам из Научно-исследовательского

института радиационной медицины и экологии некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Семей» (Республика Казахстан).

## **Основное содержание работы**

### **Глава 1. Современная эколого-геохимическая оценка территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону**

В главе приведена эколого-геохимическая характеристика исследуемой территории. Приведен характер техногенной нагрузки деятельности СИП на прилегающую территорию. Детально описан процесс радиоактивного загрязнения территории внутри полигона, и за его пределами во время проведения ядерных испытаний. Приведен ретроспективный анализ радиоэкологической ситуации на исследуемой территории [Грейб, 1994 ; Булатов, 1996 ; Дубасов и др., 1994 ; Гордеев, 1997 ; Логачев, 2000 ; Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана, 2010 ; Айдарханов, 2016 ; Kabdyrakova и др., 2018 ; Larionova и др., 2018 ; Торопов, 2018].

### **Глава 2. Элементный состав тканей человека как индикатор изменения экологической ситуации**

Важность и преимущество изучения элементного состава тканей человека в решении экологических задач отмечается рядом авторов [Ковальский, 1987 ; Жук, 1991 ; Авцын, 1991 ; Скальный, 2000 ; Ревич, 2005 ; Гичев, 2003 ; Сусликов и др., 2009 ; Вольфсон, 2015 ; Рихванов и др., 2011 ; Агаджанян, 2011 ; Барановская, 2015]. Одним из наиболее сложных по своему механизму воздействия на организм человека является ионизирующее излучение. Данный вопрос мало изучен, известно лишь то, что в волосах и крови человека, проживающего на территории, прилегающей к комплексу предприятий, в том числе предприятий ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), отмечается неравномерное накопление редкоземельных элементов [Барановская, 2003, 2015]. При этом остаются нерешенными ряд вопросов касательно порогов дозовых нагрузок, при которых происходит их накопление. Данный вопрос представляется актуальным при радиоэкологической оценке территории, находящейся под долговременным воздействием различных уровней дозовых нагрузок, каковой является территория, прилегающая к СИП.

### **Глава 3. Материалы и методика исследований**

Экспериментальная часть выполнялась с 2015 по 2018 гг. в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования Национального исследовательского Томского политехнического университета на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т (аналитик – старший научный сотрудник А. Ф. Судыко), а также в Международном инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология» в отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

**Объектами исследования** послужили компоненты экосистемы: почва ( $n=53$ ), полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.) ( $n=26$ ), солевые отложения питьевой воды ( $n=27$ ), мышечная ткань крупного рогатого скота (КРС) ( $n=16$ ) и молоко КРС ( $n=25$ ) (коров казахской белоголовой породы), а также биосубстраты человека: волосы ( $n=50$ ) и кровь ( $n=60$ ). Исследуемые населенные пункты – Бодене, Долонь, Канонерка, Новопокровка, Зенковка, Саржал, Медеу, Караул и Кокпекты (условно фоновая территория) Восточно-Казахстанской области – расположены на территории, прилегающей СИП. Пробоотбор проводился в жилых дворах. В каждом жилом дворе, вошедшем в наше исследование, по возможности отбирался весь комплекс исследуемых компонентов экосистемы. Главным критерием при выборе респондентов был юридически подтвержденный факт проживания на исследуемых территориях не менее 10 лет. Критерием исключения из группы исследования послужили факты наличия у респондентов органического поражения ЦНС, соматических заболеваний в стадии нарушения нормального функционирования отдельного органа, вирусного гепатита В и С в анамнезе. Возраст респондентов варьировал в пределах 30–50 лет. Средний возраст составил 40 лет. Всего было отобрано 60 респондентов, из них 32 женщины, 28 мужчин. Компоненты экосистемы отбирались на участках проживания респондентов. Количество каждого отбираемого компонента в одном населенном пункте варьировало от 5 до 10 проб. При отсутствии какого-нибудь компонента показания усреднялись по населенному пункту. На рисунке 1 отмечены территории, на которых был проведен пробоотбор компонентов экосистемы – населенные пункты с



различной дозой нагрузкой на население, а также пути прохождения основных следов дозообразующих ядерных и термоядерных испытаний.

Рисунок 1 – Обзорная схема размещения опробованных населенных пунктов по отношению к Семипалатинскому испытательному полигону

Исследуемые нами населенные пункты расположены на территории, нормированной по уровням радиационного риска

согласно Закону Республики Казахстан «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне» от 18.12.1992 № 1787-XII. Согласно установленным зонам радиационного риска, дозовые нагрузки населения, проживающего в исследуемых населенных пунктах, варьируют от 0,1 сЗв до свыше 100 сЗв.

**Методы исследований.** Элементный состав компонентов экосистемы определялся с помощью инструментального-нейтронно-активационного анализа (ИНАА). Изучение минеральных форм химических элементов в крови человека проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с приставкой EDS Bruker X@Flash 4010/5010. Контроль качества результатов анализа осуществлялся путем проведения параллельного анализа на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с приставкой EDS Bruker и Tescan Vega 3 SBU с приставками EDS фирмы Oxford, съемка в отраженных BSE и вторичных SE электронах.

#### **Глава 4. Региональная специфика элементного состава компонентов экосистемы территории влияния Семипалатинского испытательного полигона**

Изучен комплекс компонентов экосистемы (рисунок 2). Из рисунка видно, что в целом различные компоненты неравномерно накапливают химические элементы. Стоит отметить, что именно Zn и U имеют тенденцию концентрирования на данной территории во всех компонентах в сравнении с закономерностями, характерными для всех природных сред во Вселенной, при том, что каждый из компонентов характеризуется своей спецификой [Франк-Каменецкий, Надежин, 1986].

