

Геология

УДК 550.8.053:519

Б. Г. БЕЗИРГАНОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ЗАДАЧ

Для решения геолого-геохимических задач (выбор элементов-индикаторов для поисков скрытого оруденения, оценка перспектив рудоплодности месторождений на глубину, обоснование возраста эндогенного оруденения, оценка связи геохимических и геофизических аномалий, установление количественной связи первичных и вторичных геохимических ореолов и т. д.) рекомендуется использование корреляционного анализа.

В настоящее время накоплен огромный объем геологических данных в результате высокого темпа геологоразведочных работ, а также совершенствования и широкого внедрения количественных методов геологических исследований. Систематизация этих данных, их обработка и установление закономерностей в сложных геологических процессах требуют привлечения математических методов и современной вычислительной техники.

Математические методы и ЭВМ широко используются в практике геологоразведочного процесса от прогнозной оценки территорий, районов, отдельных участков и рудопроявлений [1] до подсчета запасов месторождений полезных ископаемых [2].

При геохимических поисках рудных месторождений часто возникает задача определения количественной связи между различными варьирующими величинами, в частности между содержаниями различных химических элементов в тех или иных геологических образованиях.

Использованию корреляционного анализа при обработке данных геохимического опробования посвящен ряд исследований [3–6]. В этих работах с помощью корреляционного анализа проводилась оценка перспективности аномалий, были установлены ассоциация элементов для определенных массивов горных пород, а также разделение различных этапов минерализации в условиях их взаимного наложения.

В процессе разработки предпосылок и признаков поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения цветных металлов и золота в пределах рудных полей одного из регионов Малого Кавказа было отобрано большое количество геохимических проб из коренных пород, руд и рыхлых образований. Пробы подвергались приближенно-количественному спектральному анализу на широкий круг химических элементов и количественному спектральному анализу (специальный метод) на золото в лаборатории физических методов анализа Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ИМГРЭ (г. Москва).

Для установления корреляционных связей между содержаниями различных химических элементов использовался метод порядковой корреляции [7]. Расчет коэффициентов корреляции содержаний различных

пар элементов проводился в ВЦ ЕГУ на ЭВМ, ЕС-1022 по программе, составленной Шахбазян Н. Ш. и Тумасян В. Г.

В процессе геолого-геохимических исследований возник ряд задач, для решения которых наряду с традиционными геологическими методами был использован корреляционный анализ.

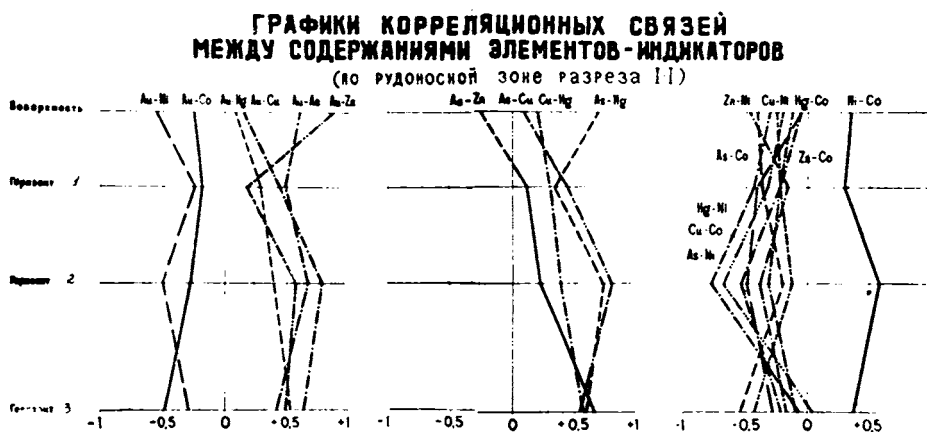
Выбор элементов-индикаторов для поисков скрытого оруденения. Для выбора среди широкого круга (до 40) элементов наиболее значимых элементов-индикаторов, например, золотого оруденения, использовался корреляционный анализ между содержаниями золота и других элементов. Так, напр., для одного из месторождений золоторудной формации региона установлен ряд индикаторной значимости элементов для золота: Au—Ag (+0,89), Pb (+0,83), Sb (+0,80), Zn (+0,76), Cu (+0,69), As (+0,68), Ba (+0,57), Bi (+0,50), Mo (+0,27), Sn (+0,05), Co (—0,14), Ni (—0,22), V (—0,30), Cr (—0,37). Согласно группировке значимостей величин коэффициентов корреляции [8]—от 0,25 до 0,50—связь заметная, от 0,50 до 0,75—связь тесная и от 0,75 до 1,00—связь очень тесная, для поисков скрытого золотого оруденения данного типа могут быть использованы следующие элементы-индикаторы (элементы-коррелятивы): Ag, Pb, Sb, Zn, Cu, As, Ba и Bi.

