

влиянием других факторов (наличием несанкционированных свалок, а так же влиянием автодорог). При сравнении полученных данных с ПДК ртути (2100 нг/г) превышений не выявлено.

По результатам количественного определения элементов инструментальным нейтронно-активационным анализом отмечено превышение фоновых содержаний во всех исследуемых пробах почв. В районе золоотвала Томской ГРЭС-2 (в пойме р. Ушайки) в почвах выявлены более высокие концентрации Cr, Co и Vg относительно средних содержаний элементов в почвах города [4]. Также, выше среднего по городу содержания Vg, Co и Sb в пробах вблизи ЗАО «Карьероуправление», ЗАО «ТЗСМиИ», ООО «ЖБК-100», ООО «ЖБК-40». Полученные результаты можно объяснить спецификой деятельности исследуемых предприятий, влиянием автотранспорта, а также особенностью почв накапливать те или иные химические элементы.

Таким образом, по полученным данным концентрации Hg в почвах в районах расположения промышленных предприятий г. Томска не превышают ПДК. Однако, стоит отметить, что существует ряд районов, где «ртутная» экологическая ситуация вызывает опасения, а значит необходимо продолжать наблюдения за уровнем содержания ртути в почвах этих и других районов. Специфика деятельности промышленных предприятий определяет особенности геохимического и вещественного составов почв города. От сохранения и поддержания природных экологических свойств городских почв во многом зависит состояние здоровья городского населения.

#### Литература

1. Аношин Г.Н. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири / Г.Н. Аношин, И.Н. Маликова, С.И. Ковалев [и др.]. // Химия в интересах устойчивого развития. – Новосибирск, 1995. – Т.3. – № 1-2. – С. 69–111.
2. Ляпина Е.Е. Исследование содержания ртути в природных объектах Западной Сибири / Е.Е. Ляпина, Е.А. Головацкая, И.И. Ипполитов // Сибирский экологический журнал. – Новосибирск, 2009. – № 1. – С. 3–8.
3. Петиримов П.В. Распределение ртути в почвах Санкт-Петербургского государственного университета // Геология, полезные ископаемые и геоэкология Северо-запада России: материалы XIV молодежной научной конференции. – Изд-во СПб, 2006. – С. 238–241.
4. Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г.Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
5. Taylor S. R., Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1964. – V. 28. – P. 1273–1285.

### РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БИОМАТЕРИАЛА (НА ПРИМЕРЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ) НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.С. Демчук

Научные руководители профессор Н.В. Барановская, доцент И.С. Соболев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При обработке различных данных, в том числе и геохимической информации экологического характера, возникает всё большая потребность в применении современных статистических методов.

Цель работы состояла в проведении обширного сравнительного статистического анализа химического состава биоматериала (щитовидной железы), отобранного в Томской области, которая условно была поделена на две территории. К территории «Севера» причислены Александровский, Бакчарский, Верхнекетский, Каргасокский, Колпашевский, Парабельский и Чаинский районы. На данных территориях были отобраны 33 пробы щитовидной железы с различными видами тироидных патологических изменений. К территории «Юга» отнесены Асиновский, Зырянский, Молчановский, Кожевниковский, Кривошеинский, Первомайский, Томский, Шегарский районы. На данной территории были проведены исследования по 58 пробам. В качестве исходного материала использовались совокупности значений содержания по 28 элементам в щитовидных железах населения Северной и Южной территории.

Анализ проводился в программе Statistica 6.0 с использованием различных критериев и инструментов, таких как:

1. параметрический t-критерий Стьюдента. Критерий позволяет проверить гипотезы о существенности или несущественности различия двух выборочных средних. Для большинства элементов, содержащихся в щитовидных железах населения Томской области не наблюдается существенной разницы между средними значениями, кроме Na и Se.

2. F-критерий Фишера – параметрический критерий, используется для сравнения дисперсий двух вариационных рядов. С учётом критерия Фишера выявляется существенная разница у дисперсий следующих элементов: Ca, Sc, Co, Cr, Fe, Ce, Rb, Ag, Sb, Sm, U, Se, Ba, Eu. Это означает, что среднее содержание элементов в пробах примерно одинаково, в то время как мера разброса данной случайной величины, то есть её отклонения от математического ожидания не совпадает уже по многим элементам.

3. Тест Манна-Уитни – один из самых известных и самых распространённых тестов непараметрического сравнения двух независимых выборок. Он основан на использовании одной общей последовательности значений обоих выборок и позволяет выявлять различия в значении параметра между малыми выборками.

При проведении теста Манна-Уитни в программе расхождений с тестом Стьюдента не выявлено. Наиболее значимые расхождения средних содержаний характерны для элементов Na, Zn и Se.

4. Корреляция между результатами содержаний двух химических элементов может характеризоваться коэффициентом парной корреляции Пирсона  $r$ , отражающим степень линейной связи для нормальных распределений, корреляционные связи также могут быть отрицательными. Это означает, что при увеличении содержания одного элемента, концентрация другого, находящегося с ним во взаимосвязи, уменьшается.