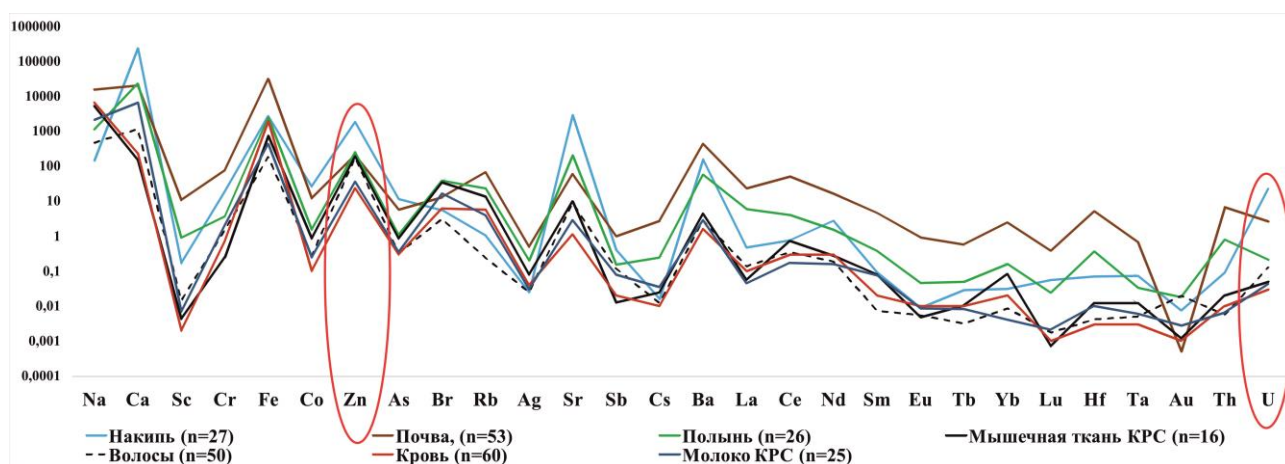


Рисунок 2 – Уровни накопления химических элементов в составе различных компонентов экосистемы территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону, мг/кг

В целях выявления региональной биогеохимической специфики нами были рассчитаны накопления химических элементов в составе изучаемых компонентов экосистемы. Нормирование проводили: для почв территории, прилегающей к СИП, относительно кларка по А. А. Ярошевскому [Ярошевский, 1990], для солевых отложений питьевой воды – относительно солевых отложений воды озера Байкал, вода которого принята как эталон чистой воды [Монголина, Соктоев и др., 2014], для крови человека – относительно данных по G. V. Iengar и др. [Iengar et al., 1978], для волос человека – относительно среднего

на территории Павлодарской области Республики Казахстан по данным Н. П. Корогод [Корогод, 2008], для полыни – относительно состава покрытосеменных видов растений по Н. J. М. Bowen [Bowen, 1966], для молока – относительно элементного состава организма млекопитающих по Н. J. М. Bowen [Bowen, 1966], для тканей животных – относительно мускульных тканей млекопитающих по Н. J. М. Bowen [Bowen, 1966] (таблица 1).

Таблица 1 – Биогеохимические ряды накопления химических элементов в компонентах экосистемы на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону

| Компонент экосистемы                                                                                                       | Биогеохимические ряды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Суммарный показатель накопления |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Почва                                                                                                                      | <b>Zn</b> <sub>3,4</sub> Na <sub>2,5</sub> <b>U</b> <sub>1,7</sub> Ca <sub>1,5</sub> Sc <sub>1,4</sub> Co <sub>1,3</sub> Cr <sub>1,3</sub> Lu <sub>1,1</sub> Sb <sub>1,1</sub> Th <sub>1,0</sub> Ce <sub>1,0</sub> Rb <sub>1,0</sub> As <sub>1,0</sub> Cs <sub>1,0</sub> Sm <sub>1,0</sub> Eu <sub>1,0</sub> Ba <sub>1,0</sub> Tb <sub>1,0</sub> Yb <sub>1,0</sub> Fe <sub>1,0</sub> Sr <sub>1,0</sub> | $Z_{\text{СПН}}=6,9$            |
| Накипь                                                                                                                     | <b>Zn</b> <sub>115</sub> Ta <sub>7,3</sub> <b>U</b> <sub>4,9</sub> Lu <sub>3,5</sub> Tb <sub>3,2</sub> Nd <sub>2,9</sub> As <sub>2,8</sub> Cr <sub>2,2</sub> Fe <sub>1,8</sub> Sr <sub>1,8</sub> Co <sub>1,5</sub> Eu <sub>1,1</sub> Sb <sub>1,1</sub> Ca <sub>1,0</sub>                                                                                                                               | $Z_{\text{СПН}}=137$            |
| Полынь холодная ( <i>Artemisia frigida</i> Willd.)                                                                         | Yb <sub>211</sub> , Sc <sub>111</sub> , Au <sub>81</sub> , La <sub>72</sub> , Sm <sub>69</sub> , Tb <sub>67</sub> , Fe <sub>18</sub> , Cr <sub>16</sub> , Sr <sub>8</sub> , <b>U</b> <sub>5,6</sub> As <sub>5,5</sub> Ba <sub>4,1</sub> Co <sub>3,2</sub> Ag <sub>2,6</sub> Sb <sub>2,6</sub> Br <sub>2,5</sub> Eu <sub>2,2</sub> <b>Zn</b> <sub>1,6</sub>                                             | $Z_{\text{СПН}}=665$            |
| Молоко                                                                                                                     | Cr <sub>13,6</sub> Ag <sub>4,9</sub> Br <sub>4,1</sub> Fe <sub>2,7</sub> <b>U</b> <sub>2,0</sub> As <sub>1,8</sub> Ba <sub>1,3</sub> Sc <sub>1,2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                 | $Z_{\text{СПН}}=24$             |
| Мышечная ткань животных                                                                                                    | Ag <sub>13,2</sub> Br <sub>8,7</sub> Fe <sub>4,6</sub> As <sub>4,2</sub> Co <sub>2,8</sub> <b>U</b> <sub>2,2</sub> Ba <sub>2,0</sub> Ce <sub>1,5</sub> <b>Zn</b> <sub>1,2</sub> Rb <sub>1,0</sub> Na <sub>1,0</sub>                                                                                                                                                                                    | $Z_{\text{СПН}}=32$             |
| Кровь человека                                                                                                             | Sr <sub>21,2</sub> As <sub>11,2</sub> Ba <sub>9,2</sub> <b>U</b> <sub>5,8</sub> Fe <sub>4,3</sub> Na <sub>3,1</sub> <b>Zn</b> <sub>3,1</sub> Ca <sub>2,7</sub> Th <sub>2,3</sub> Sb <sub>2,2</sub> Rb <sub>2,2</sub> Au <sub>1,5</sub> Br <sub>1,2</sub> Cs <sub>1,0</sub>                                                                                                                             | $Z_{\text{СПН}}=57$             |
| Волосы человека                                                                                                            | Fe <sub>14</sub> Co <sub>10</sub> Ce <sub>5</sub> Sc <sub>3</sub> Rb <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> La <sub>2</sub> <b>U</b> <sub>2</sub> Lu <sub>1</sub> Ca <sub>1</sub> Ta <sub>1</sub> Au <sub>1</sub> <b>Zn</b> <sub>1</sub>                                                                                                                                                                         | $Z_{\text{СПН}}=34$             |
| Примечание: жирным шрифтом выделены химические элементы, имеющие общую специфику накопления для всех рассматриваемых сред. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |

Из таблицы видно, что общей чертой всех рассматриваемых компонентов экосистемы является накопление U. Кроме того, коэффициенты концентрации  $Zn \geq 1$  в составе почти всех рассматриваемых сред, за исключением молока. Суммарные показатели накопления химических элементов, концентрируемых  $\geq 1$ , максимальны для полыни и накипи, что говорит о том, что данные компоненты являются основными концентраторами химических элементов. Следующей средой, активно накапливающей химические элементы, является кровь человека. Далее следуют волосы человека и мышечная ткань животных. Для молока характерен минимальный показатель накопления, равный 24. Почва является средой, концентрирующей химические элементы в наименьшей степени. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее чувствительным компонентом, реагирующим на состояние окружающей среды накоплением химических элементов, является живой организм.

Специфика накопления Zn и U для почв данной территории на фоне общей химической загруженности приведена на рисунке 3. Так, при сравнении с почвой

Томской области (ТО) как территории со схожей техногенной нагрузкой, определенной воздействием ядерного техногенеза, а также с почвой Тюменского федерального заказника (ТФЗ), установленной нами как условно фоновой, было установлено, что элементный состав почв территории, прилегающей к СИП, и почв территории Томской области имеет схожую специфику, которая проявляется в более высоком содержании всех элементов, за исключением Au, по сравнению с территорией Тюменского федерального заказника [Боев, Барановская, 2018].

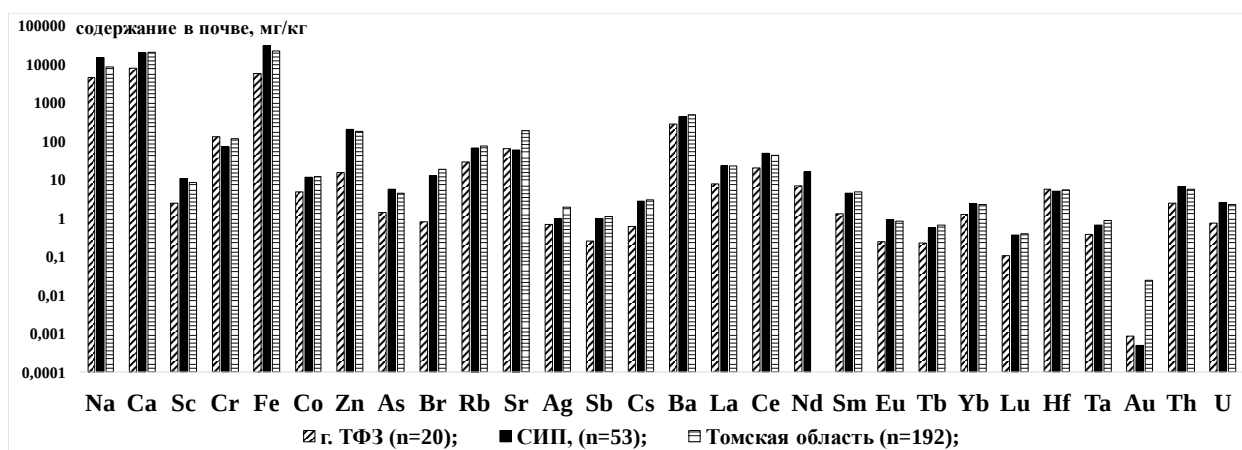
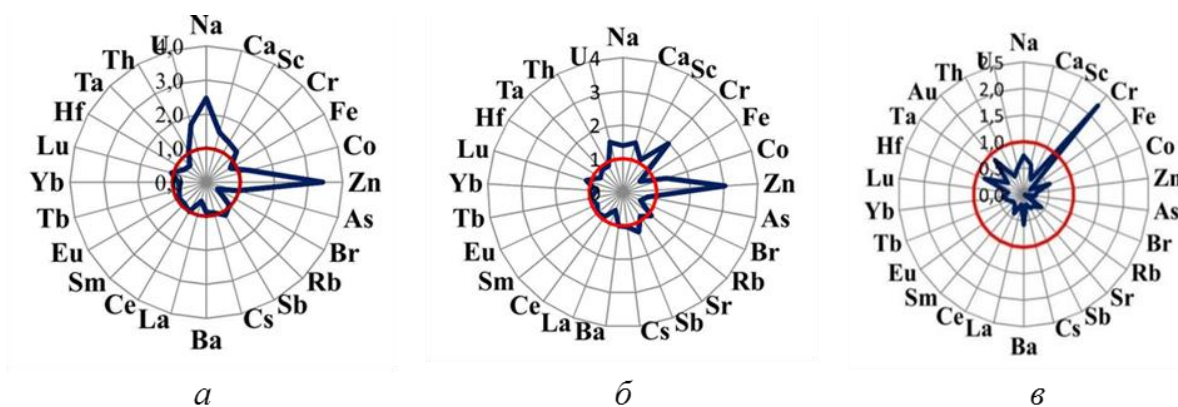


Рисунок 3 – Сравнительные данные содержания химических элементов в почвах локальных территорий, мг/кг

Проведен анализ нормированных показателей относительно кларковых содержаний химических элементов по А. А. Ярошевскому [Ярошевский, 1990] (рисунок 4).



