

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ГАРЕЯН ГОАР РАЗМИКОВНА**

**СТЕРЕОЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК  
МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ  
ПОИСКОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени кандидата  
геологических наук по специальности  
24.01.01 – “Общая геология”**

**ЕРЕВАН – 2014**

---

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

**ԳԱՐԵՅԱՆ ԳՈՀԱՐ ՌԱԶՄԻԿՅԻ**

**ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԼԻԹՈԵՐԿՐԱԶԻՄԻԱԿԱՆ  
ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ՆՐԱՆՑ ԵՐԿՐԱԶԻՄԻԱԿԱՆ  
ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԱԿԱՆ ՀԻՄՔ**

**Ի.Դ. 01.01 - «Ընդհանուր երկրաբանություն» մասնագիտությամբ  
երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի  
հայցման ատենախոսության**

**Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր**

**ԵՐԵՎԱՆ – 2014**

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете

Научный руководитель: академик НАН РА, доктор геол.-мин. наук,  
профессор **Григорян Сергей Вагаршакович**

Официальные оппоненты: доктор геол.-мин. наук, профессор  
**Головин Аркадий Александрович**  
кандидат геол.-мин. наук  
**Хачанов Христафор Вагаршакович**

Ведущая организация: **Институт геологических наук НАН РА**

Защита состоится **13 июня 2014г., 14<sup>30</sup> часов** на заседании  
специализированного Совета 005 “Науки о Земле”  
при Ереванском государственном университете.  
Адрес: 0025, г. Ереван, ул. Ал. Манукяна 1, ЕГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан **12 мая 2014г.**

Ученый секретарь Специализированного  
совета, доцент

**Григорян М.А.**

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր  
պրոֆեսոր **Գրիգորյան Սերգեյ Վաղարշակի**

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր  
**Գուլվին Արկադի Ալեքսանդրի**  
երկր.-հանք. գիտ. թեկնածու  
**Խաչանով Քրիստաֆոր Վաղարշակի**

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների  
ինստիտուտ

Պաշտպանությունը տեղի կունենա **2014թ. հունիսի 13-ին, ժամը 14<sup>30</sup>**  
Երևանի պետական համալսարանին կից  
005 «Երկրագիտության» մասնագիտական խորհրդի նիստում:  
Հասցեն՝ 0025, Երևան, Ալեք Մանուկյան 1, ԵՊՀ:  
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքվել է **2014թ. մայիսի 12-ին**

Մասնագիտական խորհրդի գիտական  
քարտուղար, դոցենտ

**Գրիգորյան Մ.Ա.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Начало работ по разработке и внедрению в производство геологоразведочных работ литогеохимических методов поисков рудных месторождений относится к тридцатым годам прошлого столетия, когда Н.И. Сафроновым, А.П. Солововым, Н.Н. Сочевановым, их последователями и учениками в разных рудных районах бывшего СССР были начаты работы по изучению и практическому применению литогеохимических методов при поисках рудных месторождений.

Известно, что горнорудная промышленность в настоящее время является одной из важнейших отраслей экономики Республики Армения. В результате выполненных в предыдущие годы планомерных и интенсивных геологоразведочных работ количество выходящих на поверхность месторождений на территории Республики Армения резко сократилось. Это обстоятельство поставило на повестку дня выполнение специализированных научно-исследовательских методических работ с целью поисков скрытых (слепых и слабоэродированных) месторождений.

Работами последних лет доказано, что в решении поставленной проблемы наиболее эффективно применение литогеохимических методов, разработанных академиком С.В. Григоряном и его учениками. Несмотря на известные успехи во внедрении этой методики в производство поисковых работ (РФ, КНР, Швеция, Иран, Танзания, Конго и др.), в нашей республике геохимические методы поисков пока не используются в должном объеме.

Особенно актуальными представляются разработка и внедрение литогеохимических методов в производство поисково-разведочных работ на весьма характерных для металлогении Армении гидротермальных месторождениях золота. Актуальность этих работ определяется существенной долей золота в балансе продукции горнорудной отрасли страны, исключительной сложностью геологического строения и, прежде всего, морфологии рудных тел месторождений золота. Кроме этого, есть все предпосылки обнаружения новых месторождений золота, в том числе и нетрадиционных типов.

**Цель и задачи работы.** Целью работы являлась разработка и внедрение в производство эффективной методики литогеохимических поисков и оценки гидротермальных месторождений золота. Для достижения этой цели выполнены исследования по изучению особенностей состава и строения литогеохимических ореолов (первичных и вторичных) золотого оруденения, развитых в пределах площадей с различными ландшафтно-геохимическими условиями.

Согласно поставленной цели, в работе решены следующие основные задачи:

1. ***Выявление*** по результатам литогеохимического опробования известных (эталонных) месторождений элементного состава и строения (вертикальная зональность) первичных геохимических ореолов, с целью разработки критериев оценки литогеохимических аномалий.

2. ***Изучение*** особенностей пространственной корреляции в распределении элементов-индикаторов в коренных породах, перекрывающих их почвах и почвообразующих рыхлых отложениях, с целью разработки критериев оценки вторичных литогеохимических аномалий применительно к различным ландшафтно-геохимическим условиям.

3. ***Разработка*** эффективной методики обнаружения и оценки литогеохимических ореолов рудных тел и месторождений золота.

4. ***Внедрение*** разработанного комплекса критериев оценки литогеохимических аномалий в практику геологоразведочных работ.

**Объекты исследований и фактический материал.** Основные объекты исследований были выбраны для: а) стереогеохимического моделирования известных (эталонных) месторождений; б) апробации эффективности разработанной методики.

В качестве эталонов были выбраны золоторудные месторождения Меградзор (РА), Колар (Индия) и Джеруй (Киргизия).

Автор в течение ряда лет принимал участие в геохимических исследованиях (под руководством д.г.м.н. Б.Г. Безирганова), проводимых на Агарацком и Айгедзорском медно-молибденовых, Капанском и Алавердском медно-колчеданных, Сотском, Личквас-Тейском, Тертерасарском, Азатекском и Меградзорском золоторудных месторождениях.

Для диссертационной работы было выбрано Меградзорское месторождение как представитель типоморфных золоторудных гидротермальных месторождений, где автор в разное время проводил полевые исследования. В результате было отобрано большое количество геохимических проб из коренных пород (более 1500 проб) и рыхлых отложений (около 2350 проб). Месторождение Джеруй было выбрано в качестве представителя черносланцевой формации, с которой связаны крупные золоторудные объекты. Что касается месторождения Колар в Индии, то оно является классическим примером крупного золоторудного месторождения, локализованного в образованиях зеленокаменного пояса. Выбор указанных месторождений был продиктован перспективами обнаружения аналогичных объектов нашей страны.

Для построения стереогеохимических моделей указанных месторождений были использованы результаты многокомпонентных анализов геохимических проб коренных рудовмещающих пород отобранных автором, а также более 2500 анализов проб любезно предоставленных руководителем диссертационной работы академиком С.В. Григоряном. Апробация разработанной методики осуществлялась в пределах нескольких рудных полей. Для оценки их золотоносности были обработаны результаты анализов более 2300 геохимических проб.

**Методика работ и анализ проб.** Коренные породы были опробованы методом пунктирной борозды, сущность которого заключается в отборе нескольких кусочков (5-6 мелких сколов) пород через равные расстояния и объединенные в одну пробу. Опробование рыхлых отложений проводилось по заранее выбранным маршрутам. Пробы подверглись приближенно-количественному спектральному анализу в Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ИМГРЭ (Москва). Геохимические карты, схемы и модели составлены с использованием современных компьютерных программ (Surfer, CorelDRAW и др.).

**Научная новизна работы.** В результате проведенных исследований:

- установлено, что в строении околорудных метасоматических изменений рудовмещающих пород отчетливо проявляется вертикальная геохимическая зональность в распределении минералообразующих макроэлементов;

- установлено, что во многих случаях развитые на поверхности мультипликативные аномалии без золота могут быть индикаторами золотого оруденения, вторичные ореолы золота которых, по каким-то причинам (скорее всего из-за значительной мощности рыхлых отложений), не проявлены на поверхности;

- рекомендуемая методика позволяет успешно решать задачи оценки рудопроявлений и литогеохимических аномалий применительно к основным ландшафтно-геохимическим типам поисковых площадей: а) когда коренные рудоносные породы обнажены на поверхности; б) перекрыты автохтонными элювиально-делювиальными рыхлыми отложениями.

**Практическая ценность работы.** На основании разработанной методики в результате проведенных исследований были оценены перспективы ряда участков Пхрутского и Сарнахпурского рудных полей и Сипанского рудопроявления. Был определен также уровень эрозионного среза Сугутинского (Танзания) рудопроявления, где в настоящее время разведка сопровождается с эксплуатацией месторождения. Описания этих работ приведены в пятой главе.

#### **Защищаемые положения.**

1. Выявлена вертикальная геохимическая зональность в строении первичных геохимических ореолов исследованных эталонных месторождений, которая проявлена наиболее контрастно в мультипликативных ореолах. Ряды вертикальной зональности первичных ореолов этих месторождений соответствуют единому ряду элементов-индикаторов гидротермальных месторождений.

2. Установлено на примере месторождения Колар, что отчетливую вертикальную геохимическую зональность в околорудном пространстве образуют не только микро-, но и макроэлементы, что, по существу, является вертикальной зональностью околорудных метасоматических ореолов вмещающих пород. Выявлено также, что единый мультипликативный коэффициент обоих типов ореолов обладает более контрастной вертикальной зональностью.

3. Установлено, что в гипергенных условиях золото является весьма малоподвижным элементом, что явилось результатом изучения особенностей распределения золота и его элементов-спутников в коренных рудоносных

породах и перекрывающих их автохтонных рыхлых отложениях в пределах аномалий, развитых в различных ландшафтно-геохимических условиях.

4. Разработана методика оценки золотоносности литогеохимических аномалий, включающая:

- идентификацию формационной принадлежности литогеохимических аномалий;
- оценку уровня эрозионного среза литогеохимических аномалий с помощью вертикальной геохимической зональности первичных ореолов гидротермального золотого оруденения;
- оценку прогнозных ресурсов по категории  $P_1$  на перспективных по формационному типу и уровню эрозионного среза литогеохимических аномалиях.

**Объем и структура работы.** Работа выполнена на кафедре поисков и разведки месторождений полезных ископаемых факультета географии и геологии ЕГУ. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения – содержит 116 страниц текста, в том числе 4 таблицы, 66 рисунков. Список использованной литературы включает 58 наименований.

**Апробация работы и публикации.** Основные результаты работы и ее отдельные положения неоднократно обсуждались и докладывались на семинарах и конференции, посвященной 70-летию Э. Харазяна (2012г) факультета географии и геологии ЕГУ, опубликованы в “Ученых записках” ЕГУ и в “Науке о земле” НАН РА, в журнале “Образование и наука в Арцахе”.

По теме диссертации опубликовано шесть статей, в которых отражены научная новизна и основные защищаемые положения работы.

Автор считает приятным долгом выразить глубокую признательность и благодарность своему научному руководителю, академику НАН РА, профессору С.В. Григоряну за постоянное внимание, поддержку и неоценимую помощь, оказанную при выполнении данной работы, а также кандидату геол.- мин. наук А.З. Адамян за помощь в компьютерной обработке геолого-геохимической информации.

Автор выражает глубокую благодарность декану факультета географии и геологии ЕГУ доценту М.А. Григоряну за содействие в подготовке диссертационной работы.