Аналогичным образом был обоснован комплекс элементов-индикаторов и для месторождений других рудных формаций.

Обоснование формирования геохимических ореолов привноса и выноса элементов. Геохимические ореолы привноса (отложения) и выноса (выщелачивания) установлены для двух золоторудных месторождений региона. На одном из них, приуроченном к основным породам, установлено в пределах зоны рудоотложения формирование геохимических ореолов двух различных генетических типов: ореолы привноса рудообразующих элементов (Au, Ag, As, Hg, Cu, Zn, Bi, Pb и др.), формирование которых генетически связано с постмагматическими растворами глубинного происхождения, и ореолы выноса (Ni, Co, Cr и др.), образованных в результате выщелачивания элементов из вмещающих пород под воздействием тех же кислых растворов. Корреляционный анализ между содержаниями элементов в ореолах (в пределах рудоносных зон) выявил следующую тесную положительную связь между привносимыми элементами-индикаторами: Au—Ag (+0,81), Au—As (+0,75), Hg—Bi (+0,52), Hg—As (+0,68), Cu—Zn (+0,78), Cu—Pb (+0,75) и т. д.; отрицательную связь между привносимыми и выносимыми элементами-индикаторами: Au—Ni (—0,82), Ag—Ni (—0,80), As—Ni (—0,75), Au—Co (—0,70), Ag—Co (—0,60), Hg—Co (—0,76), Cu—Co (—0,78); положительную связь между выносимыми: Ni—Co (+0,64).

Приведенные данные и результаты геолого-геохимических [9] и экспериментальных [10] исследований свидетельствуют о том, что в пределах одних и тех же геохимических ореолов, сформированных вокруг золоторудных тел месторождений, отчетливо наблюдается выщелачивание сингенетичных с основными и ультраосновными породами никеля, кобальта и хрома из зоны рудообразования в результате внедрения кислых постмагматических растворов, несущих Au и сопутствующие ему элементы—Ag, As, Sb, Bi, Hg, Zn, Pb, Cu и др. [11].

Оценка перспектив рудоносности месторождения на глубину рассматривается на примере золоторудного месторождения, приуроченного к основным и ультраосновным породам. С этой целью изучалось изменение величины коэффициентов корреляции на глубину одних и тех же пар элементов (см. рисунок). Как видно, сила корреляционных связей между Au и сопутствующими ему элементами на глубину проявляет тенденцию к увеличению собственной величины. Контрастность изменения корреляционных связей между содержаниями элементов-индикаторов золотого оруденения указывает на положительные перспективы объекта на глубину.



Обоснование возраста эндогенного оруденения. Возможность использования результатов изучения первичных геохимических ореолов и корреляционного анализа содержаний элементов в ореолах для обоснования возраста эндогенного оруденения рассматривается на примере Кафанского медного и Шаумянского полиметаллического месторождений.

На этих месторождениях промышленное оруденение приурочено к толще среднеюрских (верхний байос) вулканогенных образований. В перекрывающей эти породы толще верхнеюрских (оксфорд-киммеридж) отложений промышленное оруденение отсутствует. До настоящего времени не существует единой точки зрения о возрасте оруденения. Одни исследователи возраст оруденения считают доверхнеюрским, другие — палеогеновым [12].

Среднеюрский возраст оруденения сильно ограничивает площади поисковых работ и требует сложной методики поисков скрытого оруденения только в среднеюрских образованиях, перекрытых верхнеюрскими породами.

Геохимические исследования позволяют по-иному рассматривать вопрос об их возрасте. В надрудных толщах верхнеюрских образований Кафанского и Шаумянского месторождений отчетливо прослеживаются первичные геохимические ореолы рудогенных элементов, являющиеся продолжением ореолов скрытых рудных тел, залегающих в среднеюрских породах. Геохимическим опробованием коренных пород установлена общность особенностей (элементного состава, морфологии, интенсивности, поперечной зональности и др.) ореолов в среднеюрских и верхнеюрских образованиях.

Установлена близкая корреляционная связь одних и тех же пар элементов-индикаторов в разновозрастных породах. Напр., на Шаумянском месторождении коэффициенты корреляции различных пар элементов в среднеюрских и верхнеюрских образованиях очень близки: Pb—Zn (+0,68 и +0,61), Pb—Ag (+0,80 и +0,68), Pb—As (+0,40 и +0,41), Pb—Cu (+0,88 и +0,70), Zn—Ag (+0,67 и +0,57), Ag—Co (+0,18 и +0,12), Ag—Mo (+0,12 и +0,08) и т. д.; на Кафанском месторождении — Zn—Pb (+0,79 и +0,70), Zn—Ag (+0,85 и +0,78), Zn—Cu (+0,68 и +0,55), Ag—Cu (+0,76 и +0,71), Ag—Ni (—0,03 и —0,13), Ag—Co (—0,06 и —0,10) и т. д. Как видно, сила и характер корреляционных связей между содержаниями одних и тех же пар элементов-индикаторов в разновозрастных породах характеризуются минимальными расхождениями.

Таким образом, возраст оруденения изученных месторождений предположительно обосновывается как послепозднеюрский, а не сред-

неюрский, как это принималось ранее. Послепозднеюрский возраст оруденения Кафанского рудного поля значительно расширяет площади поисковых работ для выявления скрытых рудных тел и месторождений.

Установление количественной связи первичных и вторичных геохимических ореолов. Для решения данной задачи приводилось сопряженное опробование коренных пород и рыхлых отложений по эталонным профилям над известным промышленным оруденением Центрального участка Техутского медно-молибденового месторождения. Оконтуривание вторичных геохимических ореолов производилось по мультипликативному показателю $Cu \cdot Mo \cdot Ag$, оценка уровня эрозионного среза вторичных ореолов—по мультипликативному коэффициенту зональности

$Ag \cdot Pb$

Mo^3

Корреляционный анализ проводился между содержаниями одних и тех же элементов в коренных породах и в рыхлых отложениях с расположением точек опробования строго по вертикали. Результаты корреляционного анализа подтвердили правильность выбора элементов-индикаторов первичных и вторичных ореолов: Cu (коренные породы—рыхлые отложения)—(+0,65), Mo (+0,59), Ag (+0,60), Pb (+0,46), Sn (+0,56). Элементы же, характеризующиеся сильной подвижностью в зоне гипергенеза с величиной коэффициента соответствия (0,20—0,25), проявляют очень слабую корреляционную связь— Co (+0,06), Zn (+0,12).

Оценка связи геохимических и геофизических аномалий. Для установления корреляционной связи геохимических и геофизических аномалий использовались результаты геохимического опробования и геофизических измерений, проведенных на поверхности и в подземных горных выработках золоторудных месторождений по сопряженным профилям с интервалом опробования и измерений в 10 м.

В результате корреляционного анализа установлена следующая зависимость между геохимическими и геофизическими данными по золоторудному месторождению 2; в подземных горных выработках (коэффициент корреляции γ усреднен по 4 выборкам) коэффициент зональности

ности $K_3 \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr} - \gamma_k$ (ВП) = +0,35, $K_3 - \rho_k$ (ЭП) = -0,08; на по-

верхности (γ усреднен по 20 выборкам)— $K_3 - \gamma_k$ (ВП) = +0,28, $K_3 - \rho_k$ (ЭП) = -0,15, $K_3 - \Delta Z$ = -0,40. По золоторудному месторождению 3 по-

лучены следующие результаты: $K_3 \frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V} - \gamma_k$ (ВП) = +0,47,

$K_3 - \rho_k$ (ЭП) = -0,30, $K_3 - \Delta g$ (+0,16).

Таким образом, установлена положительная корреляционная связь первичных геохимических ореолов с аномалиями поляризуемости по месторождению 2 (γ от +0,28 до +0,35), по месторождению 3 (+0,47) и силы тяжести по месторождению 3 (+0,16), отрицательная связь—с аномалиями удельного электрического сопротивления по месторождению 2 (γ от -0,08 до -0,15), по месторождению 3 (-0,30) и магнитными аномалиями по месторождению 2 (-0,40).

Необходимо отметить, что предлагаемая методика оценки связи геохимических и геофизических аномалий, в основе которой лежит корреляционный анализ, не является рациональной и требует дополнительных исследований.

Таким образом, использование корреляционного анализа при обработке данных количественных методов геологических исследований свидетельствует о его больших возможностях при решении ряда геоло-

го-геохимических и геофизических вопросов, касающихся проблемы поисков скрытых месторождений твердых полезных ископаемых.

*Кафедра методики поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых*

Поступила 11.11.1985

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаец А. Н., Дуденко Л. Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1976.
2. Шурыгин А. М. Статистика при подсчете запасов месторождений. М.: Изд-во МГУ, 1978.
3. Григорян С. В., Каблуков А. Д. Об использовании корреляционного анализа для интерпретации данных геохимического опробования.—Геология рудных месторождений, 1965, № 4.
4. Григорян С. В. Об изменении с глубиной характера корреляционных связей содержания элементов в эндогенных ореолах.—Вопросы прикладной геохимии. Вып. I. М.: Недра, 1966.
5. Сегалевич С. Ф. Использование корреляционного анализа при интерпретации аномалий различного состава и контрастности.—Геология и геофизика, 1975, № 12.
6. Тюленев А. Е. Возможности корреляционного анализа при поиске руд в корках выветривания.—Докл. АН СССР, 1978, т. 241, № 1.
7. Litchfield G., Wilcoxon F. The rank correlation method.—Analytical Chemistry, 2., 1955.
8. Мягков В. Ф. О геохимическом принципе исследования минеральных парагенезисов магматогенных месторождений.—Геохимия, 1963, № 4.
9. Безирианов Б. Г. О возможности использования «отрицательных» геохимических аномалий при поисках скрытых золоторудных тел (Малый Кавказ).—Уч. запiski ЕГУ, 1982, № 2.
10. Саркисян Г. А. Роль вмещающих пород при метасоматизме и зональность его продуктов на примере золоторудного месторождений. В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. М.: Недра, 1966.
11. Аристов В. В., Безирианов Б. Г., Шевырев И. А. О проблеме первоисточников золота в золоторудных месторождениях и ее значении для решения поисковых задач.—Изв. ВУЗ: Геология и разведка, 1972, № 12.
12. Безирианов Б. Г. Обоснование возраста эндогенного оруденения по геохимическим данным и его значение для поисков скрытых рудных тел.—Уч. запiski ЕГУ, 1984, № 1.

Բ. Հ. ՔԵԶԻՐԳԱՆՈՎ

ՀԱՐԱՔԵՐԱԿՅԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՄԱՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ԵՐԿՐԱՐԱՆԱ- ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ծրկրաբանա-երկրաբանական խնդիրների լուծման համար (տարրեր-ինդիկատորների ընտրությունը կույր հանքայնացման որոնումների համար, հանքավայրերի հանքատարության հեռանկարային գնահատումն ըստ խորության, ներծին հանքայնացման հասակի հիմնավորումը, երկրաբանական և երկրաֆիզիկական անոմալիաների կապի գնահատումը, առաջնային և երկրորդային երկրաբանական պսակների քանակական կապի հայտնաբերումը և այլն) առաջարկվում է հարաբերակցական վերլուծման օգտագործումը: