

Поисковая геохимическая модель золото-полиметаллического оруденения месторождения Зидарово и ее использование для разработки гипергенных аномалий на флангах рудного поля

Г. Я. Абрамсон¹, В. И. Морозов¹, В. Г. Първанов²

¹Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, 113127 Москва

²Предприятие геофизических исследований и геологического картирования, 1505 София

G. J. Abramson, V. I. Morozov, V. G. Parvanov — *A prospecting geochemical model for gold-polymetallic mineralizations in Zidarovo Deposit and its use for estimation of the hypergenous anomalies in the flanks of the ore field.* Detailed geochemical studies of primary and secondary aureols in the deposit reveal the general regularities in the distribution of the indicator elements in ore bodies, their relations to the geology and mineral composition of the ores relative to their geochemical aureols as well as the degree of natural hypergenic deformation of the primary aureols and ores during weathering. The general regularities in the variation of the geochemical parameters are as follows: the vein polymetallic mineralization is concentrated in steeply dipping bodies with SE dips; the mineral associations change in the ore bodies with depth and towards their flanks; the ore mineralizations are composed mainly of pyrite, sphalerite, galena, the latter associating with high gold content; the change of mineral associations corresponds to change in the geochemical associations (gold-silver-polymetallic associations in depth are replaced by gold-silver ones); the level of erosion of the ore mineralizations is expressed by a zonality coefficient $K_3 = \frac{Ag \times Pb}{Zn}$ whose value decreases monotonously

with depth sufficiently contrasting. The geochemical model may be used in prospecting works in scale 1:2000 to 1:10 000.

Специализированными геохимическими исследованиями первичных и вторичных ореолов золото-полиметаллического оруденения Зидаровского рудного поля были установлены общие закономерности распределения элементов-индикаторов в рудах и окорудном пространстве, их взаимосвязь с особенностями геологического строения и минеральным составом руд и ореолов, а также степень естественной гипергенной деформации первичных ореолов и руд в процессах выветривания. По результатам сопряженного изучения первичных и вторичных ореолов в пределах разведанных рудных зон месторождения построена поисковая геохимическая модель золото-полиметаллического оруденения.

На рис. 1 в схематичной форме отражен состав вмещающих коренных пород, а также распределение минеральных и геохимических ассоциаций в контурах рудного тела. Графиками справа показано изменение геохимических параметров в рудах и ореолах по простиранию рудной зоны.

Установленные закономерности сводятся к следующему:

— жильное полиметаллическое оруденение концентрируется в крутопадающих телах с юго-восточным склонением. Они характеризуются секущим положением относи-

тельно вмещающего комплекса пород трахиандезит-базальтовой формации (П о п о в и др., 1980). Фациальный контроль оруденения в масштабе рудных тел не установлен;

— в контурах рудных тел по вертикали и к периферии происходит смена минеральных ассоциаций. Рудная минерализация представлена в основном пиритом, галенитом и сфалеритом, с которыми ассоциируют высокие концентрации золота. В нижних пересечениях рудогенного пространства и на периферии золото-полиметаллическая минерализация сменяется золото-пиритовой. В этой ассоциации концентрации золота снижаются до первых mg/t ;

— смене минеральных ассоциаций соответствует и смена геохимических ассоциаций: золото-серебряно-полиметаллическая ассоциация вглубь сменяется на золото-серебряную. Контурные распространения минеральных и геохимических ассоциаций отчетливо контролируются степенью сульфидности руд, определяемой по содержанию в них общей серы;

— максимальная суммарная продуктивность полиметаллов соответствует среднерудным уровням разреза, к которому приурочены также и основные ресурсы золота.

Для оценки уровня эрозионного среза оруденения предложен коэффициент зональности $K_3 = \frac{Ag \times Pb}{Zn}$, величина которого монотонно убывает с глубиной с достаточной

степенью контрастности. Монотонность изменения величины индикаторного отношения, тесные корреляционные связи золота с элементами-индикаторами полиметаллического оруденения свидетельствуют об отсутствии процессов наложения минералов разных стадий и подтверждают закономерную смену в пространстве минеральных парагенезисов. Последнее и является гарантией надежности предлагаемых геохимических критериев.