Автор благодарит своих коллег по кафедре поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: заведующего кафедрой доцента Р.С. Мовсисяна, доцента А.С. Аванисяна за замечания и ценные советы при завершении работы, ассистента А.И. Мовсисяна за помощь в выполнении работы. А также зав. отделом мониторинга мин. ОП РА К.А. Багдасарян, кандидату геол.-мин. наук ИГН НАН РА Г.В. Шагиняну, профессору В.П. Варданяну, доцентам О.П. Гуюмджяну, С.С. Нерсисяну, В.И. Баласаняну, заведующего кафедрой Ш.В. Хачатряну и другим сотрудникам факультета за постоянное внимание и содействие.

## **ГЛАВА 1. ПЕРВИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕГРАДЗОР**

Меградзорское месторождение расположено в Памбакском рудном районе, занимает площадь около 40 кв.км и относится к одному из наиболее перспективных типов золоторудных полей. Месторождение было сформировано в условиях малых глубин (~1 км), эрозионный срез незначителен, вероятный вертикальный диапазон распространения оруденения составляет 0,5-0,8 км. Минералообразование происходило в средних температурах. Возраст оруденения считается посленижнеолигоцен-досреднемиоценовым.

Рудовмещающими породами месторождения являются вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена, представленные андезито-дацитовыми порфиритами, их туфами, туфобрекчиями, туффитами и прорванные интрузиями гранитоидного состава. Рудные тела представлены кварцево-рудными жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации, характеризуются непостоянной мощностью (от 0,5 до 2,5 м) как по простиранию, так и по падению. В состав рудных тел входят жильные минералы, сульфиды, сульфосоли, теллуриды, окислы. Основные концентрации золота и редких элементов связаны с пирит-халькопиритовыми, полиметаллическими и золото-теллуровыми типами руд.

В результате обработки данных геохимического опробования рудовмещающих пород и руд в подземных горных выработках и керна буровых скважин установлено, что повышенные концентрации одной группы элементов



избирательно накапливаются в верхних частях рудного тела, другой группы – в нижних сечениях.

Используя предложенный С.В. Григорьяном показатель зональности элемента-индикатора, который количественно отражает относительное накопление элемента на каждом горизонте, составлен следующий ряд вертикальной зональности (сверху вниз): Zn-Pb-Ag-Ba-Sn-V-Cu-Mo-Cr-Co-Ni.

Известно, что на основе вертикальной зональности первичных ореолов определяются наиболее эффективные элементы-индикаторы, используемые для оценки уровня среза геохимических аномалий. Для Меградзорского месторождения максимально удаленные один от другого в ряду зональности будут элементы: Pb-Zn-Ag-Ba (надрудные) и Mo-Cr-Co-Ni (подрудные).

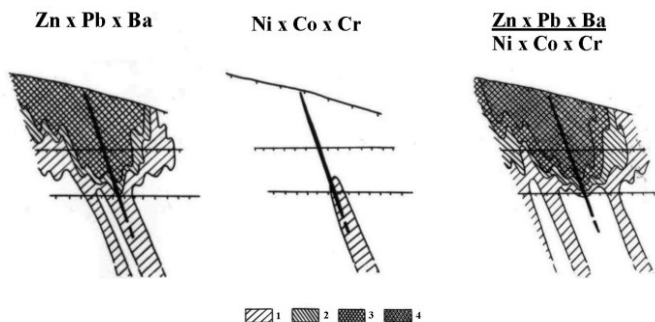


Рис. 1. Мультипликативные ореолы верхнерудных и нижнерудных элементов, коэффициент зональности

Содержания в %: 1.  $Zn \times Pb \times Ba - (30-90) \times 10^{-7}$  ( $Ni \times Co \times Cr$ ) -  $>90 \times 10^3$ ;  $Ni \times Co \times Cr - >270 \times 10^{-10}$ ;  $(Zn \times Pb \times Ba) / (Ni \times Co \times Cr) - (1-10) \times 10^3$ ; 2.  $Zn \times Pb \times Ba - (90-270) \times 10^{-7}$ ;  $(Zn \times Pb \times Ba) / (Ni \times Co \times Cr) - (10-30) \times 10^3$ ; 3.  $Zn \times Pb \times Ba - >270 \times 10^{-7}$ ;  $(Zn \times Pb \times Ba) / (Ni \times Co \times Cr) - (30-90) \times 10^3$ ; 4.  $(Zn \times Pb \times Ba) / (Ni \times Co \times Cr) - >90 \times 10^3$

Установленная закономерность особенно четко проявляется в строении мультипликативных ореолов ( $(Zn \times Pb \times Ba) / (Ni \times Co \times Cr)$ ). При их построении резко усиливается контрастность вертикальной зональности, и, благодаря большим размерам, применение этих ореолов дает более стабильные результаты (рис. 1).

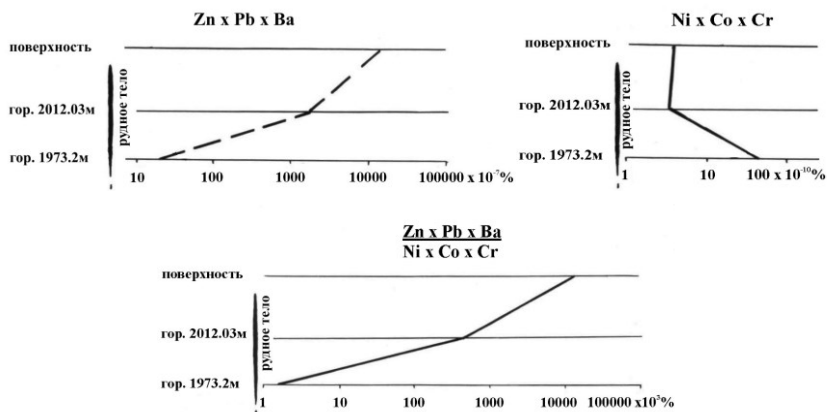


Рис. 2. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных величин и мультипликативного коэффициента первичных ореолов

Как видно на рис. 2, средняя мультипликативная величина надрудных элементов с глубиной уменьшается, а подрудных элементов, наоборот, увеличивается. Составлен также график изменения средней величины коэффициента зональности ( $K_z$ ), которая на глубину 80-100 м уменьшается в 10000 раз.

Исследуемый участок отрицательно оценивается на глубину, что подтверждает правильность оценки по результатам геологоразведочных работ. Следовательно,  $K_z$  можно использовать как надежный критерий для оценки перспектив рудоносности геохимических аномалий при поисках скрытого эндогенного оруденения данного типа, а также для оценки уровня эрозионного среза рудных тел и определения на этой основе их перспектив на глубину.

## ГЛАВА 2. ПЕРВИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОЛАР

Уникальное золоторудное поле Колар расположено в Южной Индии, в штате Карнатака. Это один из интереснейших объектов для изучения закономерностей образования золоторудных месторождений древних платформ и условий формирования эндогенных рудных месторождений со сверхбольшим (>3 км) вертикальным диапазоном распространения оруденения.

Зеленокаменный пояс Колар имеет протяженность с юга на север около 80 км, ширина непостоянная, местами достигает до 4.5-6.5 км. Рудные тела проникают на максимально установленную глубину вдоль лежащего бока глубинного разлома Майсур. Основное значение в сложении пояса имеют породы Коларской группы, представленной, главным образом, метабазальтами и метагаббро. Метаморфические породы относятся к амфиболитовой фации.

В рудном поле развиты рудные тела кварцевого и сульфидно-кварцевого типов. Центральное место занимает зона Чемпион риф, которая состоит из более 10 крупных золотокварцевых тел, разделенных между собой безрудными интервалами или участками развития мелких рудных тел. Общее падение зоны - западное. Рудные минералы – шеелит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, теллуриды и золото. Жильные минералы – кварц, амфиболы, полевые шпаты, карбонаты и другие.

Кварц-золоторудная минерализация зоны Чемпион риф отличается крайне низким содержанием рудных минералов (~1%). По этой причине первичные ореолы микроэлементов, окаймляющие рудоносные жилы, также характеризуются низкой интенсивностью и слабоконтрастной вертикальной геохимической зональностью. Для повышения контрастности этих параметров был применен мультипликативный метод.

На рис. 3 приведены графики изменения с глубиной мультипликативных коэффициентов надрудных и подрудных элементов, а также коэффициента вертикальной геохимической зональности, с помощью которого выявляется зональность с контрастностью более 1000. Опыт показывает, что такая контрастность достаточна для надежного определения уровня эрозионного среза геохимических аномалий и оценки перспектив их рудоносности при поисках слепых и слабоэродированных рудных тел и месторождений.

Первичные геохимические ореолы микроэлементов и их вертикальная геохимическая зональность уже заняли свое место в комплексе эффективных критериев поисков и оценки гидротермальных месторождений различных формационных типов. По единой методике автором были изучены особенности зонального распределения макроэлементов, так как «первичные геохимические ореолы и зоны околорудного изменения пород являются генетически родственными образованиями» (Беус, Григорян, 1975).

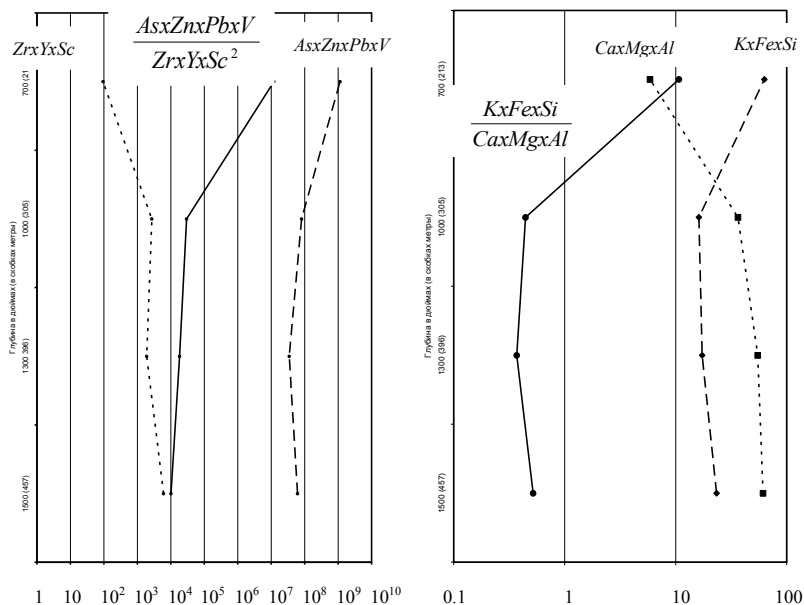


Рис. 3. Графики мультипликативных коэффициентов микро- и макроэлементов

На рис. 3 приведены также графики изменения с глубиной мультипликативных содержаний верхнерудных и нижнерудных макроэлементов и их мультипликативного коэффициента вертикальной геохимической зональности, контрастность которой превосходит 30.

Совместное использование вертикальной зональности обоих видов ореолов позволяет выявить более контрастную зональность (рис. 4), надежность практического использования которой при оценке уровня эрозионного среза геохимических аномалий будет существенно выше.

Приведенные выше данные представляют собой результат первого опыта совместного геохимического изучения околорудных ореолов микроэлементов (первичные ореолы) и макроэлементов (околорудные изменения рудовмещающих пород). Установленная отчетливая вертикальная геохимическая зональность в распределении макроэлементов может быть использована в качестве надежного критерия для фиксации рудоносных зон и оценки уровня их эрозионного среза.

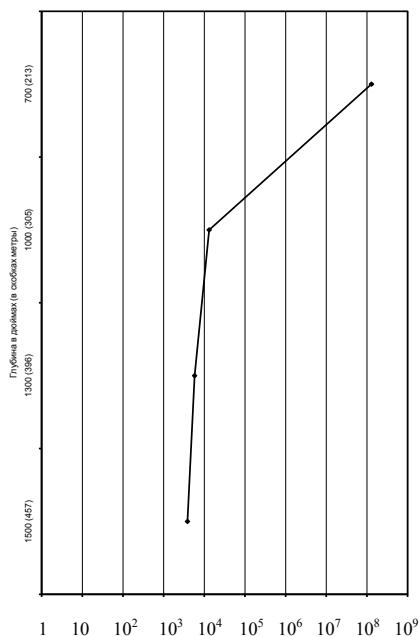


Рис. 4. График изменения с глубиной произведения коэффициентов вертикальной зональности мультипликативных ореолов макро ( $\frac{KxFexSi}{CaxMgxAl}$ ) и микро ( $\frac{AsxZnxPbxV}{ZrxYxSc^2}$ ) компонентов

Очевидно, что реализация такой возможности потребует продолжения научно-исследовательских работ по комплексному изучению околорудных ореолов микро- и макрокомпонентов не только золоторудных, но и других формационных типов гидротермальных рудных месторождений.

### ГЛАВА 3. ПЕРВИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРУЙ

Месторождение Джеруй располагается в северной части горной системы Тянь-Шаня, на высоте от 3000 до 3600 метров над уровнем моря. Это один из крупных месторождений черносланцевой золоторудной формации, возраст формирования – ранне-среднеордовикский.

Месторождение Джеруй выполняет купольную структуру в узле пересечения субширотной Ичкелетау-Сусамырской зоны смятия с радиальными

и дуговыми разломами. В строении месторождения принимают участие породы ортоауской свиты – кварцево-сланцевые гнейсы, мигматиты, известкисланцы, которые прорываются кварцевыми диоритами, монцодиоритами и дайками различного состава.

Золотоносный штокерк имеет форму опрокинутого конуса с сечением основания 250-300 м, высотой не менее 750 м. Среднее содержание Au 4.71 г/т. Наиболее высокие концентрации золота связаны со стволовым кварцевым телом. На верхних горизонтах рудомещающими породами являются кварцевые диориты и кварцевые монцодиориты. На глубоких горизонтах оруденение распространяется на древние сланцы, песчаники и доломиты.

Промышленную золотоносность определяет ранний золото-редкометалльный комплекс, который слагает ствольное кварцевое тело штокерка и сопровождающие его многочисленные жилы и прожилки. Среди рудных минералов наибольшим развитием пользуются самородное золото, блеклые руды, висмутин, молибденит, халькопирит, арсенопирит, шеелит, вольфрамит, галенит. Содержание сульфидов составляет 1-2 %. Золото главным образом присутствует в самородном виде, реже в форме теллуридов.

Обработка результатов анализов геохимических проб показала, что наиболее контрастные ореолы образуют золото, серебро, висмут, вольфрам, молибден и медь. По результатам расчетов линейных продуктивностей первичных ореолов золотого оруденения установлен следующий ряд вертикальной зональности (сверху вниз) – висмут-серебро-золото-медь-молибден-вольфрам.

На рис. 5 приведены графики вертикальной геохимической зональности первичных ореолов. Оба графика третьего порядка (три пары элементов) и выявляют весьма контрастную зональность: контрастность первого графика равняется в  $10^5$ , а второго – в  $10^7$ .

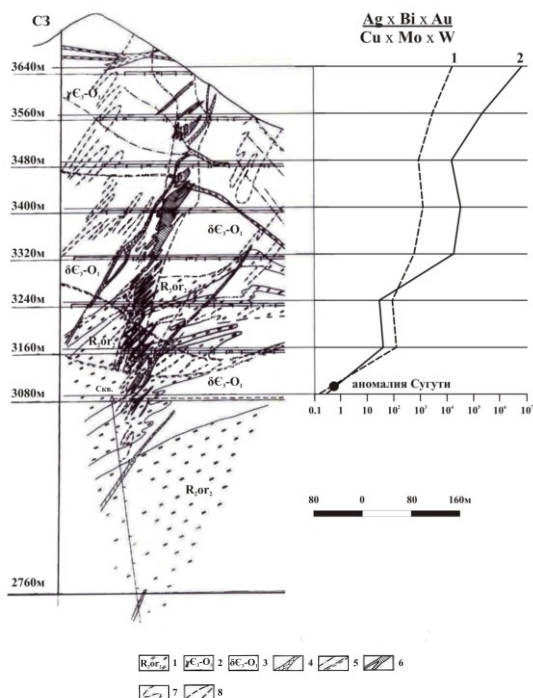


Рис. 5. Геологический разрез и мультипликативные графики вертикальной геохимической зональности рудоносной зоны

Графики построены по величинам коэффициентов: среднеаномального содержания элементов-индикаторов (1) и линейной продуктивности первичных ореолов (2).

1. карбонатно-терригенные породы; 2. граниты; 3. кварцевые диориты; 4. дайки; 5. разломы, трещины; 6. кварцевые жилы, линзы; 7. контур окварцевания более 10%; 8. контур рудного штокверка.

#### ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ПЕРВИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Для надежной оценки геохимических аномалий С.В. Григоряном было предложено использование количественно единой вертикальной геохимической зональности, установленной им в результате трехмерного литогеохимического моделирования многочисленных известных месторождений различных рудных формаций. В результате обобщения этих исследований был выявлен единый ряд элементов-индикаторов вертикальной геохимической зональности первичных

геохимических ореолов сульфидсодержащих гидротермальных месторождений. Это явилось научно-методической основой для разработки основанных на вертикальной геохимической зональности критериев оценки выявленных на поверхности геохимических аномалий и рудопроявлений.

Опыт показывает, что способ построения мультипликативных аномалий является весьма эффективным при поисковых работах, особенно при выявлении аномалий, представленных надрудными ореолами слепого, не имеющего выхода на поверхность оруднения.

Выявлено также, что в строении мультипликативных ореолов существует контрастная геохимическая зональность, которая фиксируется изменением с глубиной величин мультипликативного коэффициента. С их помощью становится возможной важная для практики поисковых работ дифференциация общего рудоносного интервала на надрудные, верхнерудные, среднерудные, нижнерудные и подрудные уровни среза.

В каждом рудном районе существуют многочисленные зоны рассеянной минерализации, которые являются серьезной помехой геохимическим поискам слепых и слабоэродированных рудных тел и месторождений. Вертикальная геохимическая зональность в распределении элементов-индикаторов возникает исключительно в пространственной связи с рудными телами и является следствием дифференциации элементов по вертикали. В зонах рассеянной рудной минерализации подобной дифференциации химических элементов не происходит.

Используя эту методику, была сделана попытка выявления количественно-единой геохимической зональности первичных геохимических ореолов гидротермальных золоторудных месторождений. Были обработаны результаты изучения первичных ореолов золоторудных месторождений Республики Армения, выполненного ранее под руководством проф. Б.Г. Безирганова. Результаты этих исследований приведены на рис. 6, где видно, что точки эталонных месторождений Меградзор, Шаумян и Азатек ложатся на прямой графика, фиксируя высококонтрастную количественно-единую вертикальную геохимическую зональность. Контрастность для слабоэродированного месторождения Шаумян достигает одного миллиона. Месторождение Азатек более глубокого эрозионного среза (исследовано только



на двух срезах) и поэтому высокой контрастностью зональности на графике не фиксируется. Что касается Меградзорского месторождения, то оно среднего уровня эрозионного среза, контрастность зональности превышает 1000.

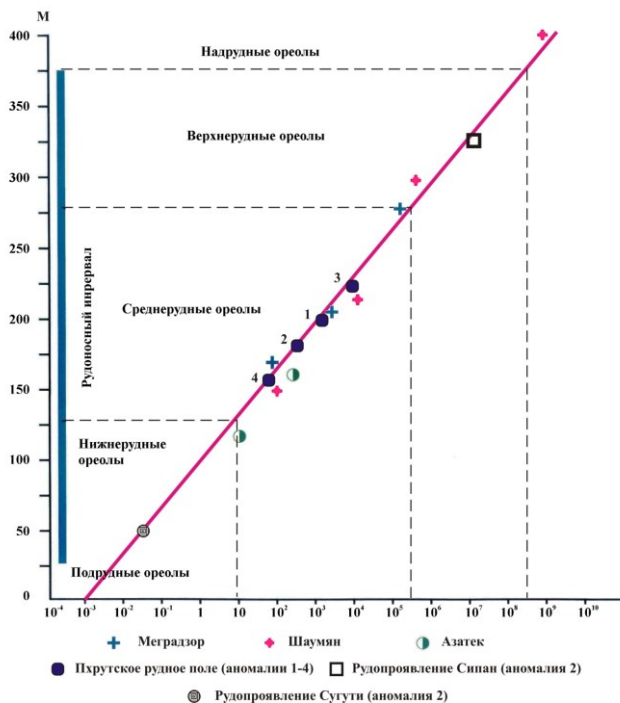


Рис. 6. График коэффициента  $\left( \frac{PbxZnxAgxCu}{Co^2xNixMo} \right)$

## ГЛАВА 5. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ВТОРИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Известно, что вторичные ореолы рассеяния золота и его элементов-спутников являются основными поисковыми признаками золоторудных месторождений, что определяется, прежде всего, дешевизной и представительностью опробования рыхлых отложений по сравнению с другими методами.

Метод первичных ореолов обеспечивает высокую эффективность интерпретации вторичных ореолов путем использования критериев оценки первичных геохимических ореолов. Естественно, что эти геохимические критерии применяются для оценки вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов только с учетом результатов изучения характера корреляции первичных и вторичных ореолов в конкретных ландшафтно-геохимических условиях поисковых площадей.

Совместное изучение в различных ландшафтно-геохимических условиях первичных и вторичных ореолов рассеяния золота и его элементов-спутников сделало возможным выявление “подавленности” золота в его вторичных ореолах, образовавшихся в результате гипергенного разрушения первичных ореолов. При количественной оценке вторичных ореолов следует иметь в виду, что вторичным ореолам золота и других малоподвижных элементов, как правило, должны соответствовать более высокие содержания этих элементов в коренных рудоносных породах. В связи с этим, не следует пренебрегать слабоконтрастными аномалиями этих элементов, которые на глубину в коренных породах могут перейти в рудные тела промышленного значения. Элементы-индикаторы, обладая различными миграционными особенностями в гипергенных условиях, при формировании вторичных литогеохимических ореолов могут обладать специфическими индикаторными свойствами.

Знание закономерной обратной зависимости между содержанием золота во вторичных ореолах его рассеяния и мощностью перекрывающих коренные рудоносные породы рыхлых отложений существенно повышает надежность интерпретации вторичных ореолов рассеяния золота и выбора на этой основе наиболее продуктивных его аномалий. Поведение золота в вертикальном разрезе рыхлых отложений по существу является универсальным, поскольку оно проявляется во всех типах ландшафтно-геохимических обстановок.

В отличие от золота, его элементы-спутники проявляют большую подвижность при формировании гипергенных ореолов рассеяния, благодаря чему их концентрации на поверхности являются высокими и, в ряде случаев, даже превосходят концентрации в коренных породах.

Это означает, что элементы-спутники золота являются надежными индикаторами тех золоторудных тел и месторождений, которые на поверхности

могут интенсивными вторичными ореолами золота не проявляться по причине значительной мощности перекрывающего коренные рудоносные породы чехла рыхлых отложений. Именно по этой причине развитие аномалий элементов-спутников за пределами вторичных ореолов рассеяния золота должно рассматриваться как возможный индикатор погребенного золотого оруденения, вторичные ореолы золота которого на поверхности не проявляются из-за значительной (критической для малоподвижного золота) мощности рыхлого чехла. Для решения подобной задачи фиксации “погребенного” вторичного ореола рассеяния золота локализованных в коренных породах рудных тел и месторождений представляется наиболее эффективным использование мультипликативных ореолов элементов-спутников золота. Во многих случаях развитые на поверхности мультипликативные аномалии без золота могут быть индикаторами золотого оруденения, вторичные ореолы золота которых по каким-то причинам (скорее всего из-за значительной мощности рыхлых отложений) не проявлены на поверхности.

Для иллюстрации эффективности геохимических поисков месторождений по вторичным ореолам в диссертационной работе описываются результаты геохимической оценки рудоносности ряда участков. На четырех участках были выявлены перспективные на глубину вторичные ореолы рассеяния золота и его элементов-спутников. Два из этих участков находятся на стадии более детальных поисково-оценочных работ, включающих опробование коренных пород с целью уточнения перспектив рудоносности вторичных ореолов рассеяния золота и его спутников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований сделаны следующие выводы и предложения:

1. Выполненные исследования позволили на базе представительных данных предложить рациональный комплекс литогеохимических методов поисков скрытых и слабоэродированных гидротермальных месторождений золота. Надежность предложенного комплекса методов стала возможной благодаря разработке новых и коренному усовершенствованию уже существующих способов.
2. Важные в научно-методическом и практическом отношении результаты получены при изучении первичных геохимических ореолов гидротермального оруденения золоторудной формации известных в РА месторождений золота.
3. Установлена высокая эффективность применения способов построения различных модификаций интегральных графиков и аномалий. Благодаря подавлению помех, выявлено:
  - мультипликативные аномалии обладают значительными размерами и интенсивностью (по сравнению с моноэлементными) и по этому надежны для практического применения;
  - геохимические аномалии, оконтуренные по величине различных мультипликативных коэффициентов, отличаются от моноэлементных однозначной пространственной связью с рудными телами;
  - пространственная корреляция первичных и вторичных ореолов является более тесной для мультипликативных модификаций ореолов.
4. По результатам сопряженного геохимического опробования рудоносных коренных пород, перекрывающих их почв и почвообразующих автохтонных элювиально-делювиальных рыхлых отложений:
  - выявлена возможность фиксации перекрытых автохтонными рыхлыми отложениями (мощностью до 4м) рудных тел и месторождений по вторичным ореолам рассеяния элементов-индикаторов;
  - установлен дифференциальный ряд подвижности золота (наиболее инертное) и его элементов-спутников (более подвижные).

5. Выявлена количественно-единая вертикальная геохимическая зональность в строении первичных геохимических ореолов изученных гидротермальных золоторудных месторождений Армении. Она использована для оценки уровня эрозионного среза ряда геохимических аномалий Пхрутского рудного поля и рудопроявления Сипан РА.
6. Разработанные в результате литогеохимического моделирования гидротермальных месторождений золота критерии использованы для оценки ряда литогеохимических аномалий: Пхрутское, Сарнахпюрское рудные поля и рудопроявление Сипан.
7. Используя коэффициент вертикальной геохимической зональности первичных ореолов ( $AgxBiAu/MoWxCu$ ) месторождения Джеруй, принадлежащего к черносланцевой рудной формации, определен уровень эрозионного среза аномалии Сугутинского (Танзания) рудопроявления той же формации. Расчитаны также прогнозные ресурсы данной аномалии.
8. Внедрение в производство рассмотренной выше методики обеспечит более целевые поиски скрытых тел, исключит из стадии проверочных горнобуровых работ бесперспективных на глубину рудных тел и месторождений, а также многочисленных зон рассеянной рудной минерализации. Это позволит сэкономить значительные финансовые средства и время, а также не причинить вреда экологии.

#### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. **Адамян А.З., Арутюнян Л.В., Гареян Г.Р., Григорян С.В.** Особенности состава и строения первичных геохимических ореолов золоторудного месторождения Колар (Индия). Известия НАН РА, Науки о Земле, №2, 2010, с. 41-47.
2. **Безирганов Б.Г., Гареян Г.Р.** О значении вертикальной зональности первичных геохимических ореолов при поисках скрытого эндогенного оруденения на Меградзорском месторождении Арм. ССР. Ученые записки ЕГУ, Естеств. науки, 1983, № 3, с. 119-123.

3. **Безирганов Б.Г., Гареян Г.Р.** К методике оценки прогнозных ресурсов скрытого эндогенного оруденения по геохимическим ореолам. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1987, № 10, с.122-124.
4. **Гареян Г.Р.** Опыт литогеохимических поисков золотого оруденения (на примере Пхрутского рудного поля). Ученые записки ЕГУ, Геология и география, 2011, №1, с.16-19.
5. **Григорян С.В., Адамян А.З., Гареян Г.Р.** О методике оценки литогеохимических аномалий при поисках золоторудных месторождений. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №3, 2009, с. 23-27.
6. **Григорян С.В., Арутюнян Л.В., Гареян Г.Р., Хайретдинов И.** Эколого-геохимическая оценка выщелачивания золота при разработке золоторудных месторождений. Образование и наука в АРЦАХЕ № 3-4, 2013, с. 143-146.

## ԳՈՀԱՐ ԳԱՐԵՅԱՆ

### ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԼԻԹՈԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ՈՐՊԵՄ ՆՐԱՆՑ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԱԿԱՆ ՀԻՄՔ

#### Ամփոփում

1. Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում առաջարկվում է ոսկու քաքնված և թույլ հողմնահարված հիդրոթերմալ հանքավայրերի որոնման լիթոերկրաքիմիական մեթոդների ռացիոնալ կոմպլեքս, որն անհրաժեշտ հուսալիության է հասել մոր մշակումների և գոյություն ունեցող եղանակների արմատական կատարելագործման շնորհիվ:
2. Գիտամեթոդական և գործնական առումով կարևոր արդյունքներ են ստացվել ՀՀ հայտնի ոսկու հանքավայրերի հիդրոթերմալ հանքայնացման առաջնային երկրաքիմիական պատկերների ուսումնասիրությունների ժամանակ:
3. Բացահայտված է ինտեգրալային գրաֆիկների և անոմալիաների տարբեր մոդիֆիկացիաների կառուցման եղանակների օգտագործման բարձր արդյունավետությունը: Պարզվել է, որ
  - մուլտիպլիկատիվ անոմալիաներն ունեն ավելի մեծ չափեր և ինտենսիվություն, քան մոնոտարրերը, որի շնորհիվ հուսալի են գործնական կիրառության համար,
  - մոնոտարրերի հետ համեմատած՝ տարբեր մուլտիպլիկատիվ գործակիցների մեծություններով եզրագծված երկրաքիմիական անոմալիաների տարածական կապը հանքային մարմինների հետ միանշանակ է,
  - առաջնային և երկրորդային պատկերների տարածական կոռելյացիոն կապն առավել ամուր է նրանց մուլտիպլիկատիվ մոդիֆիկացիաների համար:
4. Հանքատար արմատական ապարների, դրանք ծածկող հողերի ու ավտոխթոն էլյուվիալ - դելյուվիալ առաջացումների զուգակցված երկրաքիմիական մոշտարկման արդյունքների հիման վրա.
  - բացահայտված է փխրուն առաջացումներով ծածկված (մինչև 4մ հզորության) հանքային մարմիններն ու հանքավայրերը ֆիքսելու

հնարավորությունն ըստ տարր-ինդիկատորների ցրման երկրորդային պսակների,

- հաստատված է ոսկու (առավել իներտ) և նրա տարր-ուղեկիցների (ավելի շարժուն) շարժունակության դիֆերենցիալ շարքը:

5. Ուսումնասիրված հանքավայրերի առաջնային պսակների կառուցվածքում հայտնաբերված է քանակապես միասնական ուղղահայաց երկրաքիմիական զոնալականություն, որն օգտագործվել է Փխրուտի հանքային դաշտի և Սիփանի հանքաերևակման մի շարք երկրաքիմիական անոմալիաների էրոզիոն կտրվածքի մակարդակի գնահատման համար:
6. Ոսկու հիդրոթերմալ հանքավայրերի լիթոերկրաքիմիական մոդելավորման արդյունքում մշակված չափանիշները կիրառվել են Փխրուտի և Սառնաղբյուրի հանքային դաշտերի և Սիփանի հանքաերևակման մի շարք անոմալիաների գնահատման համար:
7. Օգտագործելով սև թերթաքարային ֆորմացիային պատկանող Ջերույ հանքավայրի առաջնային պսակների ուղղահայաց երկրաքիմիական զոնալականության գործակիցը ( $AgxBiAu / MoxWxCu$ )՝ գնահատվել է նույն ֆորմացիայի Սուգուտի (Տանգանիա) հանքաերևակման էրոզիոն կտրվածքի մակարդակը: Հաշվարկվել են անոմալիայի կանխագուշակային ռեսուրսները:
8. Վերը քննարկված մեթոդիկան արտադրության մեջ ներդնելը կապահովի քաքնված մարմինների ավելի նպատակային որոնումները, կբացառի ոչ հեռանկարային, խորը տեղադրված հանքային մարմինների ու հանքավայրերի, ինչպես նաև ցրված հանքային միներալացման գոտիների ստուգողական լեռնահորատման աշխատանքները: Այն հնարավորություն կընձեռի տնտեսել զգալի ֆինանսական միջոցներ ու ժամանակ՝ վնասներ չհասցնելով էկոլոգիային:



**GOHAR GAREYAN**  
**STEREOLITOGEOCHEMICAL MODELING OF GOLD DEPOSITS**  
**AS A METHODOLOGICAL BASIS OF THEIR**  
**GEOCHEMICAL EXPLORATION**

**Conclusion**

As outcomes of research conducted by the author, the following results can be outlined:

1. Based on the presented data, the research conducted under within the topic of this dissertation work allowed to suggest a rational complex of lithogeochemical methods of prospecting of hidden and weakly eroded hydrothermal gold deposits.
2. Important from scientific-methodological standpoint results are received in studying of primary geochemical halos of hydrothermal sulfide- gold formation of known golden deposits in the Republic of Armenia.
3. A high efficiency of various methods of integral graphs and anomalies is proved.  
Due to noise suppression:
  - Multiplicative anomalies have more considerable sizes and intensity (compared to monoelements) and due to it, those are more reliable for practical use.
  - Geochemical anomalies, delineated by the magnitude of various multiplicative coefficients differ from monoelement by more defined spatial connection to the ore body.
  - Spatial correlation of primary and secondary halos is denser for multiplicative modifications of the halos.
4. As a result of conjugate geochemical sampling of ore-bearing bedrocks and capping soils as well as soil-forming autochthonous deposits:
  - A possibility of fixation of autochthonous deposits (with depth of up to 4m) of ore body and sediments is detected by secondary dispersion halos of indicators – elements.
  - A differential mobility of gold (the most inert) and its elements-satellites (more mobile) is established.
5. A single-qualitative vertical geochemical zonality in the structure of primary geochemical halos of studied hydrothermal golden ore deposits in Armenia is

detected. It has been utilized for assessing the erosion cut's level for geochemical anomalies of Pkhroun ore field and Sipan mineralization in the Republic of Armenia.

6. The criteria, developed as a result of lithogeochemical modeling of hydrothermal gold deposits, have immediately been utilized for the assessment of a number of lithogeochemical anomalies: Pkhroun ore field, Sarnakhyur ore field, Sipan mineralization.
7. Using the ratio of vertical geochemical zonality of primary halos ( $\text{AgxBiAu/MoWxCu}$ ) of Jerooy mine that belongs to black shale ore formation, the erosion cut's level of Sugut (Tanzania) mineralization's anomaly is assessed. Forecast of resources of this anomaly calculated too.
8. The above-examined methodology deserves a prompt introduction in the geological exploration works for a more effective prospecting of hidden ores and, with the support of the recommended methodology, exclusion of deeply eroded ore bodies and deposits from the verification during mining and drilling stage as well as numerous zone of dispersed ore mineralization. This will allow saving considerable monetary fund and time, as well as will not harm the environment.