*a* – территория, прилегающая к Семипалатинскому испытательному полигону;  
*б* – Томская область; *в* – Тюменский федеральный заказник

Рисунок 4 – Коэффициенты концентраций химических элементов в почвах территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону, относительно кларка по А. А. Ярошевскому [Ярошевский, 1990]

Из рисунка 4 видно, что для территорий воздействия ядерного техногенеза (предприятие ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината в Томской области и Территория СИП) характерно наличие схожей картины

накопления химических элементов, которая проявляется в концентрировании Zn, U, а также Na, Ca, Sc, Cr, Co, As, Sb, Lu.

В целях оценки изменчивости элементного состава почв исследуемой территории в зависимости от уровней дозовых нагрузок нами рассмотрены концентрации химических элементов в почвах различных зон радиационного риска, рассчитанных относительно кларка по А. А. Ярошевскому [Ярошевский, 1990]. Установлено, что для почвы зоны чрезвычайного радиационного риска характерно накопление Na, Sc, Zn и U (4 элемента), для почвы зоны максимального радиационного риска – Na, Ca, Sc, Cr, Co, Zn, Lu, Th и U (9 элементов). В почве зоны с повышенным уровнем радиационного риска накапливается максимальный спектр элементов, таких как Na, Ca, Sc, Cr, Co, Zn, As, Rb, Sb, Cs, Ce, Sm, Eu, Tb, Lu, Ta, Th и U (18 элементов). Специфика элементного состава почвы данной территории отражается в накоплении Rb, Ce, Sm, Tb, Ta. Для почвы зоны минимального радиационного риска характерно накопление Na, Ca, Sc, Cr, Co, Zn, As, Sr, Sb, Cs, Eu и U (12 элементов). Специфичным для почвы зоны минимального радиационного риска является накопление Sr.

Таким образом, региональная специфика территории, прилегающей к СИП, складывается из воздействия природно-техногенных факторов с общими элементами Zn и U. Региональная геохимическая специфика элементного состава почв территории, прилегающей к СИП, выражается в накоплении Na, Sc, Zn и U.

## **Глава 5. Отражение дозовых нагрузок на элементном составе тканей человека**

В сухом остатке крови жителей исследуемой территории были измерены концентрации 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. Полученный массив данных был подвергнут статистической обработке.

### **5.1. Сравнительная оценка элементного состава сухого остатка крови человека, проживающего в зонах разного уровня радиационного риска**

Изучен элементный состав сухого остатка крови человека, проживающего на территориях с различным уровнем радиационного риска, установленного для территорий, прилегающих к СИП. Установлено, что в составе сухого остатка крови жителей из зоны чрезвычайного радиационного риска по сравнению с составом сухого остатка крови жителей из зоны минимального радиационного риска содержания таких элементов, как Na, Ca, Cr, Fe, Co, Br, Cs, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Ta, имеют значимые уровни различия ( $p < 0,05$ ). В зонах максимального и повышенного радиационного риска в составе сухого остатка крови человека по сравнению с составом сухого остатка крови человека из зоны минимального радиационного риска значимые уровни различия имеют такие элементы, как Na, Fe, Br, Cs, Lu, Ta и Na, Ca, Co, Br, Au, U. Все значимые различия, за исключением содержания Fe, выражаются в сравнительно высоких содержаниях указанных химических элементов в сухом остатке крови жителей сравниваемых зон

радиационного риска по сравнению с таковыми в сухом остатке крови жителей зоны минимального радиационного риска. Содержания Fe в крови жителей зон чрезвычайного, максимального и повышенного радиационного риска сравнительно ниже, чем в сухом остатке крови жителей зоны минимального радиационного риска. Проведено сравнение элементного состава сухого остатка крови человека по аддитивному показателю – сумме содержания всех элементов, определяемых методом ИНАА (рисунок 5).



Рисунок 5 – Сравнение элементного состава сухого остатка крови населения, проживающего в зонах различного уровня радиационного риска, по суммарному показателю накопления

Из рисунка 5 видно, что сумма содержаний 28 химических элементов в сухом остатке крови человека, проживающего в зонах различного уровня радиационного риска, прямо пропорциональна дозам облучения человека сравниваемых территорий.

## 5.2. Сравнительная оценка элементного состава волос человека, проживающего в зонах разного уровня радиационного риска

Индиакторные свойства волос использованы для выявления специфики волос человека, проживающего на локальных территориях, нормированных по уровням дозовых нагрузок, а также расположенных на путях прохождения следов основных дозообразующих ядерных испытаний (таблица 5).

Таблица 5 – Населенные пункты по отношению к путям прохождения следов основных дозообразующих испытаний, проведенных на Семпалатинском испытательном полигоне

| Исследуемый населенный пункт | Дата испытания, образовавшего радиоактивные следы | Зона радиационного риска     |
|------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|
| Саржал                       | 12.08.1953 , 400 кт                               | чрезвычайного, свыше 100 сЗв |
| Бодене                       | 29.08.1949, 22 кт                                 |                              |
| Долонь                       | 29.08.1949, 22 кт                                 |                              |
| Караул                       | 12.08.1953 , 400 кт                               | максимального, 35–100 сЗв    |
| Медеу                        | 12.08.1953 , 400 кт                               |                              |
| Канонерка                    | 29.08.1949, 22 кт                                 | повышенного, 7–35 сЗв        |
| Новопокровка                 | Вне следа                                         |                              |
| Зенковка                     | Вне следа                                         |                              |
| Кокпекты                     | Вне следа                                         | минимального, 0,1–7 сЗв      |

На рисунке 6 представлены графики сравнения элементного состава волос жителей территорий, расположенных на путях прохождения следов основных дозообразующих испытаний, проведенных 29.08.1949 (а) и 12.08.1953 (б) с литературными данными, а также с элементным составом волос жителей расположенных вне следов (в).