В соответствии с масштабом построения поисковой геохимической модели диапазон ее использования отвечает масштабам 1:2 000—1:10 000.

Рассматривая особенности реализации отдельных параметров указанной геохимической модели в гипергенном поле рассеяния по результатам сопряженного опробования рыхлых и коренных пород в опорных разрезах, следует отметить достаточно высокую степень сходства между первичными и вторичными ореолами основных элементов-индикаторов, особенно в контурах их максимальных содержаний. Так, первичные ореолы золота, свинца, серебра, меди, в меньшей степени цинка, на поверхности над отдельными зонами отражены сопоставимыми по контрастности, но более значительными по линейным размерам вторичными ореолами. В условиях активной поверхностной эрозии механизм деформации ореолов в зоне гипергенеза сводится в основном к процессам рассеяния, благодаря которым вторичные ореолы обычно отличаются более сглаженным и упорядоченным распределением концентраций по сравнению с первичными ореолами (Г р и г о р я н и М о р о з о в, 1985).

Для элементов-индикаторов, отличающихся локальными и низкоконтрастными первичными ореолами (кобальт, никель, молибден, олово и др.), активное рассеяние материала в процессах элювиогенеза способствует естественному понижению аномальных концентраций, иногда до субфонового уровня и в результате — фактическому „исчезновению“ этих элементов из общего аномального спектра. В связи с этим следует отметить особую информативность свинца и серебра, как главных элементов-индикаторов золото-полиметаллического оруденения. Они характеризуются наиболее контрастными ореолами и отличаются достаточно низкой степенью гипергенной миграции, чем собственно и обеспечивается высокая точность совпадения и пространственных характеристик. Цинк, в силу более высокой геохимической подвижности в гипергенных превращениях, относится к группе элементов „далекого“ рассеяния, соответственно чему его вторичные ореолы более растянуты и сглажены относительно аномалий свинца и серебра. Тем не менее, при сопряженном эталонировании характеристик коэффициентов зональности в первичных и вторичных ореолах оказалось, что его величина в рыхлых и коренных породах в общем случае сопоставима. Однако в зоне максимальных значений этого отношения в первичных ореолах отмечено систематическое занижение

его значений в продуктах выветривания (в пределах одного порядка). Это означает, что при оценке уровня эрозионного вскрытия рудных зон по вторичным ореолам необходимо учитывать специфику изменения данного показателя в пределах наиболее контрастной части ореолов. С целью оценки перспектив золотосодержащих отдельных участков на флангах рудного поля и оценки возможных ресурсов полезных компонентов по геохимическим данным нами был выполнен комплекс специализированных исследований, включающий:

— обобщение результатов ранее проведенных на этой площади геохимических съемок с целью локализации границ аномальных участков, перспективных на золото-полиметаллическое оруденение;

— ландшафтно-геохимическое районирование площади рудного поля по условиям ведения геохимических работ с оценкой типа проявленности вторичных ореолов и выделением участков, благоприятных для выполнения геохимических поисков в поверхностном варианте;

— эталонирование вторичных ореолов на детально разведанной части рудного поля для уточнения количественных параметров их геохимической деформации в условиях данного района.

Поскольку ранее в пределах этого района каких-либо специализированных работ на золото не проводилось, основная идея в выделении перспективных на золото объектов заключалась в оконтуривании моно- и мультипликативных аномалий элементов (свинец, серебро, цинк), сопутствующих золотому оруденению, по данным архивных

