

регулярной эксплуатации в неблагоприятных условиях. Оперативность проведения мероприятий экологического мониторинга обеспечивается наличием системы двуканальной радиосвязи в режиме реального времени между беспилотными летательными аппаратами и наземной станцией управления, на которой проводится ввод, контроль и, при необходимости, редактирование маршрута полета, а также обработка полученных результатов.

Методика проведения мониторинга с использованием БЛА разрабатывается в зависимости от объекта исследований, его площади, протяженности, уровня и номенклатуры загрязняющих компонентов окружающей среды. Программа мониторинга включает контроль концентрации загрязняющих веществ в верхних слоях атмосферы и суммарного вклада источника загрязнения в нижних слоях атмосферы, траектория облета определяется площадью источника загрязнения, а также техническими возможностями беспилотных летательных аппаратов, определяющими максимальную длину возможного полета беспилотного летательного аппарата.

Новизна проводимых исследований заключается в проведении объемного мониторинга воздушной среды с высокой точностью прямыми методами измерения в отличие от всех существующих способов контроля атмосферного воздуха. Экологический мониторинг окружающей природной среды при использовании беспилотных летательных аппаратов предпочтителен в дневное время суток при скоростях ветра до 12 м/с.

В результате проведенных исследований выявлено, что наземные методы мониторинга не позволяют получить все необходимые данные о состоянии поверхностных вод, атмосферного воздуха, почвенно-растительного покрова, поскольку территории расположения горнопромышленных агломераций отличаются сложным рельефом, что не позволяет обследовать труднодоступные места – территории хранилищ отходов производства, карьерных выемок и др.

Литература

1. Reg A., Unmanned Aircraft System, Aptara Inc. New Delhi, 2010, p.34.
2. Peter W. Merlin, Unmanned aircraft systems. Western state fire missions. Greenwood Press., 2009, pp. 50-52.
3. Danilov A.S., Pashkevich M.A. The system of the ecological monitoring of environment which is based on the usage of UAV // Russian Journal of Ecology, Pleiades Publishing Ltd., Vol. 46, No. 1, 2015, pp. 14–19

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА Г. НОРИЛЬСКА ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

М. А. Дериглазова

Научный руководитель профессор Л. П. Рихванов

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

В последнее время все большую популярность приобретает новое смежное направление современной науки – медицинская геология. В широком смысле медицинская геология изучает воздействие геологических процессов, явлений и объектов естественного и техногенного происхождения на здоровье людей и животных. Данная область охватывает большое количество исследований в области горных пород, воды, почв и их взаимосвязи с организмом человека. В свете развития вышеуказанного направления науки нами проводится исследование зольного остатка организма человека (ЗООЧ). В предыдущих исследованиях нами был установлен элементный и минеральный состав ЗООЧ следующих городов России: Новокузнецка, Новосибирска, Екатеринбурга, Ростова-на-Дону и Санкт-Петербурга. В настоящей статье будет рассмотрен элементный состав зольного остатка организма человека г. Норильска по данным инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА).

Нейтронно-активационный анализ является современным и точным методом анализа, который позволяет определить концентрации 28 химических элементов в широком диапазоне содержаний. По результатам анализа была проведена статистическая обработка данных, построены диаграммы коэффициентов концентраций, кластерного анализа, подсчитаны коэффициенты парной корреляции, а также проведен факторный анализ. Полученные результаты представлены ниже.

В ходе статистической обработки данных было выявлено, что с помощью выбранного метода анализа достоверно определены концентрации 22 химических элементов, а концентрации таких элементов, как As, Tb, Yb, Lu, Au, Nd, были определены ниже предела обнаружения в 50 и более % случаев. Для всех элементов были подсчитаны статистические параметры, в том числе коэффициент вариации, позволяющий оценить степень разброса значений. Наименьшим коэффициентом вариации (<30%) характеризуются такие элементы как Na и Ca, остальные элементы характеризуются средним значением коэффициента от 30 до 60% (Fe, Co, Zn, Sm, Yb,) и высоким, со значениями от 60 и более % (Sc, Cr, As, Br, Rb, Sr, Ag, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Eu, Tb, Lu, Hf, Ta, Au, U, Th). Примечательно, что низкие и средние значения коэффициента присущи элементам, которые по общепринятой классификации элементов в организме человека относятся к макро- и микроэлементам (кроме самария и иттербия), что подтверждает необходимость человеческого организма поддерживать гомеостаз данных элементов.

Полученные данные позволили построить диаграмму коэффициентов концентраций (рис. 1) относительно среднего содержания элементов по всем ранее изученным городам, которая наглядно показывает специфику изучаемого города.

Диаграмма (рис. 1) показывает, что в большем количестве в ЗООЧ г. Норильска концентрируются такие элементы как Ca, Sc, Rb, Sr, Cs, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, U, Nd. Безусловный интерес вызывает высокая

концентрация цезия, источник которой не ясен.

Показательно смотрятся результаты оценки уровня накопления элементов по половому признаку. Анализ показал, что такие элементы как натрий, рубидий, цезий, гафний, золото и торий имеют тенденцию к накоплению в мужском организме, а скандий, бром, церий, самарий, европий, тербий, иттербий, тантал и уран - в женском. Принято считать, что мужской организм чаще отражает производственный фактор в отличие от женского. С другой стороны, такое распределение в том числе может указывать на различие женской и мужской физиологии.

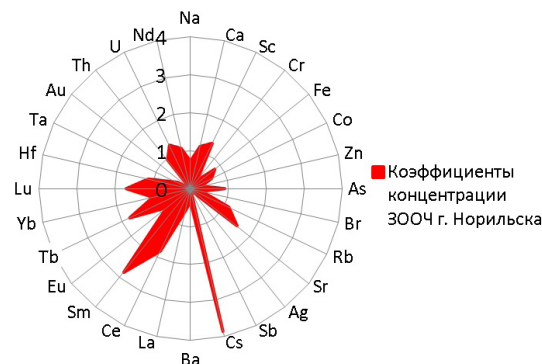


Рис. 1. Коефициенты концентрации элементов в зольном остатке организма человека г. Норильска относительно среднего содержания элементов по всем ранее изученным городам

Результаты парного корреляционного анализа показывают чрезвычайно тесную связь таких элементов как Ba-Cr ($r=0,85$), La-Th ($r=0,79$), Sc-La ($r=0,77$), Ba-La ($r=0,75$), Sc-Th ($r=0,74$), Th-Ag ($r=0,73$) и Ba-Na ($r=0,71$), при критическом коэффициенте $r = 0,54$, $p = 0,01$, $n = 22$. Наибольшим количеством значимых связей с другими элементами характеризуются скандий, торий, лантан и барий, при этом цезий не связан значимой связью ни с одним элементом, что затрудняет поиск источников его поступления. Особое внимание следует уделить кальцию, который практически со всеми элементами связан отрицательными связями, а те немногие положительные связи данного элемента с другими - незначимы. Значимая отрицательная связь отмечена у кальция и лантана ($r=-0,55$). Таким образом, корреляционный анализ показывает, что торий, лантан и барий связывают между собой другие элементы, формируя своеобразные группы. Чтобы проверить данное предположение нами был проведен кластерный анализ (рис. 2).

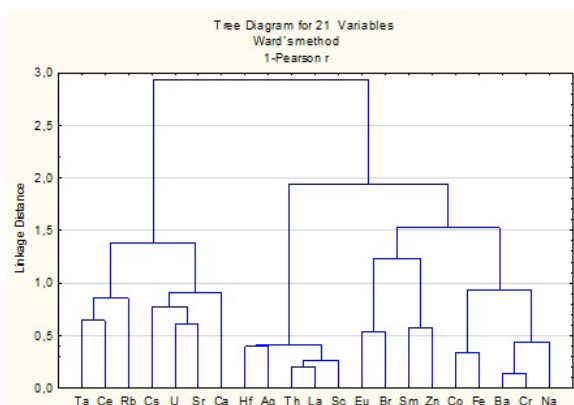


Рис. 2. Диаграмма кластерного анализа по данным ИНАА

Кластерный анализ позволяет выделить несколько групп элементов, наиболее тесно связанных: Th-La-Sc-Hf-Ag; Ba-Cr-Na-Co-Fe; Ca-Sr-U-Cs; Ta-Ce-Rb, Eu-Br, Sm-Zn. С одной стороны, анализ отчетливо выделяет группу макро- и микроэлементов, в которой, по-видимому, кальций заменен барием. С другой стороны, кальций связан со стронцием (установлено, что стронций может заменять кальций в организме человека), а тот, в свою очередь, с ураном и цезием. Стоит отметить, что данные три элемента широко распространены как в атомной, так и в металлургической отрасли. Известно, что кроме цветной металлургии, в г. Норильске также действовал исследовательский атомный реактор для нужд предприятия. Результаты факторного анализа подтверждают значимость таких элементов как лантан, скандий, торий, барий и хром (литофилы), которые вносят наибольший вклад в формирование самого важного фактора (6%). Кобальт, бром, серебро, гафний и тантал играют важную роль для второго фактора (2,6%), рубидий, стронций, натрий и цинк – для третьего фактора (2,3%), уран – для четвертого (2%).

В целом, результаты ИНАА отражают те же закономерности, которые выявлены с помощью другого метода анализа (ISP-MS), и показывают, что зольный остаток организма человека г. Норильска концентрирует редкоземельные и радиоактивные элементы в большем количестве, чем другие города. Кроме того, анализ полученных данных позволяет говорить о тесной взаимосвязи редкоземельных элементов, формирующих отдельные группы ассоциаций, а также о важности данных элементов наряду с серебром, хромом, кобальтом, барием и некоторыми другими элементами для формирования элементного статуса жителей г. Норильска.