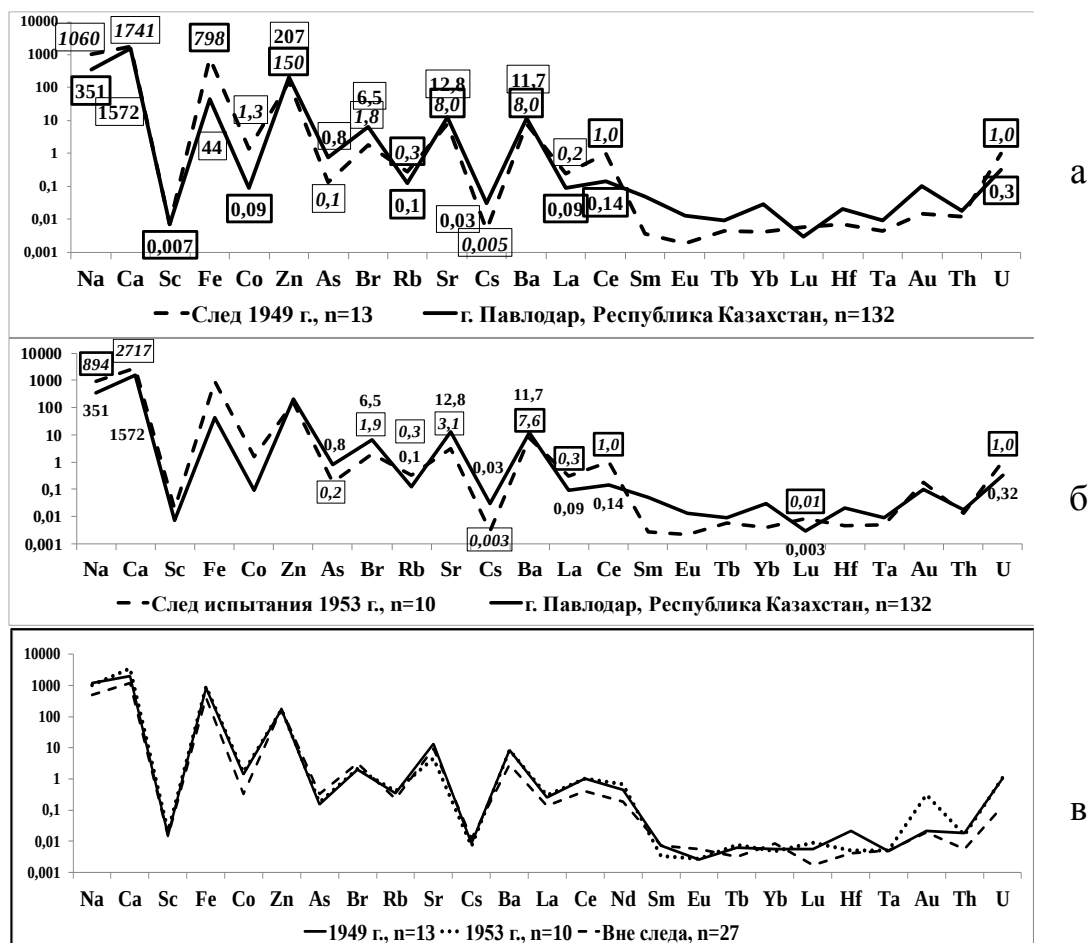


Рисунок 6 – Сравнение элементного состава волос жителей территорий, расположенных на путях прохождения следов основных дозообразующих испытаний со средними по г. Павлодар, Республика Казахстан (по данным Н.П. Корогод) [Корогод, 2008] и с элементным составом волос жителей расположенных вне следов, мг/кг,

Из графиков видно, что для элементного состава волос жителей населенных пунктов, расположенных на путях прохождения следов дозообразующих испытаний, проведенных 29.08.1949 и 12.08.1953 гг. характерны сравнительно высокие концентрации Na, Ca, Fe, Co, La, Ce, Lu, U и Na, Ca, Fe, Co, La, Ce, Lu, Au, U соответственно. Общей спецификой волос человека, проживающего на путях прохождения следов испытаний, проведенных 29.08.1949 и 12.08.1953, являются повышенные уровни накопления Na, Ca, Fe, Co, Ba, La, Ce, Nd, Lu, Th и U.

Биогеохимические ряды накопления химических элементов в волосах человека, проживающего на территориях, расположенных на путях

прохождения следов основных дозообразующих ядерных испытаний, проведенных 29.08.1949 и 12.08.1953, рассчитанных относительно среднего по территории г. Павлодар, Республики Казахстан (по данным Н. П. Корогод) [Корогод, 2008], показывают, что элементный состав волос жителей сравниваемых территорий имеет общую специфику, которая выражается в концентрировании таких элементов, как La, Ce, Lu и U. Кроме того, элементный состав данных территорий характеризуется сравнительно высокими значениями суммарного накопления химических элементов (таблица 6).

Таблица 6 – Биогеохимические ряды накопления химических элементов в волосах человека, проживающего на локальных территориях, расположенных на путях прохождения следов основных дозообразующих ядерных испытаний, проведенных 29.08.1949 и 12.08.1953

| На следе испытания                                                                                                              | Биогеохимические ряды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Суммарный показатель накопления |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 29.08.1949                                                                                                                      | Hf <sub>15,7</sub> <b>U</b> <sub>14,0</sub> Nd <sub>9,9</sub> <b>Lu</b> <sub>8,8</sub> Sr <sub>8,4</sub> Th <sub>8,3</sub> Sm <sub>8,0</sub> Na <sub>8,0</sub><br>Co <sub>7,6</sub> Sc <sub>6,6</sub> <b>Ce</b> <sub>6,5</sub> Tb <sub>6,2</sub> Fe <sub>6,1</sub> <b>La</b> <sub>5,9</sub> Ba <sub>5,5</sub> Cs <sub>5,4</sub> Rb <sub>4,9</sub> | $Z_{\text{СПН}} = 152,1$        |
| 12.08.1953                                                                                                                      | Au <sub>53,2</sub> <b>U</b> <sub>15,0</sub> <b>Lu</b> <sub>12,9</sub> Nd <sub>12,9</sub> Co <sub>9,3</sub> Sc <sub>8,4</sub> Ca <sub>8,2</sub> Tb <sub>7,9</sub> <b>La</b> <sub>7,2</sub><br>Th <sub>7,0</sub> Fe <sub>6,9</sub> <b>Ce</b> <sub>6,6</sub> Na <sub>6,3</sub> Rb <sub>6,0</sub> Ba <sub>4,9</sub>                                   | $Z_{\text{СПН}} = 197,6$        |
| Вне следа                                                                                                                       | Cs <sub>7,2</sub> Sm <sub>7,1</sub> Eu <sub>5,3</sub> Sc <sub>5,3</sub> As <sub>5,2</sub> Yb <sub>5,1</sub> Sr <sub>4,9</sub>                                                                                                                                                                                                                     | $Z_{\text{СПН}} = 90,4$         |
| Примечание: жирным шрифтом выделены химические элементы, имеющие общую специфику накопления для всех рассматриваемых территорий |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |

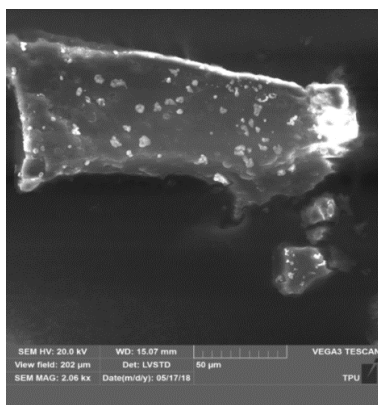
Таким образом, изучен элементный состав волос человека, проживающего на локальных территориях со сложной радиоэкологической обстановкой, обусловленной радиоактивным загрязнением в результате проведения испытаний на СИП. Выявлено, что волосы человека, проживающего на локальных территориях, расположенных на путях прохождения следов основных дозообразующих ядерных испытаний, проведенных 29.08.1949 и 12.08.1953, имеют общую специфику накопления La, Ce, Lu, U.

## Глава 6. Микроминеральный состав сухого остатка крови человека, проживающего на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону

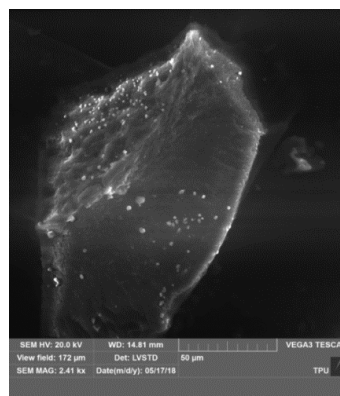
Изучен микроминеральный состав сухого остатка крови жителей населенных пунктов, расположенных на территориях, прилегающих к СИП. В результате обнаружены микроминеральные фазы, которые расположены как на ровной поверхности, так и на участке разлома образца сухого остатка крови (рисунок 7, а, б).

Плотный характер размещения обнаруженных микрофаз, именно на участке разлома, дает возможность судить об их природной приуроченности к сухому остатку крови человека. Всего было изучено 30 порошковых образцов

сухой крови, по 5 образцов в каждом населенном пункте. В отдельных образцах крови рассматривалось от 15 до 30 микрофаз, размерностью от 1-3мк. В результате было проведено 501 определение на 30 образцах крови человека.



а). Изображение поверхности образца, наблюдение при 20.0 кВ, детектор LVSTD



б). Изображение участка разлома образца, наблюдение при 20.0 кВ, детектор LVSTD

Рисунок 7 – Пространственное распределение микро-минеральных фаз в образце сухого остатка крови человека, проживающего на территории, прилегающей к бывшему Семипалатинскому испытательному полигону

Состав матрицы сухого остатка крови человека определялся путем проведения площадного картирования. На рисунке 8 а, б представлены результаты площадного картирования участка обнаружения микроминеральной фазы, обнаруженной в сухом остатке крови человека, проживающего в чрезвычайной зоне радиационного риска.

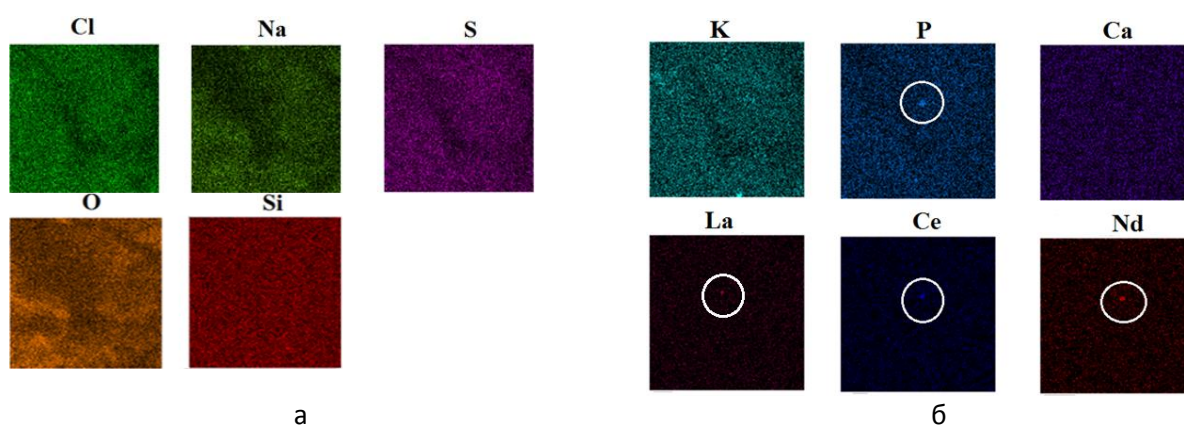


Рисунок 8 – Площадное картирование матрицы сухого остатка крови человека, проживающего в зоне чрезвычайного радиационного риска (ЭЭД свыше 100 сЗв)

Как видно из рисунка 6.2 а, б, идентификационные цвета таких элементов, как Cl, Na, S, O, Si, K, Ca, распределены равномерно по участку проведения картирования, в то время как идентификационные цвета P, Ce, Nd имеют ярко выраженные ореолы на участке размещения микрофазы (рисунок 6.2 б).

В целях установления регионального фактора формирования микроминерального состава крови, обусловленного спецификой техногенного

воздействия изучен микроминеральный состав сухого остатка крови жителей разных зон радиационного риска.