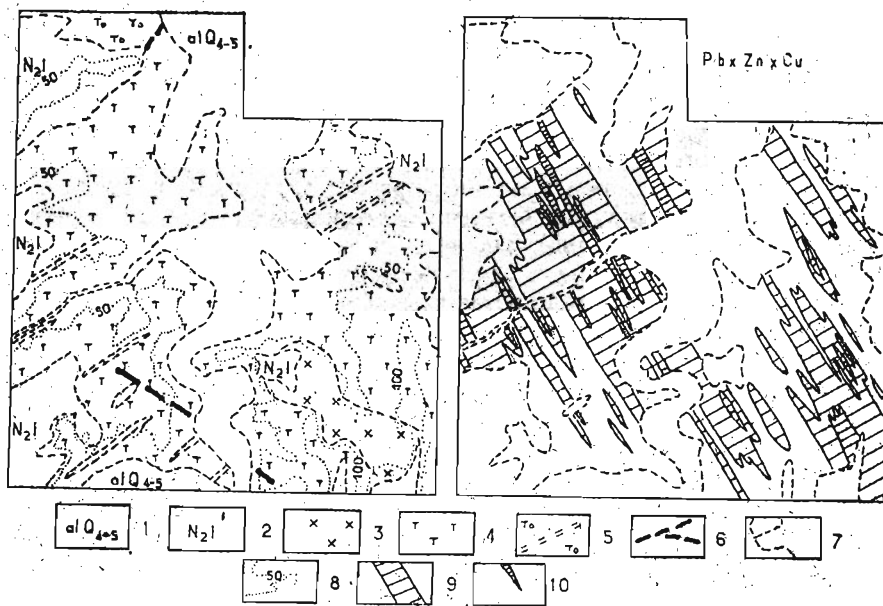


Рис. 1. Геологическая карта Жидаровского рудного поля и распределение геохимической ассоциации $Pb \times Zn \times Cu$ в контурах рудного поля: 1 — аллювиальные отложения речных долин (пески и глины); 2 — осадочные образования левантийской эрозионно-аккумулятивной поверхности (щебень, брекчаконгломераты, пески, песчаники, глины, известняки); 3 — Жидаровский плутон (сиенодиориты, диориты, габбро); 4 — меланократовые трахиты; 5 — пластовые туфы и туффиты; 6 — тектонические нарушения; 7 — геологические границы комплексов пород; 8 — горизонтали современного рельефа. Концентрации элементов в ореолах: 9 — свинец \times цинк \times медь ($250 \times 10^{-9}\%$); 10 — свинец \times цинк \times медь ($1000 \times 10^{-9}\%$)

материалов выполненных ранее здесь площадных геохимических съемок разного масштаба (рис. 1). Анализ этих материалов свидетельствует о весьма широком развитии рудогенных процессов в данной части рудного района (общая площадь аномального

геохимического поля элементов-индикаторов суммарно превышает 5 km^2), чем собственно и предопределяются его положительные перспективы в отношении собственно золото-полиметаллического оруденения.

Ландшафтно-геохимический анализ показал, что по условиям поисков с поверхности, 30—40% площади отличается неблагоприятным режимом проявленности вторичных литохимических аномалий в поверхностных образованиях и почвах, в связи с чем значительная часть площади на западной и северо-западной периферии рудного поля нуждается в проведении глубинных геохимических поисков, а результаты выполненного ранее на этих участках поверхностного опробования не могут быть признаны корректными.

Анализ геохимического спектра и структуры аномального поля в пределах культурных участков ландшафтов свидетельствует о наличии достаточно контрастных и обширных антропогенных аномалий, появление которых обусловлено длительным применением элементосодержащих препаратов и удобрений на виноградниках и других сельскохозяйственных угодьях. В этом случае, для нейтрализации эффекта техногенного загрязнения, геохимическое опробование нами выполнялось на уровне горизонта В или ВС, что в реальной ситуации отвечало глубине 30—40 см ниже пахотного горизонта. Как показали последующие сопоставления, при подобной процедуре опробования воздействие поверхностных техногенных загрязнений сводится к минимуму и может не учитываться при оконтуривании и разбраковке рудогенных аномалий в обычных вариантах геохимических поисков. Тем не менее наличие техногенных загрязнений на значительной площади ограничивает возможность поисков по наложенным ореолам на участках с покровами рыхлых образований значительной мощности, так как для слабоконтрастных солевых аномалий, фиксируемых в подвижных (вытяжки) фазах, простое углубление уровня пробоотбора может и не привести к желаемому эффекту. Поэтому необходимо весьма осторожно относиться к геохимическим поискам в варианте наложенных ореолов на территориях с интенсивной антропогенной деятельностью.