Проведя оценку взаимосвязей химических элементов по критерию Пирсона на двух исследуемых территориях, можно выделить следующие ассоциации групп и отдельных химических элементов (со значением коэффициента больше 0,9)

1) для Севера ТО (>0,9): Cs-Sr, Ta-Sr, Eu-Sr, As-Sr, As-Cs, Eu-Cs, Ta-Cs, As-Ta, Eu-Ta, As-Eu, As-Sm, Eu-Sm, Ta-Sm, Cs-Sm, As-Yb, Eu-Yb, Ta-Yb, Cs-Yb, Sm-Yb;

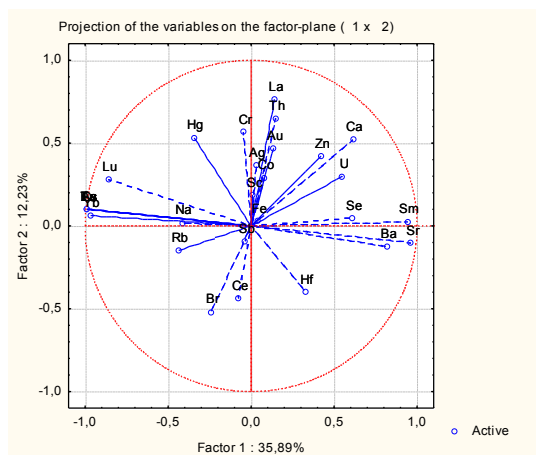
2) для Юга ТО (>0,9): As-Sr, Ta-Sr, As-Lu, As-Yb, Ta-Lu, Ta-Yb, Sr-Ly, Sr-Yb, Lu-Yb.

4. Кластерный анализ. Его задача сводится к разбиению множества химических элементов на группы, в которые объединяются элементы с наивысшими значениями меры сходства (парных коэффициентов корреляции Пирсона  $r$ ). По его данным наиболее значимые уровни влияния факторов в общей выборке соответствуют 35,89 % (самый значимый) и 12,23 % по выборке на Севере и 31,00 % (самый значимый) и 9,04 % по выборке на Юге. Факторные нагрузки (по оси X – для первого и по оси Y – для второго фактора) на геохимический спектр изучаемых компонентов представлен на круговых диаграммах (рис. 1, 2).

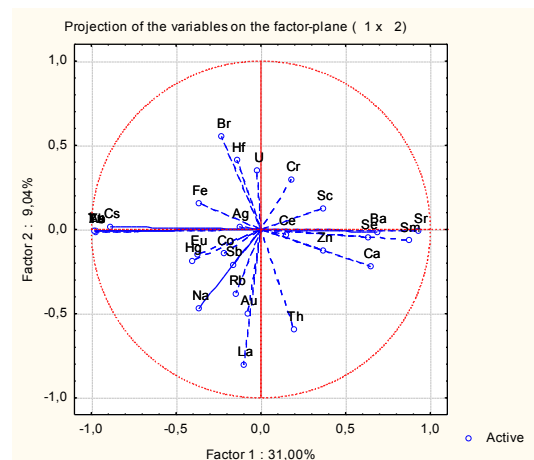
Для большинства элементов на Севере существенная нагрузка на дисперсию выборки прослеживается по второму фактору (причём – положительная), по первому – нагрузка как отрицательная так и положительная. Влияние обоих факторов значимо для всех элементов. Химические элементы в основном располагаются в I и II секторах. Для большинства элементов на Юге существенная нагрузка на дисперсию выборки прослеживается по второму фактору, по первому фактору – разброс наиболее силён. Элементы располагаются во всех секторах равномерно.

В рамках проведённого анализа с использованием статистических методов были сделаны основные выводы. Современные статистические инструменты позволяют:

1) выявить взаимосвязи – корреляционные связи химических элементов в пробах – для элементов, что наиболее явно прослеживаются для скандия, иттербия, мышьяка, стронция, тантала (в обоих районах), а также у цезия, самария, тантала (на Севере ТО). Графическое изображение на дендрограммах подтвердило наличие взаимосвязей у этих элементов.



**Рис. 1** Круговая диаграмма факторных нагрузок на дисперсию геохимического спектра на территориях районов Севера Томской области



**Рис. 2** Круговая диаграмма факторных нагрузок на дисперсию геохимического спектра на территориях районов Юга Томской области

2) выявить наибольшее влияние ряда факторов на распределение химических элементов в выборках. На Севере его влияние составляет 35,89 %, на Юге – 31,00 %. При наличии данных, например, об особенностях пробоотбора, можно делать выводы о том, какой фактор мог оказать такое влияние. Корреляционные взаимосвязи химических элементов характеризуются широким разбросом: присутствуют как значимые положительные, так и отрицательные связи. Оба фактора оказывают сильное влияние на распространение элементов.

Таким образом, методы математической статистики и современного компьютерного моделирования выводят на новый и более точный уровень способ анализа и оценки данных. Это позволяет на более детальном уровне исследовать особенности Томской области и находить взаимосвязи и факторы влияния, использовать их для проведения новых исследований. В данном случае результаты можно использовать для изучения биогеохимической провинции Томской области и тиреоидных патологий, исторически характерных для Томской области.

## Литература

1. Денисова О. А. Микроэлементы и патология щитовидной железы Томской области / О.А. Денисова, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Г.Э. Черногорюк, Ю.И. Сухих. – Томск: STT, 2011. – 190 с.
2. Михальчук А.А. Статистический анализ эколого-геохимической информации / А.А. Михальчук, Е.Г. Язиков, В.В. Ершов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 235 с.
3. Шестаков Ю. Г. Математические методы в геологии: учебное пособие для студентов геологических специальностей. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1988. – 208 с.
4. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / под ред. А. М. Адама. – Томск: Дельтаплан, 2013. – 172 с.

### МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА НЕКОТОРЫХ ГОРОДОВ РОССИИ

М.А. Дериглазова

Научные руководители профессор Л.П. Рихванов, профессор Н.В. Барановская  
**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Ещё в древности люди знали, что окружающая нас среда неоднозначна по различным параметрам: температуре, влажности, близости к источникам воды и т.д. Поэтому старались приспособиться к этим условия себе на пользу. Одним из ярких примеров такого приспособления является корректировка режима питания: например, в холодных районах люди потребляют больше калорий, чем в жарких и т.д. Но окружающая нас среда неоднородна не только по климатическим ресурсам, но и по геохимической обстановке. Это значит, что природные объекты различных территорий накапливают в себе разный спектр элементов в зависимости от различных условий. То, что геохимическая обстановка влияет на организм человека, в том числе на его состав, уже доказано рядом ученых из различных стран мира. Но главный вопрос – как именно влияют определенные геохимические условия на состав организма человека, так и остается открытым.

Для изучения элементного и минерального состава организма человека был выбран зольный остаток организма человека (ЗООЧ). ЗООЧ – это крематорный материал, который остается после сжигания тела человека в газовой камере при температуре 300-400°C. Для исследования был выбран ЗООЧ 5 городов России: Новокузнецка, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Екатеринбург, Санкт-Петербурга. На первом этапе исследований проводилось определение элементного состава зольного остатка организма человека с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), который позволил определить содержание в золе 27 химических элементов в широких диапазонах содержаний. На втором этапе работы проводилось изучение минеральных фаз в ЗООЧ с помощью сканирующего электронного микроскопа “Hitachi”, с приставкой для микроанализа.

Исследование элементного состава организма человека показали, что существуют различия в уровнях накопления элементов в ЗООЧ разных городов. На рисунке 1 видно, что различные города концентрируют в ЗООЧ разный спектр элементов, что может быть связано с природными причинами, а также с техногенным фактором.

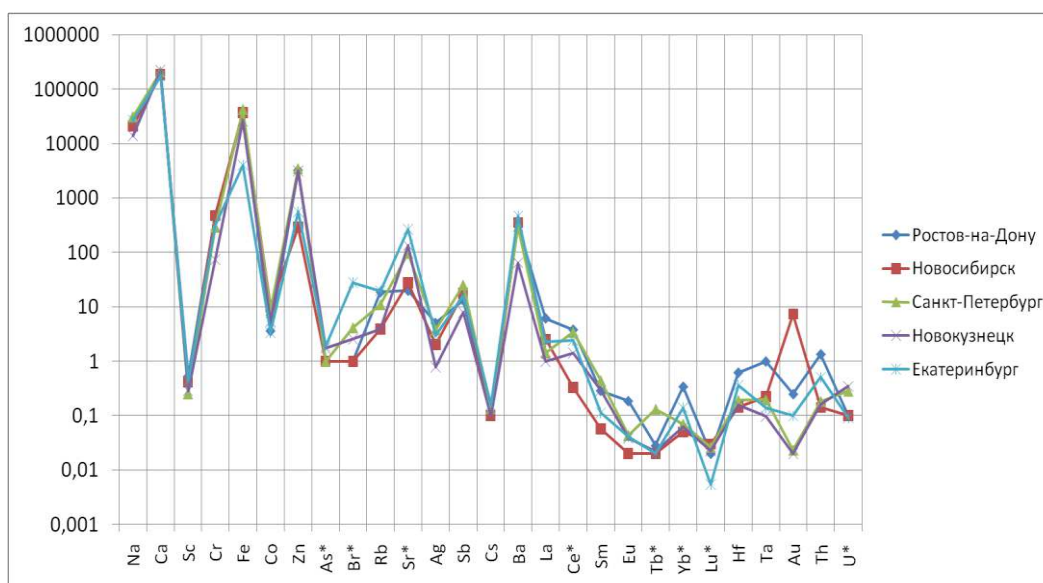


Рис. 1 Среднее значение концентраций элементов в ЗООЧ различных городов, мг/кг

Таким образом, видно, что ЗООЧ различных территорий концентрируют элементы по-разному, например ЗООЧ г. Новосибирска накапливает в большей степени Au, Co, Sb, Lu, Новокузнецк: Ca, U, Ростов-на-