

На рисунке 1 представлены микрофотографии и спектры некоторых частиц, обнаруженных в выбранных для исследования образцах крови жителей н.п Зырянское, Наумовка и Аргаяш. Структура частиц разнородная. Для пробы крови жителя п. Зырянское Томского района состав обнаруженных частиц имеет преимущественно галоидную природу. Определены гидрогалит, сильвин, псевдокотуннит с микровключениями циркона (рис. 1, спектр 1), имеются примеси Al, P. Содержание редкоземельных элементов в повышенных количествах на территории Зырянского района подтверждается данными по изучению состава волос населения [1, 11].

Среди микроминералов в сухом веществе крови жителя п. Наумовка Томского района обнаружены: сильвин, мусковит, анортотлаз, бунзенит, бухвальдит, марказит. В целом, состав более разнообразный, чем в пробе из п. Зырянское. Минеральный состав сухого вещества крови жителя п. Аргаяш Челябинской области включает в себя предположительно кристобалит, каолинит, изоклазит, канафит, брусит, то есть в основном силикаты и карбонаты с примесью алюминия, железистые и магний-содержащие минералы, также имеются включения Sr, Mn. Кровь детей п. Аргаяш Челябинской области содержит большее количество металлов (рис. 1, спектры 5 и 6) в сравнении с кровью детей Зырянского и Наумовского поселений Томской области. Это подтверждается и результатами ИНАА по элементному составу сухого остатка крови жителей Челябинской области (отмечаются высокие содержания следующих элементов - Sc, Fe, Cr, Zn, Br, Sb, Rb, Sr). Можно предположить, что на состав данной ткани оказывает значительное влияние имеющийся природный геохимический фон, поэтому кровь жителей Челябинской области в большей степени отражает особенности своего железорудного региона [10].

В результате исследования были получены первые данные о минеральном составе крови человека на выбранных территориях. Состав минеральных частиц различен и дифференцирован относительно места проживания людей. Именно эколого-геохимические особенности территории проживания, будь то природно- или техногенно-обусловленные, на наш взгляд, являются определяющим фактором при формировании микроминералов крови по результатам наших исследований. В целом можно отметить разнообразие в минеральном составе крови.

#### Литература

1. Барановская Н. В. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенно-измененных территорий: На примере южной части Томской области: Дисс. ... канд. биол. наук. - Томск, 2003г. - 209 с.
2. Биосовместимые материалы: Учебное пособие / Под ред. В.И. Севастьянова, М.П. Кирпичникова. - М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2011. - 544 с.
3. Булатов В.И. Россия радиоактивная. - Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. - 272 с.
4. Голованова О. А., Солодянкина А. А. Кристаллизация фосфатов кальция из растворов, моделирующих состав плазмы крови человека // Бултеровские сообщения, 2013. - Т. 36. - № 11. - С. 104 - 110.
5. Информационный портал Томскивест. [Электронный ресурс] URL: <http://www.tomskinvest.ru/zyrjanskij.html> (дата обращения 01.01.2018).
6. Ларионов П.М., Титов А.Т., Зайковский В.И. Бактериальная минерализация клапанов сердца человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. - № 9-4. - С. 655 - 660.
7. Mambo N.C., Silver M. D., Brunsdon D.F. Bacterial endocarditis of the mitral valve associated with annual calcification // Canadian Med. Assoc. Journal, 1978. - Vol. 119. - № 4. - P. 323 - 326.
8. Товики, описание города Томска и области. [Электронный ресурс] URL: <http://towi.ru/view/%D0%97%D1%8B%D1%80%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5> (дата обращения 01.01.2018).
9. Официальный сайт муниципального образования «Наумовское сельское поселение». [Электронный ресурс] URL: <http://naumovka.tomsk.ru/nature.html> (дата обращения 01.01.2018).
10. 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.
11. Швецова Д.В. Элементный состав волос детей Зырянского района Томской области // Проблемы геологии и освоения недр : труды XII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 100-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири и 90-летию создания Сибгеолкома в России / Томский политехнический университет (ТПУ), Институт геологии и нефтегазового дела (ИГНД). - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - С. 733-735

### **МИНЕРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКОЙ**

**<sup>1</sup>М.Т. Джамбаев, <sup>2</sup>Ю.Ю.Брайт**

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

**<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

**<sup>2</sup>Научный исследовательский институт радиационной медицины и экологии,  
г. Семей, Казахстан**

Применение биосубстратов человека для оценки состояния окружающей среды в условиях хронического воздействия предприятий атомной промышленности и испытательных полигонов ядерного оружия представляется преимущественным по ряду причин. Во первых, биосубстраты чутко реагируют на изменение состояния окружающей среды, в то время как в объектах окружающей среды не всегда удастся выявить загрязнение. Во

вторых, применение биосубстратов наряду с оценкой радиоэкологического состояния территории дает возможность выявить его взаимосвязь со здоровьем человека.