Детальное геохимическое опробование в масштабе 1:10 000, выполненное по рыхлым покровным образованиям в пределах уже разведанного участка месторождения (Юрта,) позволило охарактеризовать структуру и особенности вторичных ореолов золота над промышленно ценными рудными зонами в сопоставлении с аномалиями типоморфного комплекса элементов-индикаторов.

Установлено, что характерной особенностью строения вторичного ореола золота является крайне неравномерное распределение его содержаний, когда даже в соседних точках разница в концентрациях этого элемента может достигать нескольких порядков — от субфоновых значений до граммов на тонну. Общая размерность аномального поля золота в изоконцентрате $0,006 \text{ g/t}$ превышает площадь $1,0 \times 0,5 \text{ km}^2$, не будучи при этом оконтуренным ни по простиранию (ЮЮЗ), ни с флангов. В пределах этой аномальной полосы выделяется серия более локальных максимумов (до $0,1—0,5 \text{ g/t}$), отвечающих сопряженным жильным системам или отдельным линейно вытянутым зонам, сложная конфигурация которых отражает пространственную неравномерность распределения золота в геохимическом поле.

На рис. 2 в форме графиков показана структура вторичного ореола золота и сопутствующих ему элементов по одному из опорных разрезов, пересекающих серию жильных зон с промышленно ценными рудами. Как это видно из графиков, именно золото характеризуется наиболее значительными вариациями. При этом, все известные рудные зоны четко отмечаются его контрастными (более $0,1 \text{ g/t}$) максимумами, обычно тесно увязывающимися с максимумами остальных (свинец, серебро, цинк, медь) элементов-индикаторов.

В различных пересечениях по простиранию рудовмещающих структур в распределении комплекса рудогенных элементов во вторичных ореолах отмечаются сходные тенденции, причем вариации средних содержаний золота достигают почти десятикратных величин (табл. 1), а для сопутствующих элементов не превышают двух — пяти раз.

