

**ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ
ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РУДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ПРОВИДЕНСКОЙ
ПЛОЩАДИ**

М.М. Кириллова¹, А.С. Янкович², А.А. Маськов³

Научные руководители профессор В.Г. Ворошилов, старший преподаватель Е.П. Янкович

¹АО «Георегион», дочернее предприятие холдинга «Росгео», г. Анадырь, Россия

²ООО «Мангазея Золото», г. Чита, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Важными характеристиками рудогенных геохимических аномалий (ГА) являются интенсивность и степень перспективности. Интенсивность обычно оценивается мультипликативным показателем, степень перспективности – по комплексу благоприятных геологических предпосылок и геохимических признаков [2]. Методы многомерного статистического анализа, в частности, факторный анализ, могут быть использованы для характеристики внутренней структуры и обоснования степени перспективности ГА [3, 4].

В основу исследований положены результаты опробования донного материала водотоков Провиденской площади Чукотского автономного округа. Использовано 2288 анализов проб песчано-илистой фракции аллювия (Провиденский геохимический отряд 1986-1987 гг.). Анализы содержания химических элементов выполнены в лаборатории Восточно-Чукотской геологоразведочной экспедиции следующими методами: атомно-абсорбционный – ртуть, золото и серебро; пробирный – золото и серебро; рентгено-спектральный – уран и торий; химический – медь, свинец, цинк, олово. Статистический анализ данных проводился с использованием программы Statistica фирмы StatSoft.

При проведении факторного анализа [1,4] было выбрано для интерпретации геологических процессов шесть факторов, вклад которых в общую дисперсию составляет 60 % (таблица). В каждом пункте пробоотбора были рассчитаны значения факторов.

Первый фактор объясняет 18% изменчивости общей дисперсии. В признаковой структуре фактора главную роль играют Ti, Sc, V, Mn, Hg, Co, Zr. Судя по составу фактора и пространственному размещению его значений, вероятнее всего, он характеризует наименее измененные вмещающие породы.

Второй фактор, структуру которого определяют Au, Ag, Cu, однозначно интерпретируется как главный рудный. По интенсивности значений факторов, пространственному и ассоциативному строению моноаномалий можно выделить более перспективные аномальные зоны. Так, одна из аномалий расположена в районе бухты Румилет, где выявлены комплексные рудные аномалии. Аномалии в районе мыса Эндогурова и по р. Аннюваам включают в себя моноаномалии золота, серебра, цинка, частично свинца и меди. Аномалия в Ткаченской долине сопряжена с аномалиями золота, меди и цинка. Аномалии в районе сенявинского поднятия включают в себя моноаномалии золота, серебра и меди. Также распространены менее контрастные по составу аномалии, охватывающие моноаномалии золота и серебра; серебра, свинца и цинка; серебра и цинка; меди и цинка; серебра и меди. Все выделенные аномалии попадают в рудогенные ГА. По составу химических элементов можно предположить существование нескольких рудных формаций. На данном этапе работ это, вероятно, золото-серебряная, полиметаллическая (свинцово-цинковая) с серебром, скарново-полиметаллическая.

Третий фактор объясняет 10 % изменчивости общей дисперсии. Нагрузка этого фактора значимо определяется высоким содержанием иттрия, ниобия, циркония, чуть менее сильная связь с бериллием, молибденом и свинцом, слабая отрицательная связь с ванадием, вольфрамом и кобальтом. В геологическом отношении аномальные зоны этого фактора четко выделяют Румилетский и Кындлягакский гранитоидные массивы, относимые к субщелочным гранитам второй фазы леурваамского комплекса. Оба массива пространственно сопряжены с моноаномалиями ниобия и бериллия. В Кындлягакском массиве дополнительно выделяется аномалия иттрия, а в Румилетском – циркония и молибдена. Примечательно, что подобные участки по факторным нагрузкам третьего фактора отмечаются в верховьях р. Майныквын (руч. Олений) и в Ткаченской долине, что может говорить о развитии подобных субщелочных гранитов на данных участках.

Набор элементов, имеющих сильные положительные связи, в данном факторе может быть рассмотрен в качестве показателя фельдшпатоидного метасоматоза. Исследователями района высказывалось предположение о метасоматическом происхождении гранитов Румилетского массива. Аномалии, выделяемые по вулканитам, возможно, указывают на наличие подобных метасоматических процессов и в самих вулканитах.

Четвертый фактор несет в себе 10 % информации, имеет значимую положительную связь с галлием, литием, германием, мышьяком, ванадием, барием, свинцом и отрицательную с бериллием и цирконием. В геологическом отношении эти аномалии приурочены к зонам развития покровов вулканитов (как, например, самая большая по площади аномалия на Чаплинском полуострове). Большею частью эти аномалии включаются в выделяемые комплексные рудогенные геохимические аномалии, но, по-видимому, являются петрогенными.

Пятый фактор имеет высокие корреляции с висмутом, оловом, бериллием, чуть более слабые с вольфрамом, цинком, свинцом и еще меньше с молибденом. Самая крупная по площади аномалия протягивается от р. Удобная до бухты Румилет. Она пространственно совпадает с моноаномалиями висмута, олова, бериллия, свинца, цинка и частично молибдена. Выделяется три интенсивных небольших аномалии в правобережье реки Синевеет (г. Лысая), в районе мыса Эндогурова и по р. Ульхум. Аномалии по пятому фактору почти полностью включаются в выделяемые рудогенные геохимические аномалии. В целом ряд значимых химических элементов в данном факторе характерен для вольфрамовой (кварц-форстеритовой) и/или оловорудной формации, что может служить показателем увеличения интенсивности и перспективности рудогенных аномалий.

Матрица факторных нагрузок

| | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 | Фактор 4 | Фактор 5 | Фактор 6 |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Au | -0.01 | 0.86 | -0.07 | -0.03 | -0.06 | -0.02 |
| Ag | -0.03 | 0.94 | 0.02 | 0.04 | 0.09 | -0.05 |
| Pb | -0.09 | 0.30 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | -0.06 |
| As | 0.00 | -0.06 | 0.14 | 0.46 | 0.04 | 0.04 |
| Cr | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.90 |
| V | 0.72 | 0.06 | -0.25 | 0.42 | -0.10 | 0.12 |
| Ni | 0.12 | 0.05 | 0.00 | -0.05 | 0.02 | 0.92 |
| Mn | 0.70 | 0.12 | 0.10 | -0.17 | 0.15 | 0.21 |
| Ba | 0.41 | -0.08 | 0.00 | 0.36 | -0.16 | -0.07 |
| Nb | -0.03 | -0.05 | 0.80 | 0.14 | 0.02 | -0.05 |
| Mo | -0.01 | 0.05 | 0.32 | 0.12 | 0.24 | 0.08 |
| Sn | -0.07 | -0.06 | 0.00 | 0.22 | 0.75 | -0.04 |
| Cu | 0.19 | 0.89 | -0.03 | -0.02 | 0.02 | 0.23 |
| Zn | 0.26 | 0.46 | 0.21 | 0.13 | 0.30 | 0.04 |
| Sc | 0.79 | 0.04 | 0.14 | 0.02 | -0.04 | 0.14 |
| Y | 0.03 | -0.01 | 0.80 | 0.06 | -0.04 | -0.05 |
| Hg | 0.66 | 0.02 | 0.18 | -0.02 | 0.02 | -0.05 |
| Ga | 0.06 | -0.02 | 0.21 | 0.79 | -0.11 | -0.11 |
| W | 0.35 | 0.03 | -0.21 | 0.14 | 0.45 | 0.11 |
| Co | 0.57 | 0.24 | -0.15 | 0.03 | 0.06 | 0.62 |
| Ge | 0.01 | 0.07 | -0.09 | 0.47 | 0.14 | 0.11 |
| Bi | 0.05 | 0.18 | -0.04 | -0.12 | 0.78 | 0.07 |
| Ti | 0.85 | 0.03 | -0.07 | 0.15 | -0.01 | 0.04 |
| Be | -0.06 | -0.04 | 0.49 | -0.32 | 0.59 | 0.02 |
| Zr | 0.52 | -0.02 | 0.51 | -0.25 | 0.08 | 0.08 |
| Li | 0.21 | 0.04 | -0.11 | 0.70 | 0.15 | 0.04 |

Анализ признаковой структуры шестого фактора показывает, что нагрузка этого фактора определяется концентрацией никеля, хрома и кобальта. В геологическом отношении аномальные участки развития шестого фактора четко ложатся на зоны развития палеозойских и рифей-архейских пород. Самая интенсивная и обширная аномалия в верховьях бухты Всадник, руч. Первомайский, р. Улэв и Удобная, образована сносом разрушенного материала с Сенявинского поднятия Восточно-Чукотского массива рифей-архейского возраста. Аномалии по шестому фактору почти полностью включаются в выделяемые (преимущественно по мультипликативному показателю) рудогенные геохимические аномалии.

В результате проведенного кластерного анализа выделяются следующие кластеры химических элементов: 1 кластер – Ag, Cu, Au; 2 кластер – Pb, Zn, Li, Ga, W, Ge, As, Mo; 3 кластер – Nb, Y, Sn, Bi, Be; 4 кластер – Cr, Ni; 5 кластер – V, Ti, Co, Mn, Sc, Hg, Ba, Zr. По выделенным в кластеры элементам были рассчитаны мультипликативные аномалии. Для каждого кластера визуальным путем были выбраны градации четырех классов, и затем выделены аномальные участки.

Кластерный и факторный анализы помогают произвести более точную разбивку ГА на рудогенные и петрогенные. Сочетание второго и пятого факторов могут служить надежным показателем интенсивности и степени перспективности выделяемых рудогенных ГА.

Литература

1. Бахтин А.И., Низамутдинов Н.М., Хасанова Н.М., Нуриева Е.М. Факторный анализ в геологии: Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный университет, 2007. – 32 с.
2. Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. – М.: Недра, 1987. – 408 с.
3. Voroshilov V. G. Anomalous Structures of Geochemical Fields of Hydrothermal Gold Deposits: Formation Mechanism, Methods of Geometrization, Typical Models, and Forecasting of Ore Mineralization // *Geology of Ore Deposits*, 2009, Vol. 51, No. 1. – pp. 1–16.
4. Окунь Я. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1974. – 200 с.