На рисунке 9 а, б представлены снимки микроминеральных частиц и их энергодисперсионные спектры, которые отличались наибольшей встречаемостью в составе сухого остатка крови жителей чрезвычайной и максимальной зон радиационного риска, с установленными эффективными эквивалентными дозами облучения населения свыше 100 сЗв и от 35 до 100 сЗв и соответственно.

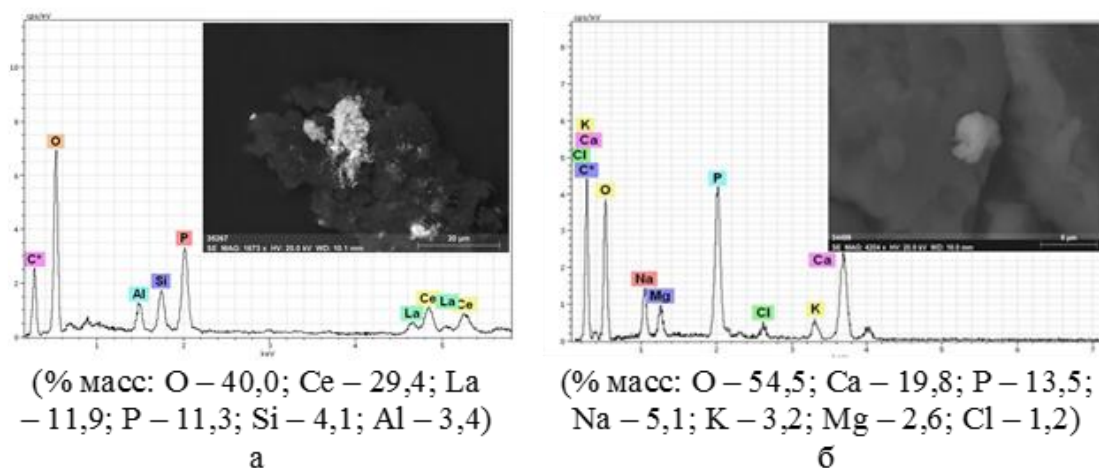


Рисунок 9 – Снимки и энергодисперсионные спектры микроминеральных фаз, характерных для сухого остатка крови жителей чрезвычайной (а) и максимальной (б) зон радиационного риска.

На рисунке 10 представлен график сравнения элементного состава микроминеральных фаз, обнаруженных в сухом остатке крови человека, проживающего на территориях с различным уровнем дозовой нагрузки.

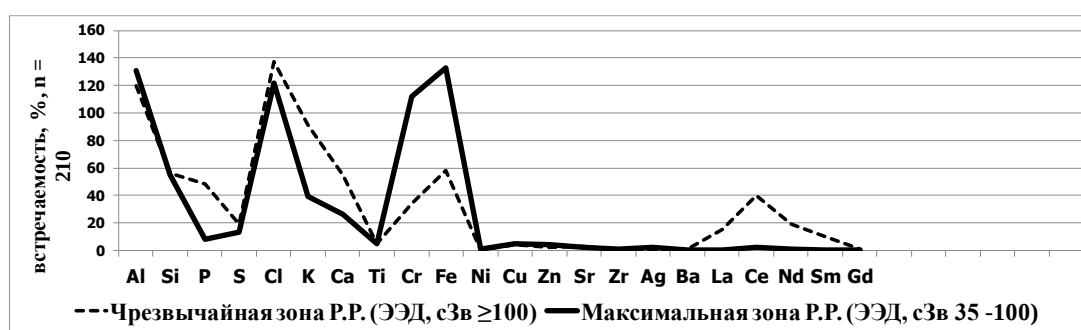


Рисунок 10 – Встречаемость химических элементов в составе микроминеральных фаз, обнаруженных в сухом остатке крови жителей локальных территорий с различным уровнем эффективной эквивалентной дозой облучения, n = 210

Как видно из рисунка, для территории чрезвычайной зоны радиационного риска характерны сравнительно высокие встречаемости P, La, Ce, Nd, Sm, Na, Cl, K, Ca и сравнительно низкие встречаемости Cr и Fe. (рисунок 10).

Таким образом, в результате исследований выявлено, что матрица сухого образца крови человека, проживающего на территории, прилегающей к СИП, состоит из структурных элементов, таких как O, Cl, K, Na, S, Si, Ca.

Для состава сухого остатка крови человека, проживающего в зоне чрезвычайного радиационного риска, характерна высокая встречаемость микроминеральных соединений в форме фосфатов редкоземельных элементов.

Микроминеральный состав крови человека, проживающего в зоне максимального радиационного риска, главным образом представлен соединениями K–Cl и другими структурными элементами, такими как Fe, Ca, Na, Mg, Cr и Al.

### Список сокращений

СИП – Семипалатинский испытательный полигон, КРС – Крупный рогатый скот, НИИ РМиЭ – Научно-исследовательский институт Радиационной медицины и экологии, ВАК – Высшая Аттестационная Комиссия, ЯТЦ – ядерно-топливный цикл, ИРТ-Т – Исследовательский реактор тепловой-Томский, ЦНС – центральная нервная система, ИНАА – Инструментальный нейтронно-активационный анализ, СПН – суммарный показатель накопления, ТО – Томская область, ТФЗ – Тюменский федеральный заказник.

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученое степени доктора наук:*

1. **Джамбаев М. Т.** Особенности элементного состава крови человека в условиях проживания на территориях с различной дозовой нагрузкой / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, А. В. Липихина // Самарский научный вестник. – 2018. – Т. 7, № 1 (22). – С. 31–37. – 0,38 / 0,12 а.л.

2. **Джамбаев М. Т.** Индивидуальные эффективные эквивалентные дозы облучения и элементный состав крови человека / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, А. В. Липихина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 167–174. – DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00013. – 0,46 / 0,15 а.л.

3. **Джамбаев М. Т.** Индикаторы ядерного техногенеза на примере территории, прилегающей к бывшему Семипалатинскому испытательному полигону / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, А. В. Липихина, В. В. Боев, М. К. Райымкулова, З. С. Апсаликова, А. Ф. Судыко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 4. – С. 217–229. – DOI: 10.18799/24131830/2019/4/236. – 0,56 / 0,08 а.л.