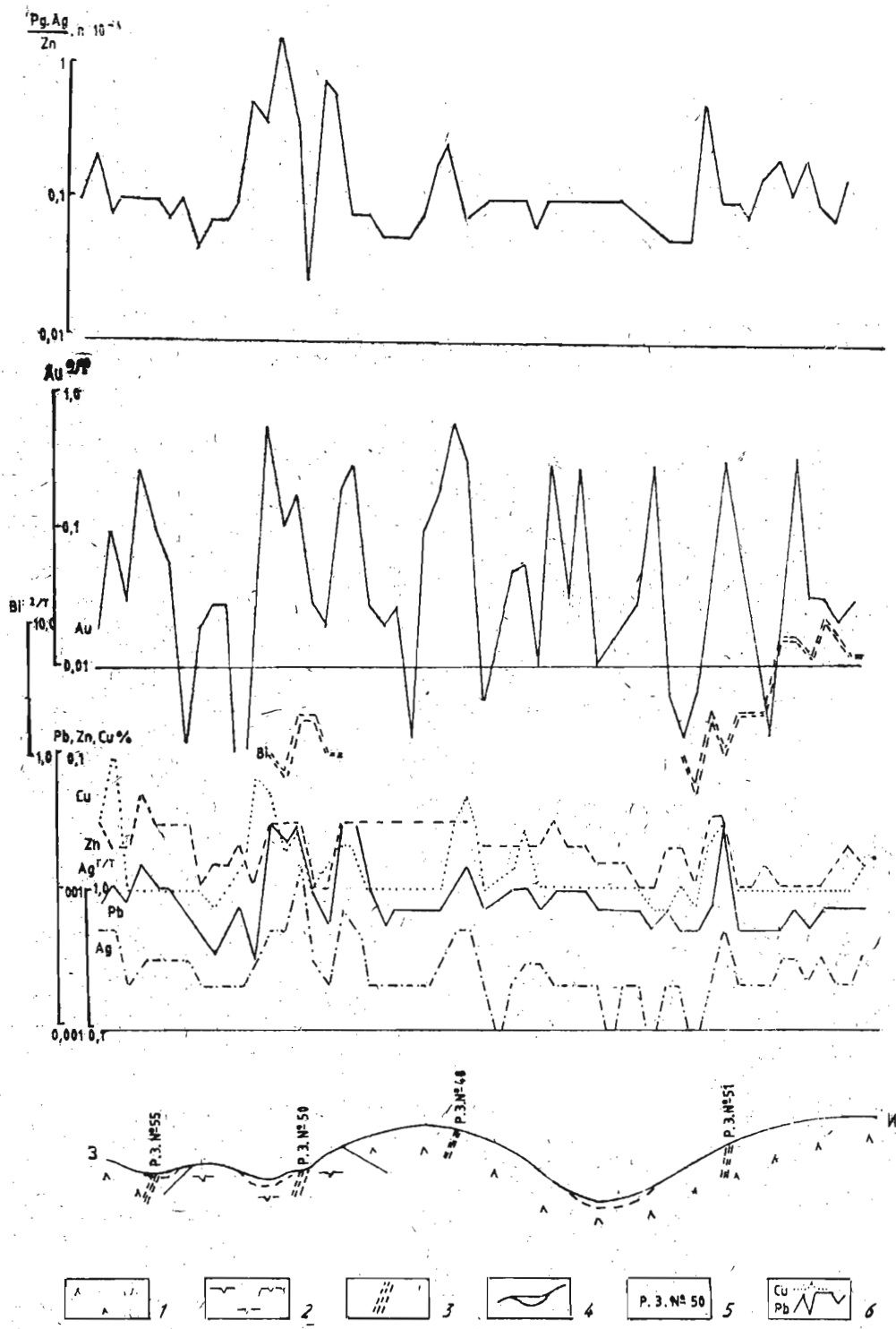


Рис. 2. Графики распределения содержаний элементов-индикаторов во вторичных ореолах по профилю 34 на участке Юрта: 1 — андезиты; 2 — трахиандезиты; 3 — рудные зоны; 4 — рыхлые отложения и почвы; 5 — номера рудных зон; 6 — графики содержаний элементов во вторичных ореолах

Таблица 1

Среднее содержание элементов-индикаторов во вторичных ореолах по простиранию основной рудовмещающей структуры

Элемент	Среднее содержание в п. 10 ⁻³ %			
	профиль 48	профиль 42	профиль 37	профиль 34
Золото (г/т)	0,07	0,27	0,04	0,15
Серебро	0,1	0,05	0,03	0,05
Свинец	53,0	49,0	8,2	17,5
Цинк	105,0	78,0	26,0	23,0
Медь	17,5	15,5	11,9	26,0
Никель	3,2	1,9	2,9	2,2
Кобальт	3,1	2,3	2,8	3,0
Молибден	0,38	0,3	0,3	0,3
Барий	83,0	68,0	70,0	72,0

Исходя из приведенных в табл. 1 данных, по характеру и интенсивности дифференциации в геохимическом поле отчетливо выделяется группа прямых элементов-индикаторов, изменчивость содержаний которых в гипергенном поле является и основным инструментом для разбраковки литохимических аномалий. В качестве примера последнего может быть указан график отношения $\frac{\text{свинец} \cdot \text{серебро}}{\text{цинк}}$ на рис. 3, вариации

которого над известными рудными зонами являются, по сути дела, основным эталонировочным параметром для разбраковки перспективных рудогенных аномалий на флангах рудного поля. Наоборот, элементы с низким уровнем дифференциации в околорудном геохимическом поле в данном случае малоинформативны.

Формационный геохимический тип золото-полиметаллического оруденения, рассчитанный в виде ранжированного ряда средних и максимальных содержаний элементов, нормированных в единицах местного фона для вторичных ореолов на изученной части месторождения, имеет следующий вид:

Золото—свинец—серебро—цинк—медь—кобальт—барий—молибден—никель (в геофонах)
(30) (8) (5,5) (5,4) (3) (2,3) (1,5) (1,47) (1,35) среднее
(500) (60) (50) (30) (40) (4) (2,2) (1,7) (2,5) максимальное

Из этого следует, что информативная геохимическая ассоциация во вторичных ореолах золото-полиметаллического оруденения фактически включает лишь первые пять (от золота до меди) элементов, тогда как остальные являются по сути дела лишь качественными признаками процессов рудогенеза на данной территории.

Для уточнения возможностей количественной оценки золотоносности сложно пространственно сопряженных жильных зон по данным поверхностной геохимической съемки в пределах аномалии золота были выполнены подсчеты его продуктивности в полях различных концентраций.

Полученные данные показали, что общие ресурсы золота во вторичных ореолах вполне удовлетворительно коррелируются с суммарными запасами этого металла по материалам разведочных работ на отдельных рудных зонах (без учета количества золота в первичных ореолах). Расхождения между этими итоговыми величинами составляют чуть более двух раз, что признается вполне удовлетворительным при оценке ресурсов по геохимическим данным (Григорян и др., 1983). При этом, сопоставление количества золота в полях ореола различных концентрационных уровней показывает, что основная доля ресурсов этого элемента (более 75%) сосредоточена на ограниченной части аномального поля (26% площади) в наиболее контрастном контуре ореола (табл. 2).

Отмеченные закономерности состава и строения гипергенных геохимических аномалий над известными рудовмещающими структурами месторождения позволяют

более объективно охарактеризовать перспективы золотоносности других участков, имея также в виду, что аналогичные геохимические взаимозависимости должны быть проявлены и в остальных структурных блоках рудного поля. Для этой цели в пределах ранее выделенных аномальных участков рудного поля (рис. 1), характеризующихся

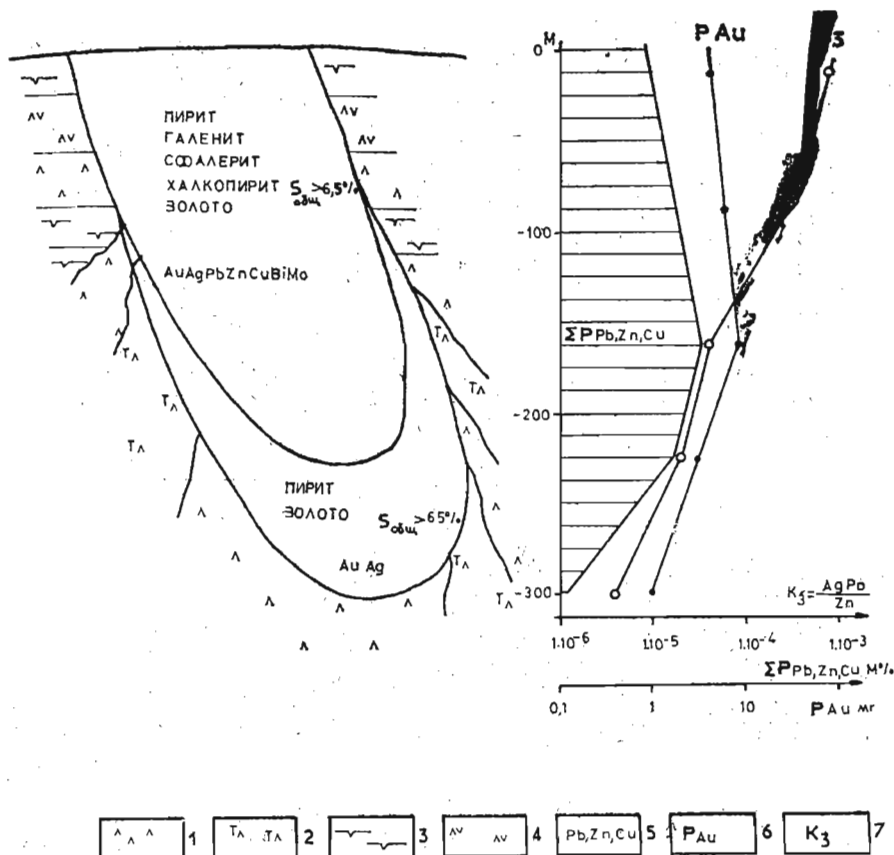


Рис. 3. Обобщенная геолого-геохимическая модель золото-полиметаллического оруденения: 1 — базальты; 2 — трахизбазальты; 3 — туфы; 4 — андезитобазальты; 5 — сумма продуктивностей Pb, Zn, Cu; 6 — продуктивность золота; 7 — коэффициент зональности

благоприятными условиями для поисков с поверхности, были выполнены детализационные (1:10 000) съемки с отбором рыхлых образований по методике, описанной выше. Подобный подход к выбору детализационных площадей на основе анализа результатов предшествующих геохимических работ позволил локализовать работы в пределах аномальных зон, заслуживающих внимания как объекты первой очереди, резко сократить объемы повторного геохимического опробования и мобильно (в течение 2—3 недель) выполнить весь необходимый комплекс полевых исследований.

По результатам детализационных геохимических съемок на площади рудного поля впервые оконтурены вторичные литохимические аномалии золота, а также сопутствующего им комплекса рудогенных элементов-индикаторов.

Сопоставление размерности и количественных параметров этих аномалий между собой показало, что объектов, аналогичных по масштабу золотоносности исследован-

Таблица 2

Структура вторичного ореола золота на участке Юрта

Градация содержания золота (в g/t)	Площадь ореола в % от общей	Продуктивность ореола в % от общей
0,01 — 0,05	61	15,3
0,06 — 0,09	13	9,3
0,1 — 1,0	26	75,4
	итого 100 %	итого 100 %

Таблица 3

Параметры вторичных ореолов элементов-индикаторов на участках работ

Участок работ	Золото		Серебро		Свинец		Цинк	
	км ²	М ² %*	км ²	М ² %	км ²	М ² %	км ²	М ² %
Юрта	0,35	1,0	0,29	11,4	0,48	5695	0,54	13640
Тепло	0,09	0,05	0,14	3,66	0,22	1221	0,29	4460
Инджебето	0,09	0,16	0,03	1,44	0,15	963	0,09	625
Восток	0,03	0,01	0,01	0,18	0,05	238	0,06	510

* — ресурсы золота в аномалиях показаны в условной шкале, за 1,0 приняты характеристики аномалий эталонного участка (1), для остальных — количество золота показано в долях от единицы.

ному нами в качестве геохимического эталона участка Юрта, на остальной территории нет (табл. 3).

Из остальных аномальных участков в пределах изученной площади по характеру суммарной металлоносности наибольший интерес представляет Инджебето, отличающийся более высокой продуктивностью золота на фоне более локальных по размерам аномалий элементов-спутников. Анализ структуры ореолов по отдельным пересечениям аномальной зоны на этом участке показал, что по характеру вариаций индикаторного показателя $\frac{Ag \times Pb}{Zn}$ данный объект отличается систематическим завышением

относительно принятых за эталон пересечений на участке Юрта. Следовательно эта аномальная структура характеризуется более высоким эрозионным срезом и соответственно имеет более благоприятные перспективы на глубину. Сопоставление металлоносности аномалий в полях различных концентраций показало, что распределение золота (контур ореола более 0,1 g/t охватывает 20% общей площади аномалии, но содержит почти 70% общих ресурсов) соответствует структуре его ореола в пределах промышленных рудных зон (табл. 2), и, таким образом, данная аномалия (Инджебето) является по сути дела слабоэродированным аналогом рудогенных аномалий участка Юрта.

Подобные сравнения по другим аномалиям не показали столь же благоприятных их перспектив в отношении слабоэродированного и концентрированного золотого оруденения, в результате чего дана рекомендация о сосредоточении поисково-оценочных работ в пределах участка Инджебето, отличающегося, в дополнение к изложенному, и наиболее благоприятной структурно-геологической ситуацией.

Л и т е р а т у р а

- Григорян, В. Л., А. П. Соловов, М. Ф. Кузин. 1983. *Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений*. М-во геологии СССР, М., Недра. 191с.
- Григорян, В. Л., В. И. Морозов. 1985. *Вторичные литохимические ореолы при поисках скрытого оруденения*. М., Наука. 237 с.
- Попов, П., Д. Антимова, И. Байрактаров, Г. Маринов, Л. Нафтали. 1980. Магматизм и структура восточной части Бургасского рудного района: II. Литостратиграфия вулканических пород сенона. — *Geol. Balcanica*, 10, 4, 68—89.

(Поступила 4. IV. 1989 г.)