Как известно из многочисленных исследований в области медицинских наук, кровь человека обладает специфическим свойством отражения изменений, происходящих в организме человека в целом [2,5]. Это свойство крови человека успешно используется не только в практической медицине. Индикаторные свойства этого биосубстрата используются учеными в совершенно разных отраслях науки, таких как история, археология, криминалистика и др.

**Материалы и методы.** Исследования были проведены в населенных пунктах, прилегающих к территории Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП) (Таблица 1). Населенные пункты были сгруппированы по зонам радиационного риска, установленным согласно Закону Республики Казахстан от 18 декабря 1992 года № 1787-ХІІ «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне» [6]. Объектом нашего исследования была кровь населения. В каждом исследуемом населенном пункте было отобрано от 5 до 10 проб крови. Основным критерием при выборе респондентов был факт проживания на исследуемой территории не менее 10 лет. Также было обращено внимание на отсутствие хронических заболеваний у респондентов. В результате было отобрано 60 проб крови. Кровь отбиралась только с информационного согласия респондентов.

Для определения элементного состава крови был применен инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА). Анализ проводился на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры полезных ископаемых и геохимии редких элементов Томского политехнического университета (аналитик: с.н.с. Судыко А.Ф.).

**Результаты и обсуждение.** Территория, прилегающая к бывшему Семипалатинскому испытательному ядерному полигону, характеризуется как регион с неравномерной дозовой нагрузкой на окружающую среду и на организм человека [1].

В таблице 1 представлены уровни коллективных дозовых нагрузок населения исследуемых территорий. Фоновой территорией принят населенный пункт Кокпекты, который отнесен к минимальной зоне радиационного риска, с дозовой нагрузкой от 0,1 до 7 сЗв (таб. 1).

Таблица 1

Уровни дозовых нагрузок населения, проживающего на исследуемых территориях

№№	Исследуемый населенный пункт	Район	Зона радиационного риска	Доза воздействия на население за весь период испытания
1	Саржал	Абайский	чрезвычайная	свыше 100 сЗв
2	Бодене	Бескарагайский		
3	Долонь	Бескарагайский		
4	Караул	Абайский	максимальная	от 35 до 100 сЗв
5	Медеу	Абайский		
6	Канонерка	Бескарагайский	повышенная	от 7 до 35 сЗв
7	Новопокровка	Бородулихинский		
8	Зенковка	Бородулихинский		
9	Кокпекты	Кокпектинский	минимальная	от 0,1 до 7 сЗв



Рис. 1 Сравнение элементного состава крови было проведено по суммарному показателю накопления

В результате проведенного инструментального нейтронно-активационного анализа в крови жителей исследуемых населенных пунктов, 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. Концентрации таких элементов как Sc, Sr, Ag, Sb, Cs, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta в 50 % случаях были ниже или на уровне предела обнаружения.

Сравнение элементного состава крови было проведено по аддитивному показателю - сумме концентраций всех элементов, определяемых методом ИНАА (Рисунок 1).

**СЕКЦИЯ 9. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЭКОЛОГИИ.**

Применение такого рода показателя позволяет исключить некоторые индивидуальные факторы накопления химических элементов, позволяя тем самым увидеть территориальные особенности накопления химических элементов в организме человека [2]. Так, было установлено, что сумма концентраций 28 химических элементов прямо пропорциональна коллективным дозам облучения населения (Рис1). Следует отметить, что между суммой концентраций накапливаемых элементов в крови жителей повышенной и контрольной зоны не было разницы. Суммы концентраций химических элементов накапливаемых в крови населения чрезвычайной зоны 29,1 раз превышает этот показатель для населения максимальной зоны радиационного риска.

При изучении биогеохимических рядов накопления химических элементов, построенных относительно общего среднего по выборке, было установлено, что для элементного состава крови жителей чрезвычайной зоны характерны накопления таких элементов как Се, Nd, Та. При этом уровни накопления Се были аномальны в крови жителей таких населенных пунктов как Бодене и Долонь. Биогеохимические ряды накопления химических элементов в крови жителей максимальной зоны риска не имели общую характерность. В крови жителей населенного пункта Зенковка, относящегося к повышенной зоне риска, отмечено аномальное накопление U.