*Web of Science:* **Jambayev M. T.** Indicators of nuclear technogenesis on the example of the territories adjacent to the former Semipalatinsk test site / M. T. Jambayev, N. V. Baranovskaya, A. V. Lipikhina, V. V. Boev, M. K. Raiymkulova, Z. S. Apsalikova, A. F. Sudyko // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University – Geo Assets Engineering. – 2019. – Vol. 330, is. 4. – P. 217–229.

*Публикации в прочих научных изданиях:*

4. Жаскайрат Д. Ж. Ретроспективная оценка содержания радионуклидов в растительности села Долонь Бескарагайского района Восточно-Казахстанской области / Д. Ж. Жаскайрат, **М. Т. Джамбаев**, Ю. Ю. Брайт, В. В. Колбин, О. В. Пивоварова // Экология. Радиация. Здоровье : сборник тезисов XI Международной научно-практической конференции. Семей, Казахстан, 28–29 августа 2015 г. – Семей, 2015. – С. 21. – 0,06 / 0,01 а.л.

5. **Джамбаев М. Т.** Элементарный состав крови человека как индикатор изменения состояния окружающей среды / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, А. Е. Мансарина // Экология. Радиация. Здоровье : сборник тезисов XII Международной научно-практической конференции, посвященной академику Б. Атчабарову и 25-летию закрытия Семипалатинского испытательного ядерного полигона. Семей, Казахстан, 28–29 августа 2016 г. – Семей, 2015. – С. 34. – 0,06 / 0,02 а.л.

6. **Джамбаев М. Т.** Уран в питьевой воде и крови человека в зоне влияния Семипалатинского ядерного полигона / М. Т. Джамбаев, Ш. Б. Жакупова, Ю. Ю. Брайт // Проблемы геологии и освоения недр : труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. Томск, 04–08 апреля 2016 г. – Томск, 2016. – Т. 2. – С. 122–124. – 0,13 / 0,04 а.л.

7. **Джамбаев М. Т.** В поисках индикаторов влияния Семипалатинского ядерного полигона на прилегающие территории // М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, Л. В. Жорняк // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы V Международной конференции. Томск, 13–16 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 200–204. – 0,19 / 0,06 а.л.

8. Апсаликова З. С. Региональные особенности содержания элементов в продуктах питания, произведенных в различных зонах радиационного риска Семипалатинского испытательного ядерного полигона / З. С. Апсаликова, **М. Т. Джамбаев**, Ш. Б. Жакупова, Ю. Ю. Брайт // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. Томск, 03–07 апреля 2017 г. – Томск, 2017. – Т. 1. – С. 694–696. – 0,13 / 0,03 а.л.

9. **Джамбаев М. Т.** Медико-демографические аспекты последствий радиационного загрязнения территории, прилегающей к бывшему Семипалатинскому ядерному полигону / М. Т. Джамбаев, Ш. Серикканова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. Томск, 03–07 апреля 2017 г. – Томск, 2017. – Т. 1. – С. 728–730. – 0,13 / 0,06 а.л.

10. **Джамбаев М. Т.** Элементарный состав волос человека как индикатор изменения состояния окружающей среды / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская, А. Е. Мансарина, А. К. Жармухамбетова // Экология. Радиация. Здоровье : сборник тезисов XIII Международной научно-практической конференции имени

академика Б. Атчабарова. Семей, Республика Казахстан, 28–29 августа 2017 г. – Семей, 2017. – С. 39. – 0,06 / 0,02 а.л.

11. Липихина А. В. Радиационное загрязнение почв в городе Усть-Каменогорск, сформированное деятельностью Семипалатинского испытательного ядерного полигона / А. В. Липихина, Ш. Б. Жакупова, **М. Т. Джамбаев** // Экология. Радиация. Здоровье : сборник тезисов XIII Международной научно-практической конференции имени академика Б. Атчабарова. Семей, Республика Казахстан, 28–29 августа 2017 г. – Семей, 2017. – С. 110. – 0,06 / 0,02 а.л.

12. **Джамбаев М. Т.** Индикаторные свойства крови человека при радиоэкологической оценке территорий / М. Т. Джамбаев, Н. В. Барановская // Радиобиология: Вызовы XXI века : материалы международной научной конференции, посвященной 30-летию института радиобиологии. Гомель, 27–30 сентября 2017 г. – Гомель, 2017. – С. 61–64. – 0,19 / 0,06 а.л.

13. **Джамбаев М. Т.** Минеролого-геохимический состав крови жителей территорий с различной дозовой нагрузкой / М. Т. Джамбаев, Ю. Ю. Брайт // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В. А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. Томск, 02–07 апреля 2018 г. – Томск, 2018. – Т. 1. – С. 774–776. – 0,13 / 0,06 а.л.

14. **Jambaev M. T.** The use of mineral and elemental composition of human blood in ecology / М. Т. Jambaev, I. A. Pashkevich // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В. А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. Томск, 02–07 апреля 2018 г. – Томск, 2018. – Т. 2. – С. 860–861. – 0,13 / 0,06 а.л.

15. **Джамбаев М. Т.** Изменение элементного состава почв и крови жителей территорий с неравномерной дозовой нагрузкой (на примере локальных территорий, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону) / М. Т. Джамбаев // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах : материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей. Тюмень, 23–28 апреля 2018 г. – Тюмень, 2018. – С. 223–227. – 0,19 а.л.

16. Барановская Н. В. Элементный состав крови населения некоторых районов Казахстана с различным уровнем техногенной нагрузки / Н. В. Барановская, **М. Т. Джамбаев**, А. Е. Мансарина // Наука и здравоохранение. – 2018. – № 6 (спец. выпуск) : материалы Международной научно-практической конференции «Современные инновационные подходы в модернизации медицинского образования, науки и практики», посвященной 65-летию медицинского университета Семей. Семей, Республика Казахстан, 01–02 ноября 2018 г. – С. 112–113. – 0,06 / 0,02 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.  
Отпечатано на участке цифровой печати  
Издательского Дома Томского государственного университета  
Заказ № 6031 от «03» октября 2019 г. Тираж 100 экз.  
г. Томск Московский тр.8 тел. 53-15-28