

**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 Ендогурова 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 Ендогурова 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.