**Таблица 2**

**Биогеохимические ряды накопления химических элементов в крови жителей территорий с различной дозовой нагрузкой**

Чрезвычайная зона	Бодене	<b>Ce<sub>68,8</sub> Sm<sub>64,5</sub>Eu<sub>13,6</sub>La<sub>12,1</sub>Th<sub>9,8</sub>U<sub>9,6</sub>Nd<sub>4,2</sub>Cr<sub>3,7</sub>Tb<sub>2,7</sub>Ta<sub>2,3</sub>Co<sub>2,3</sub>Hf<sub>1,9</sub>Br<sub>1,8</sub>As<sub>1,6</sub>Cs<sub>1,6</sub></b>
	Долонь	<b>Ce<sub>11,0</sub> Sm<sub>10,1</sub>Nd<sub>2,6</sub>Cr<sub>2,5</sub>La<sub>2,0</sub>Cs<sub>1,8</sub> Ta<sub>1,8</sub> Eu<sub>1,7</sub></b>
	Саржал	<b>Co<sub>2,3</sub>Ta<sub>2,0</sub>Ba<sub>2,0</sub> Ce<sub>1,9</sub>Sb<sub>1,8</sub>Nd<sub>1,7</sub></b>
Максимальная зона	Канонерка	Ta <sub>2,9</sub> Nd <sub>2,0</sub> Cs <sub>1,7</sub> Br <sub>1,6</sub>
	Новопокровка	Lu <sub>2,2</sub> Ba <sub>1,7</sub> Sc <sub>1,5</sub> Eu <sub>1,5</sub> Yb <sub>1,5</sub>
	Медеу	Tb <sub>3,8</sub> Ta <sub>3,2</sub> Nd <sub>2,0</sub> Co <sub>1,6</sub>
	Караул	Co <sub>2,6</sub> Br <sub>1,7</sub>
Повышенная зона	Зенковка	<b>U<sub>10,1</sub>Ca<sub>2,5</sub>As<sub>2,3</sub>Sr<sub>2,3</sub>Au<sub>2,2</sub>Co<sub>1,7</sub>Tb<sub>1,5</sub></b>
Минимальная зона	Кокпекты	Yb <sub>1,4</sub> Ag <sub>1,3</sub> Hf <sub>1,2</sub> Fe <sub>1,1</sub> Rb <sub>1,1</sub>

Изучение минеральных форм химических элементов в крови человека проводилось в МИНОЦ «Урановая геология» при кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S-3400N с ЭДС Bruker X@Flash 4010/5010 для проведения рентгеноспектрального анализа. Для этого применялись порошковые препараты, изготовленные при высушивании крови при температуре +60°С в течении 2 часов. В результате в изученных пробах крови были обнаружены микроминералы, такие как кальцит, оксид железа, алюмосиликаты. В пробах крови с аномальной концентрацией La, Се были обнаружены микроминералы содержащие данные элементы. Встречаемость данных микроминералов в составе одной пробы крови составляет 85-96 % (30 определений на одну пробу крови), что позволило сделать вывод о характерности таких микроминералов для состава изучаемых проб крови.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что сумма концентраций 28 химических элементов прямо пропорциональна коллективным дозам облучения населения проживающего на территориях прилегающих к СИЯП. Для крови населения проживающего в чрезвычайной зоне риска характерны повышенные концентрации ряда редкоземельных элементов. При этом, аномальные концентрации таких элементов как La, Се способствуют их нахождению в форме микроминеральных включений в составе крови человека.

**Литература**

1. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Вып.1, изд.2. Радиоэкологическое состояние "северной" части территории Семипалатинского испытательного полигона. Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК. Рецензенты: М.С. Панин, В.П. Солодухин. Павлодар, "Дом печати", 2011.
2. Барановская Н.В., Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н., Трущенко Е.В. Содержание химических элементов в крови человека как индикатор состояния окружающей среды и их влияние на здоровье.// Актуальные проблемы медицины и биологии: Сборник научных работ. - вып.2.- Томск: СГМУ, 2003.- С.142 - 146.
3. Biological Monitoring of Metals. / C.G. Elinder, L. Freiberg et al. -Geneva : WHO, 1990. 80p.
4. Scanning Microscopy for Nanotechnology. Techniques and Applications / R. Anderhalt, P. Anzalone, Mo Zhu и др.; под ред. Weili e Zhou, Zhong Lin Wang,. - 3 изд. - Moskow: Лаборатория знаний, 2015.
5. Trace element analysis of human blood serum by neutron activation analysis. / H. Nakahara, Y Nagame, Y Yoshizowa at oth.// J. of Radioan. Chem., Vol. 54, № 1 2 (1979). - P. 183 - 190.
6. Интернет-ресурс: <http://online.zakon.kz/> Закон Республики Казахстан от 18 декабря 1992 года № 1787-ХІІ О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне.