Горно-металлургический институт
Общество охраны недр

БЕЗИРГАНОВ Б.Г.

ПРОГНОЗ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ СКРЫТОГО ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Серия: Рациональное использование рудного сырья
и эффективное освоение недр Армении

Ереван, ГЕОИД, 2002

Горно-металлургический институт
Общество охраны недр

БЕЗИРГАНОВ Б.Г.

ПРОГНОЗ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ СКРЫТОГО ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

36008

Серия: Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении

Выпуск 5

Ереван, ГЕОИД, 2002

УДК 550.812(479.25)
ББК 26.325(2Ар)
Б 396
Печатается по решению Геологической секции Горно-металлургического института и Президиума Общества охраны недр

Р е ц е н з е н т: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Р.Г.Геворкян

Безирганов Б.Г.
Б 396 Прогноз и методика поисков скрытого эндогенного оруденения в пределах рудных полей и месторождений Армении. -Ер.: ГЕОИД, 2002.-355с.

Серия: Рациональное использование рудного сырья
и эффективное освоение недр Армении.

Выпуск 5.

Дана краткая характеристика структурно-металлогенических зон Армении и главных рудных формаций, а также геолого-структурных, минералогических и петрофизических особенностей месторождений. Рассмотрены предпосылки и признаки поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения.

Впервые описаны особенности состава, интенсивности, морфологии, размеров и зональности первичных геохимических ореолов месторождений главных рудных формаций, приведены характерные особенности геохимических ореолов рудных формаций. Изложена методика локального прогноза и поисков скрытого оруденения: описаны поисковые модели месторождений главных рудных формаций, дана оценка перспективности объектов, приведена схема методики поисков скрытого оруденения для отдельных стадий поисковых и разведочных работ, а также методика оценки прогнозных ресурсов.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, студентов, научных работников, инвесторов и предпринимателей.

ББК 26.325(2Ар)

Б $\frac{\textbf{1804050000}}{\textbf{0179(01)-2002}}$ **2002**

ISBN 99930-900-4-2

© БЕЗИРГАНОВ Б.Г., 2002.

ԼԵՌՆԱ-ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ԸՆԴԵՐՔԻ ՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅՈՒՆ

Բեզիրգանով Բ.Հ.

Հայաստանի հանքային դաշտերի և հանքավայրերի տարածքներում չմերկացված հրածին հանքայնացման կանխագուշակումը և որոնման մեթոդները

Տպաշարք: Հայաստանի հանքային հումքի արդյունավետ օգտագործում և ընդերքի լիարժեք յուրացում

Երևան, ԳԵՕԻԴ, 2002

MINING-METALLURGICAL INSTITUTE
ENTRAILS PROTECTION SOCIETY

Bezirganov B.G.

Forecast and methods of closed endogenous mineralization searching in the limits of ore fields and deposits of the Republic of Armenia

Ser: Armenian mining raw materials rational using and entrails effective developing

Yerevan, GEOID, 2002

Տպաշարքի պատասխանատու խմբագիր
ԽՍՀՄ Պետական Մրցանակի դափնեկիր, երկրաբանական
գիտությունների դոկտոր, Հայաստանի ճարտարագիտական
Ակադեմիայի ակադեմիկոս
Պ.Գ.Ալոյան
Տպաշարքի խմբագրական կոլեգիա՝
երկրաբ.գ.դ. Պ.Գ.Ալոյան (գլխավոր խմբագիր)
երկրաբ.- հանք.գ.դ. Բ.Հ.Բեզիրգանով, տեխ.գ.դ. Վ.Ռ.Իսրաելյան
երկրաբ.- հանք.գ.թ. Ս.Հ.Վարդանյան, երկրաբ.- հանք.գ.թ.
Վ.Վ.Թովմասյան,
երկրաբ.գ.թ. Հ.Պ.Ալոյան (պատասխանատու քարտուղար)

Ответственный редактор серии
Лауреат Госпремии СССР, доктор геологических наук,
академик Инженерной Академии Армении
П.Г.Алоян
Редакционная коллегия серии:
доктор геол.н. П.Г.Алоян (главный редактор)
доктор геол.-мин.н. Б.Г.Безирганов,
доктор техн.н. В.Р.Исраелян,
канд. геол.-мин.н. С.У.Вартанян,
канд. геол.-мин.н. В.В.Товмасян
канд. геол.н. Г.П.Алоян (ответственный секретарь).

Responsible editor of series
USSR State Prize Winner, doctor of geological sciences
Academician of the Engineering Academy of Armenia
Editorial board of series:
doctor of geol. s. (editor-in-chef) P.G.Aloyan,
doctor of geol.-mineral. s. B.G.Bezirganov,
doctor of tech. s. V.R.Israelyan,
cand. of geol.-mineral. s. S.H.Vartanyan,
cand. of geol.-mineral. s. V.V.Tovmasyan,
cand. of geol.- s. H.P.Aloyan
(responsible secretary).

ВВЕДЕНИЕ

Восстановление известных и создание новых производственных мощностей по переработке руд цветных металлов и золота в республике требуют обнаружения новых месторождений и увеличения разведанных запасов минерально-сырьевых ресурсов. Для выполнения данной задачи важное значение имеет совершенствование и внедрение в практику поисковых и разведочных работ комплекса геологических, геохимических и геофизических методов.

Последовательное развитие геологоразведочных работ и освоение минерально-сырьевых ресурсов выдвигают в качестве одной из ведущих проблему поисков скрытых месторождений твердых полезных ископаемых. Эта проблема особенно актуальна для освоенных горнорудной промышленностью районов, а также месторождений, находящихся в стадии разведки или эксплуатации, где основной источник прироста запасов - скрытое оруденение. К числу таких относятся многие рудные поля и месторождения Армении, где некоторые действующие предприятия с истощающимися запасами требуют скорейшего открытия и вовлечения в промышленное освоение ресурсов скрытого оруденения. В этих целях необходима разработка предпосылок и признаков поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения цветных металлов и золота в пределах Соткского, Меградзорского, Азатекского, Айгедзорского, Капанского, Ахтала-Шамлугского, Техутского, Агаракского и Каджаранского рудных полей. Помимо направлений дальнейших геологоразведочных работ для открытия новых месторождений полезных ископаемых, результаты этих исследований имеют большое значение в развитии теоретических основ поисков скрытых месторождений полезных ископаемых. Поэтому настоящие исследования решают проблему, имеющую важное народнохозяйственное значение.

Планомерные геохимические исследования на территории Армении проводятся с начала 50-ых годов прошлого столетия. Основной объем геохимических исследований проводился сотрудниками Управления геологии Арм.ССР в процессе геологического картирования и поисков (К.Р.Варданян, Э.Г.Харатян, Л.С.Карсецян и др.). Геохимические ореолы отдельных месторождений медной, медно-молибденовой и золотополиметалли-

ческой формаций изучались Р.Г.Оганесяном, А.З.Адамян, А.К.Сагателяном, Э.Н.Барановым, Св.С.Мкртчян и др.

Фундаментальные исследования в области геохимических методов поисков рудных месторождений Армении и некоторых зарубежных стран проводились и проводятся крупным ученым с мировым именем академиком Национальной академии РА С.В.Григоряном, который является основателем школы рудничных геохимиков республики.

К сожалению, до настоящего времени нет обобщающих геохимических исследований по поискам скрытого эндогенного оруденения в пределах основных рудных полей и месторождений Армении с учетом особенностей их геологического строения. Отсутствуют научно обоснованные исследования по комплексированию геолого-структурных, минералого-геохимических и петрофизических (геофизических) параметров прогноза и поисков скрытого оруденения на основе формационной принадлежности конкретных объектов. Формационное поисковое моделирование рудных месторождений вкупе с вышеизложенным является тем недостающим звеном, что будет восполнено, по нашему мнению, настоящей монографией.

В период многолетних геолого-структурных, минералогических, геохимических и петрофизических исследованиий в пределах рудных полей и месторождений Армении автором проведена геологическая съемка отдельных участков рудных полей, уточнены геологические карты ряда объектов, выполнена шлиховая съемка по аллювиальным отложениям, отобрано 43450 геохимических проб, 300 образцов для определения физико-механических свойств вмещающих пород и руд, 350 проб-протолочек для минералогических исследований.

Изучены основные месторождения четырех главных рудных формаций постмагматических месторождений Армении: золоторудной с подформациями золото-серебряной, золото-свинцово-цинковой и золото-серебро-сурьмяной; меднорудной; медно-молибденовой; свинцово-цинковой. Систематизированы геолого-структурные, минералогические и петрофизические особенности месторождений главных рудных формаций. Установлены общие особенности и различия состава, интенсивности, морфологии, размеров и зональности первичных геохимических ореo-

лов месторождений различных рудных формаций; выявлены обобщенные ряды геохимической зональности элементов-индикаторов месторождений отдельных рудных формаций и ряды индикаторной значимости элементов для золота; рекомендован мультипликативный коэффициент привноса для поисков скрытого оруденения золоторудной формации. Возраст эндогенного оруденения предположительно установлен по геохимическим данным для некоторых месторождений золоторудной (Шаумян), меднорудной (Капан, Шамлуг) и свинцово-цинковой (Ахтала) формаций как послепозднеюрский (послесреднеэоценовой), а не среднеюрский, принимаемый ранее, что значительно расширяет площади поисковых работ для выявления скрытого оруденения. Выявлены предпосылки и признаки локального прогнозирования скрытого оруденения (геохронологические, структурно-тектонические, магматогенные, минералогические, геохимические, петрофизические, геофизические). Геохимические предпосылки и признаки являются наиболее эффективными для обнаружения скрытого оруденения в пределах рудных полей и месторождений Армении. Впервые разработаны поисковые модели, отражающие главные особенности эндогенного оруденения эталонных месторождений и на их основе рекомендована методика поисков скрытого оруденения применительно к месторождениям главных рудных формаций.

Работа выполнена на кафедре методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Ереванского государственного университета.

1. ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЛАВНЫХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ АРМЕНИИ

Скрытые рудные тела месторождений главных рудных формаций (золоторудная, меднорудная, медно-молибденовая, свинцово-цинковая) обладают специфическими особенностями морфологии и условий залегания, определяющими локальный прогноз и методику их поисков. Рудные тела (жильные, штокообразные, линзообразные, штокверковые) размещаются в зонах разрывных нарушений, обычно под фильтрационными и структурными экранами.

1.1. Структурно-металлогеническое районирование территории Армении

Территория Армении располагается в пределах горных цепей Малого Кавказа, составляя небольшой отрезок Средиземноморского складчатого и металлогенического пояса альпийского возраста. По сложности геологического строения, интенсивности и многообразию магматических процессов и связанного с ними рудогенеза исследуемый регион представляет большой практический и научный интерес. Эта небольшая территория характеризуется почти полным стратиграфическим разрезом от метаморфических пород докембрия до четвертичных образований. Происходившие здесь в различные этапы геологического развития складчатые движения и заложение глубинных разломов сопровождались внедрением крупных интрузивных масс (гранитоиды, щелочные, основные и ультраосновные породы), с которыми связано эндогенное оруденение. Известны промышленные концентрации меди, молибдена, золота, свинца и цинка, железа, хрома, а также рудопроявления марганца, ртути, сурьмы, мышьяка и др.

В процессе долговременных металлогенических исследований в пределах Армении выделялись различные по металлогенической специализации и структурному положению структурно-металлогенические зоны и области (Магакьян, 1954, 1959, 1967; Магакьян, Мкртчян, 1957; Асланян, 1958; Вартапетян, 1965; Габриелян, 1974).

В настоящее время придерживаться какой-либо из существующих схем затруднительно, поскольку за последние десятилетия на территории Армении открыты, разведуются и эксплуатируются медно-молибденовые и золоторудные месторождения в ранее выделяемой Алаверди-Капанской (медноколчеданной), золоторудные и медноколчеданные месторождения в Памбак-Зангезурской (медно-молибденовой), а также медно-молибденовые и полиметаллические месторождения в Севано-Амасийской структурно-металлогенических зонах и др.

Анализ существующих материалов по Малому Кавказу позволяет выделить между впадинами Куринской на северо-востоке и Араксинской на юго-западе (междуречья Куры и Аракса) следующие структурно-металлогенические зоны, отличающиеся друг от друга геолого-структурными особенностями и характером магматизма без отчетливой металлогенической специализации (рис.1.1).

I. Сомхето-Карабахская зона.

II. Севано-Амасийская зона.

III. Армянская зона с Капанским сегментом.

I. Сомхето-Карабахская структурно-металлогеническая зона характеризуется широким развитием мощных толщ вулканогенно-осадочных образований юрского, мелового и эоценового возраста. В основании разреза обнажаются интенсивно дислоцированные метаморфические породы нижнего палеозоя - докембрия. Эти толщи образуют кулисообразно расположенные складки общей северо-западной ориентировки. Интенсивное складкообразование сопровождалось внедрением гранитоидных интрузий мезо-кайнозойского возраста. Одним из важных факторов в локализации интрузивных образований и парагенетически с ними связанных постмагматических месторождений явились антиклинальные складки и крупные разрывные нарушения. Сомхето-Карабахская зона характеризовалась в основном медно-колчеданным и полиметаллическим оруденением (Алаверди, Шамлуг, Ахтала). В настоящее время, в связи с обнаружением и разведкой золото-полиметаллического (Марцигет) и медно-молибденового (Техут) оруденения, существенно изменились представления о металлогенической специализации этой зоны.

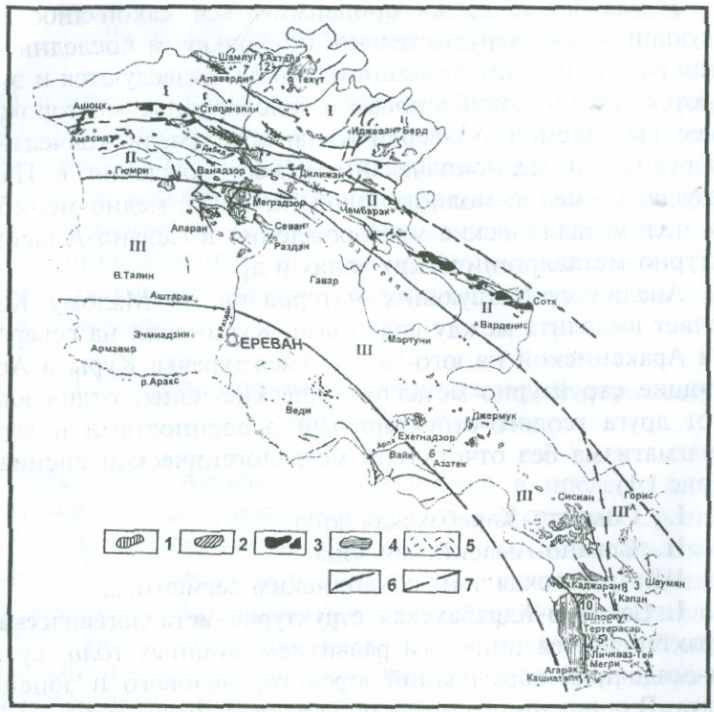


Рис.1.1. Структурно-металлогеническое районирование Армении с объектами исследований

Структурно-металлогенические зоны: I-Сомхето-Карабахская, II-Севано-Амасийская, III-Армянская зона с Капанским сегментом (III^A): 1-гранитоиды (кайнозой), 2-гранитоиды (мезо-кайнозой), 3-основные и ультраосновные интрузивы (доверхний мел), 4-гранитоиды (палеозой), 5-гидротермально измененные породы, 6-оси антиклинальных складок, 7-главнейшие разломы.

Объекты исследований. **Золоторудная формация:** 1-Соткское рудное поле, 2-Меградзорское рудное поле, 3-Шаумянское месторождение, 4-Личкваз-Тейское месторождение, 5-Тертерасарское месторождение, 6-Азатекское рудное поле. **Меднорудная формация:** 7-Шамлугское месторождение, 8-Капанское рудное поле. **Медно-молибденовая формация:** 9-Техутское рудное поле, 10-уч.Шлоркут Каджаранского месторождения, 11-уч.Кашнатап Агаракского месторождения. **Свинцово-цинковая формация:** 12-Ахтальское месторождение.

II. Севано-Амасийская структурно-металлогеническая зона. В ней широко распространены верхнемеловые и эоценовые вулканогенно-осадочные, осадочные и вулканогенные отложения, смятые в изоклинальные складки и прорванные гипербазитами верхнемелового-эоценового возраста и более молодыми (олигоцен-миоценовыми) средней кислотности гранитоидными интрузиями. Местами, в ядрах антиклинальных структур и вдоль глубинных разломов, обнажаются метаморфические породы фундамента. Известные постмагматические месторождения и рудопроявления приурочены к участкам проявления наиболее молодого магматизма и разрывных нарушений. В период доверхний мел внедрились основные и ультраосновные породы, с которыми сингенетично связаны месторождения хромита (Шоржа, Джил), проявления асбеста, магнезита, никеля и платины. В пределах этой зоны развит ряд гидротермальных месторождений и рудопроявлений, парагенетически связанных с посторогенным комплексом малых интрузий (олигоцен-миоцен): золота (Сотк, Гамзачиман), меди (Чибухли, Назои-юрт), свинца и цинка (Когес, Ардви, Маймех), ртути (Сараландж, Буратапа, Кясаман и др.), а также меди и молибдена (Антониевское, Назои-юрт). Установлены также проявления железных (Базум) и марганцевых (Мегрут) руд.

III. Армянская структурно-металлогеническая зона с Капанским сегментом характеризуется широким развитием вулканогенно-осадочных пород эоцена и олигоцен-миоцена, прорванных крупными массивами гранитоидных интрузий. На отдельных участках зоны, в ядрах крупных положительных структур вскрываются метаморфические породы. Слагающие зону породы образуют крупный антиклинорий, осложненный второстепенными складками и разрывными нарушениями, контролирующими локализацию эндогенного оруденения. Наибольшую роль в металлогении этой зоны играют олигоцен-миоценовые интрузивные комплексы, с наиболее поздними фазами внедрения которых (малые интрузии гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров и граносиенит-порфиров) парагенетически связаны гидротермальные месторождения. В пределах Армянской зоны развиты медно-молибденовые (Каджаран, Агарак, Джиндара, Дастакерт, Анкаван), золоторудные (Меградзор, Личкваз-Тей, Тертерасар,

Азатек), полиметаллические (Газма, Гюмушхана), ртутные (Мазра, Хосров), медные (Личк) месторождения и рудопроявления. Известны также железорудные месторождения Сваранц и Абовян.

Капанский сегмент. В пределах района пользуются широким распространением юрские вулканогенно-осадочные отложения, слагающие Капанскую антиклинальную складку, разбитую разрывными нарушениями на ряд тектонических блоков. К антиклинальной складке приурочены малые интрузии и парагенетически с ними связанные постмагматические месторождения меди (Капан), золота (Шаумян), меди и молибдена (Шикахох) и ряд проявлений других металлов.

Таким образом, в пределах всех описанных структурно-металлогенических зон развиты гидротермальные месторождения и рудопроявления основных рудных формаций Армении - золоторудной, меднорудной, медно-молибденовой и свинцово-цинковой и, следовательно, строго специализированные по одному металлу металлогенические зоны на территории республики отсутствуют.

1.2. Главные рудные формации

Трактовка самого названия "рудные формации", за критерии выделения которых принимаются весьма различные показатели состава руд или условий их образования, по сей день противоречива (Захаров, 1965; Магакьян, 1967, 1969; Кузнецов и др.,1972; Р.Константинов, 1973; Строна, 1978, 1982; Щеглов, 1980; Фоменко, 1981 и др.). Рудные месторождения Армении группируются автором в четыре главные рудные формации, изучением и формационной классификацией которых занимались И.Г.Магакьян (1959, 1967), Б.С.Вартапетян (1965), Э.А.Хачатурян (1968); С.А.Мовсесян (1972, 1979), Ш.О.Амирян (1973, 1984), Г.О.Пиджян (1975), А.И.Карапетян (1982), П.Г.Алоян (2000, 2001) и др.

Анализ формационных классификаций рудных месторождений Армении показывает, что одни и те же месторождения, в особенности золоторудные, группируются хотя и в близкие, но в различные по названию рудные формации. Например, месторождение Сотк А.Т.Асланян (1958) относит к золото-сереб-

ро-висмуто-теллуровой формации, И.Г. Магакьян (1967) - золото-теллуровой, Ш.О.Амирян (1973) - к золото-сульфидно-теллуровой и т.д.

Как отмечает П.А.Строна (1982), выделение рудных формаций неизбежно связано с внесением элементов субъективной оценки, зависящей от взглядов и целей исследования. При этом конкретные рудные формации, относимые к одному и тому же типу, обладают некоторыми провинциальными особенностями или различиями, связанными с их разновозрастностью и т.д. Поэтому для каждого формационного типа могут быть названы устойчивые, обязательные признаки, наряду с признаками, свойственными лишь отдельным конкретным формациям. Он же отмечает возможность выделения специальных или специализированных рудных формаций, определяемых содержанием того или иного полезного ископаемого в практически интересных количествах.

В настоящее время месторождения этих золотосодержащих формаций являются объектами разведки и эксплуатации на золото и, следовательно, все эти формации можно объединить в одну единую группу под общим названием "золоторудная формация", согласно составу ведущего металла (Кузнецов и др., 1972; Р.Константинов, 1973), и, принимая в основу классификацию золоторудных месторождений Армении по Ш.О.Амиряну (1973, 1984), подразделить их на три главные подформации (согласно составу ведущих металлов): золото-серебряную (Сотк, Меградзор и др.), золото-свинцово-цинковую (Шаумян, Личкваз-Тей, Тертерасар, Арманис и др.), золото-серебро-сурьмяную (Азатек).

Согласно тем же классификациям, месторождения меди, например, Шамлугское, исследователи относят в единые, но также в различные по названию рудные формации - медно-серноколчеданную, колчеданную, медноколчеданную и т.д. Предлагается месторождения меди сгруппировать в меднорудную формацию. По тому же принципу (ведущего металла) выделяется свинцово-цинковая формация. Формационная классификация рудных месторождений Армении на основе состава ведущего металла (металлов) отвечает специфике данной работы.

Предлагается сгруппировать рудные месторождения Ар-

мении в четыре главные рудные формации:

1. Золоторудная формация: а) золото-серебряная подформация (Сотк., Меградзор); б) золото-свинцово-цинковая подформация (Шаумян, Личкваз-Тей, Тертерасар, Арманис); в) золото-серебро-сурьмяная (Азатек).

2. Меднорудная формация (Алаверди, Шамлуг, Капан и др.).

3. Медно-молибденовая формация (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Шлоркут, Кашнатап, Анкаван, Техут и др.).

4. Свинцово-цинковая формация (Ахтала, Привольненское, Мовсес).

Золоторудная формация. Общая характеристика золоторудной формации приводится по работам И.Г.Магакьяна и Ш.О.Амиряна (1967), И.Г.Магакьяна и др. (1972), Ш.О.Амиряна (1973, 1984), П.Г.Алояна (2000).

Золоторудная минерализация связана со всеми интрузивными циклами, развитыми в пределах известных в Армении структурно-металлогенических зон (Амирян, 1984). Золоторудные месторождения парагенетически связаны с различными комплексами интрузивных пород - от габбро-диоритов и диорит-порфиритов до порфировидных гранитов и кварцевых порфиритов. Промышленные концентрации золота связаны с более поздними дифференциатами магматического очага, внедрившимися в виде малых интрузивных тел и даек. С геохимической точки зрения богаты золотом те месторождения, в которых хорошо проявлена ассоциация следующих элементов: серебро, висмут, сурьма, мышьяк, теллур, золото, цинк, свинец и медь, а в минеральном составе руд преобладают их сульфиды, сульфосоли и теллуриды.

Золоторудная минерализация проявилась в различных стадиях развития структурно-магматических зон и оруденения, но собственно золоторудные месторождения образовались в поздние и конечные стадии их развития, в связи с поздними расколами земной коры и внедрением малых интрузий. В посторогенный период геосинклинального развития (альпийская металлогеническая эпоха) образуются крупные, промышленного значения, золоторудные месторождения (Сотк, Меградзор, Шаумян, Личкваз-Тей, Тертерасар, Азатек). В тот же период золото в

виде примеси проявляется в медноколчеданных, полиметаллических, барит-полиметаллических и в медно-молибденовых рудах. Следовательно, золотая минерализация проявляется во всех рудных формациях Армении.

Золото-серебряная подформация представлена месторождениями Сотк, Меградзор и др. Она парагенетически связана с олигоцен-миоценовым комплексом малых интрузий, внедрившимися в конечные этапы геотектонического развития Севано-Амасийской и Армянской структурно-металлогенических зон. Оруденение на месторождениях контролируется разрывными нарушениями и зонами трещиноватости и дробления пород, развитыми в пределах антиклинальных складок.

Рудовмещающими породами этой подформации являются габбро, габбро-перидотиты, монцониты, сиениты, порфириты, туффиты, туфобрекчии и другие породы. Морфология рудных тел: крутопадающие жилы, реже гнезда, карманы, зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Крутопадающие жилы преимущественно скрытого типа, редкие их выходы окислены. Минеральный состав рудных тел: кварц, пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит, самородное золото, теннантит, тетраэдрит, теллуровисмутит, тетрадимит, энаргит, кренерит, калаверит, сильванит, алтаит, петцит, гессит, киноварь, антимонит и др. Околорудные изменения выражены в серицитизации, карбонатизации, окремнении, каолинизации, березитизации и лиственитизации вмещающих пород. На месторождениях отчетливо наблюдается зональная последовательность рудоотложения: на нижних горизонтах развиты преимущественно сульфидные ассоциации, на верхних - золото-теллуровые и сульфосолевые. Золото имеет весьма неравномерное распределение. Проба золота в сульфидной ассоциации составляет 930, в теллуровой - 840 и ниже.

Месторождения золоторудной формации, приуроченные к основным и ультраосновным породам, известны как на территории бывшего Советского Союза (Южный Урал, Северный Казахстан, Малый Кавказ), так и в США и др. Данный тип золотого оруденения в качестве самостоятельного стал выделяться Н.И.Бородаевским (1948). После изучения золоторудных месторождений Южного Урала была предложена генетическая группи-

ровка золоторудных месторождений и рудных тел, приуроченных к основным и ультраосновным породам.

Основные особенности месторождений данного типа обобщены в работах В.Линдгрена (1932), М.П.Ложечкина (1935), Дж.Конноли и др. (1937), П.И.Кутюхина (1947, 1960), Ш.О.Амиряна (1960, 1973), А.А.Фахри (1966), Г.А.Саркисяна (1966), Б.Г.Безирганова (1969, 1973, 1988), М.М.Константинова и др. (1969, 2002), Ш.О.Амиряна и А.С.Фарамазяна (1974), С.В.Григоряна и др. (1998).

Примеры золоторудных месторождений, приуроченных к основным и ультраосновным породам, не являются исчерпывающими и во многом отражают лишь сведения, известные автору из доступной ему литературы и опыта в изучении Соткского месторождения на Малом Кавказе (Армения). Рассмотренные золоторудные месторождения, приуроченные к основным и ультраосновным породам, позволяют обратить внимание на следующие их особенности (табл.1.1).

- По тектоническому положению они развиты преимущественно в складчатых областях и характеризуются приуроченностью к зонам глубинных разломов, проходящих через металлогенические золотоносные провинции и зоны.
- По генезису месторождения данного типа относятся к постмагматическим (гидротермальным), для которых предполагается парагенетическая связь с посторогенным комплексом малых интрузий (гранодиориты, плагиограниты, диорит-порфиры и др.); основные и ультраосновные породы являются лишь вмещающими для золотого оруденения.
- Собственно магматических золоторудных месторождений, приуроченных к основным и ультраосновным породам, неизвестно, есть только золотосодержащие медно-никелевые месторождения, где золото извлекается попутно.
- Намечается два подтипа золоторудных месторождений рассматриваемого типа: первый подтип объединяет месторождения, в которых основные и ультраосновные породы по своим физико-механическим свойствам являются благоприятной средой для локализации рудных тел (Малый Кавказ, Южный Урал, Северный Казахстан, США); второй подтип включает месторождения, в которых основные и ультраосновные породы являются

Геологическая и минералого-геохимическая характеристика золоторудных месторождений, приуроченных к основным и ультраосновным породам

№№ п/п	Золоторудные месторождения	Главные рудоконтролирующие факторы (металлогенические золотоносные зоны, зоны глубинных разломов)	Породы, вмещающие интрузивы	Рудовмещающие породы	Форма рудных тел
	Южный Урал				
1.	Крестовая гора	■	/\/\/\	v v v	|▲
2.	Богородское	■	/\/\/\	v v v	▲|
3.	Россыпинское	■	/\/\/\	v v v	▲
4.	Золотая гора	■	/\/\/\	v v v	|▲
5.	Тыелгинское	■	/\/v v	v v x x	|##
6.	Северо-Наелинское	■	/\/v v	г-х v v	|▲#
7.	Южно-Наелинское	■	/\/\/\	v v v	▲##|
8.	Лысая гора	■	/\/v v	x x v v	|▲
9.	Михеев лог	■	/\/v v	v v x x	|##
10.	Гора Мурашкиной	■	/\/\/\	v v v	|##
11.	Мечниковское	■	/\/\/\	v v г г	|##
12.	Сана-Букан	■	/\/\/\	v v v	##
13.	Благодатное	■	/\/\/\	г г г	|
14.	Джетыгара	■	v v v	+ + +	|##
15.	**Сев.Казахстан** (Джеламбет)	■	/\/\/\	г г г	|##
16.	**Армения** (Сотк)	■	/\/\/\	г г v v	|##
	США				
17.	Блюветт (шт.Вашингтон)	■	///	v v v	|
18.	Аллегонский горный округ	■	///	v v v	|
19.	Теллурид (шт. Колорадо)	■	/\/\/\	г-х г-х	|
20.	Блю-Маунтинс (шт. Орегон)	■	/\/\/\	г г г	|

1 XXX 2 +++ 3 ГГГ 4 VVV 5 /\/\/\ 6 /// 7 \| 8 ▲ 9 ### 10 ■ 11

1-диориты. 2-плагиограниты. 3-габбро. 4-перидотиты. 5-вулканогенно-осадочные породы. 6-метаморфические сланцы. 7-жилы. 8-линзы, залежи. 9-штокверки, зоны. 10-рудоконтролирующие факторы, минералы, элементы, околорудно-измененные породы присутствуют. 11-рудоконтролирующие факторы, минералы, элементы, околорудно-измененные породы отсутствуют.

Продолжение таблицы 1.1

№№ п/п	Золоторудные месторождения	СОСТАВ РУДНЫХ ТЕЛ И ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ МИНЕРАЛЫ РУДНЫЕ золото	пирит	галенит	халькопирит	сфалерит	арсенопирит	гессит	теллуриды золота	тетраэдрит	магнетит	пирротин	блеклые	медь самородная	борнит	антимонит	алтаит	теллуровисмутит	молибденит	киноварь, колорадоит
	Южный Урал																			
1.	Крестовая гора	■	■	■	■	■		■			■									
2.	Богородское	■	■	■	■	■		■			■									
3.	Россыпинское	■	■	■	■	■		■			■									
4.	Золотая гора	■	■					■			■			■						
5.	Тыелгинское	■	■	■	■															
6.	Северо-Наелинское	■	■	■	■															
7.	Южно-Наелинское	■	■	■					■				■							
8.	Лысая гора	■	■	■			■		■											
9.	Михеев лог	■	■	■			■		■											
10.	Гора Мурашкиной	■	■	■	■															
11.	Мечниковское	■	■	■	■															
12.	Сана-Букан	■	■	■	■															
13.	Благодатное	■	■	■	■	■	■					■								
14.	Джетыгара	■	■	■	■	■	■					■	■						■	
15.	**Сев.Казахстан** (Джеламбет)	■	■		■	■	■		■	■		■								
16.	**Армения** (Сотк)	■	■	■	■	■	■	■	■	■						■	■	■		■
	США																			
17.	Блюветт (шт.Вашингтон)	■	■	■	■		■													■
18.	Аллегонский горный округ	■	■	■	■	■	■			■										
19.	Теллурид (шт. Колорадо)	■	■	■	■	■														
20.	Блю-Маунтинс (шт. Орегон)	■	■	■	■	■	■	■		■										

Продолжение таблицы 1.1

№№ п/п	Золоторудные месторождения	СОСТАВ РУДНЫХ ТЕЛ И ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ: МИНЕРАЛЫ: ЖИЛЬНЫЕ: кварц	карбонат	кальцит	серпентин	хлорит	тальк	асбест	магнезит	альбит	фуксит	барит	ЭЛЕМЕНТЫ: ПРИВНОСИМЫЕ: ОСНОВНЫЕ	ИНДИКАТОРЫ: Au	Ag	Cu	As	Sb	Bi	Te	Pb	Zn	Hg	Mo	выщелачиваемые: Cr	Ni	Co
	Южный Урал																										
1.	Крестовая гора		■		■	■		■	■				■	■	■	■				■	■	■			■	■	■
2.	Богородское		■		■	■		■	■				■	■	■	■				■	■	■			■	■	■
3.	Россыпинское		■		■	■		■	■				■	■	■	■				■	■	■			■	■	■
4.	Золотая гора		■		■	■		■	■				■	■	■	■				■					■	■	■
5.	Тыелгинское	■	■							■			■		■						■				■	■	
6.	Северо-Наелинское	■	■							■			■		■						■				■	■	
7.	Южно-Наелинское	■	■		■	■	■						■			■	■			■	■		■		■	■	■
8.	Лысая гора	■	■		■	■	■						■			■	■			■	■				■	■	■
9.	Михеев лог	■	■		■	■	■			■			■			■	■			■	■				■	■	
10.	Гора Мурашкиной	■				■	■				■		■		■						■				■	■	
11.	Мечниковское	■				■	■				■		■		■						■				■	■	
12.	Сана-Букан	■	■		■	■							■		■						■				■	■	■
13.	Благодатное	■	■										■			■					■	■					
14.	Джетыгара	■		■									■		■	■	■				■	■	■	■	■	■	■
15.	**Сев.Казахстан** (Джеламбет)	■		■									■	■	■	■	■		■	■	■						
16.	**Армения** (Сотк)	■	■		■	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
	США																										
17.	Блюветт (шт.Вашингтон)	■		■		■	■						■		■	■				■			■		■	■	■
18.	Аллегонский горный округ	■		■									■		■	■	■			■	■				■	■	■
19.	Теллурид (шт. Колорадо)	■		■									■		■				■	■	■						
20.	Блю-Маунтинс (шт.Орегон)	■		■									■		■	■	■			■	■						

Продолжение таблицы 1.1

№№ п/п	Золоторудные месторождения	Околорудно-измененные породы												
		Серпентинизированные	карбонатизированные	отальк ованные	хлоритизированные	лиственитизированные	пропилитизированные	серицитизированные	окварцованные	альбитизированные	уралитизированные	эпидотизированные	биотитизированные	березитизированные
	Южный Урал													
1.	Крестовая гора	■	■	■	■									
2.	Богородское	■	■	■	■									
3.	Россыпинское	■	■	■	■									
4.	Золотая гора	■	■	■	■									
5.	Тыелгинское	■	■	■					■					
6.	Северо-Наелинское	■	■	■	■									
7.	Южно-Наелинское	■	■	■	■									
8.	Лысая гора	■		■	■	■								
9.	Михеев лог	■		■	■	■								
10.	Гора Мурашкиной	■	■	■	■	■								
11.	Мечниковское	■	■	■	■	■								
12.	Сана-Букан	■	■	■	■									
13.	Благодатное	■	■						■		■			■
14.	Джетыгара	■	■	■		■								■
15.	**Сев.Казахстан** (Джеламбет)				■			■		■			■	
16.	**Армения** (Сотк)	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■		■
	США													
17.	Блюветт (шт. Вашингтон)	■	■	■	■									
18.	Аллегонский горный округ	■	■	■	■									
19.	Теллурид (шт. Колорадо)				■		■							
20.	Блю-Маунтинс (шт. Орегон)				■		■	■						

экранирующими образованиями, и рудные тела полностью локализуются в массивах малых интрузий (месторождение Джетыгара, Южный Урал).

- Месторождения данного типа характеризуются различной формой рудных тел: жилы, залежи, линзы и штокверки.
- Околорудные изменения выражены в серпентинизации, карбонатизации, отальковании, хлоритизации, лиственитизации, пропилитизации, серитизации, окварцевании рудовмещающих пород.
- Минеральный состав рудных тел: рудные - золото, пирит, галенит, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, гессит, теллуриды золота и др.; нерудные - кварц, карбонат, кальцит, серицит, барит и др.
- По условиям залегания среди месторождений данного типа известны выходящие на поверхность и скрытые.

Золото-свинцово-цинковая подформация установлена в Армянской структурно-металлогенической зоне (Личкваз-Тей, Тертерасар), в Капанском сегменте (Шаумян), в Севано-Амасийской зоне (Арманис) и др. Крупные месторождения этой подформации приурочены к брахиантиклинальным складкам, особенно к их присводовым частям, где имели место наиболее благоприятные структурные условия для локализации руд.

Рудные тела этой подформации представлены золотоносными кварц-карбонат-полиметаллическими, пирит-халькопиритовыми и арсенопиритовыми слепыми крутопадающими жилами и оруденелыми зонами раздробленных пород, прослеживающимися по простиранию и на глубину на несколько сот метров. Рудоконтролирующими структурами золото-сульфидных руд являются трещины отрыва и скола, вдоль которых имели место небольшие смещения. Минеральный состав рудных тел: кварц, пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, теннантит, гессит, алтаит, самородное золото, теллуровисмутит, молибденит, арсенопирит, тетрадимит, сильванит и др. Основной формой проявления золота в этой подформации является самородная, в виде теллуридов, с преобладанием тонкодисперсной. Проба золота варьирует в широких пределах от 700 до 927.

Золото-серебро-сурьмяная подформация представлена месторождениями Азатек и Софи-бина, расположенными в Армян-

ской зоне. Эти месторождения парагенетически связаны с небольшими интрузиями миоценовых гранитоидов и располагаются как в эоценовых вулканогенных и вулканогенно-осадочных, так и в интрузивных породах. Морфология рудных тел: слепые крутопадающие жилы, реже минерализованные зоны. Минеральный состав руд: кварц, халцедон, пирит, сфалерит, галенит, антимонит, буланжерит, тетраэдрит, гессит, петцит, алтаит, самородное золото, самородное серебро и др. Околорудные изменения выражены в серицитизации, окварцевании, каолинизации, пиритизации вмещающих пород. Основная масса золота в рудах представлена самородным золотом, незначительная часть связана с теллуридами. Проба золота варьирует в пределах от 870 до 780.

Меднорудная формация. Месторождения этой формации развиты в пределах Сомхето-Карабахской (Алаверди, Шамлуг), Армянской (Капан - в Капанском сегменте; Арцваберд, Сваранц) и в Севано-Амасийской (Тандзут, Чибухли, Тигранаберд) структурно-металлогенических зонах. Главные месторождения меди (Шамлуг, Алаверди, Капан) парагенетически связаны с палеоген-неогеновым магматизмом (Гогишвили и др., 1976). В связи с пространственным обособлением разновозрастных рудоносных интрузивных комплексов в различных структурно-металлогенических зонах, распределение месторождений медных руд находится в тесной зависимости от закономерностей размещения интрузивов (Вартапетян, 1965). Оруденение развито на тех участках этих зон, где обнажаются рудоносные интрузивные комплексы. Промышленное оруденение представлено слепыми жилами, линзами, реже прожилково-вкрапленными зонами, развитыми в вулканогенных породах. Благоприятным структурным фактором для локализации колчеданного оруденения явились брахиантиклинальные складки северо-западного простирания. Промышленные концентрации колчеданных руд размещены в присводовых частях последних, особенно в местах их пересечения с разрывными нарушениями (Хачатурян, 1968). Околорудные изменения выражены в окварцевании, кварцитизации, серицитизации, хлоритизации, карбонатизации и пиритизации вмещающих пород. На месторождениях с той или иной интенсивностью проявлены серноколчеданная, медноколчеданная и полиметалличес-

кая стадии минерализации, реже медно-мышьяковая (Капан). Минеральный состав рудных тел: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, борнит, халькозин, ковеллин, энаргит, теннантит и др.

Медно-молибденовая формация. Краткая характеристика приводится по работам И.Г.Магакьяна и др. (1967), С.С.Мкртчяна и др. (1969), С.А.Мовсесяна (1972), Г.О.Пиджяна (1975), А.Т.Асланяна и др. (1980), А.И.Карапетяна (1982), П.Г.Алояна (2000) и др.

Медно-молибденовая формация развита в Армянской (Каджаран, Шлоркут, Агарак, Кашнатап, Дастакерт, Анкаван; в Капанском сегменте - Шикахох), Сомхето-Карабахской (Техут) и Севано-Амасийской (Антониевское) зонах. Из этих зон наиболее значимой в отношении развития медно-молибденовой минерализации является Армянская, где размещены промышленные месторождения Каджаран, Агарак и др. Пространственно и парагенетически медно-молибденовая минерализация тесно связана с гранитоидами миоцена. Промышленное медно-молибденовое оруденение, как правило, приурочено к эндоконтактовой и местами экзоконтактовой частям гранитоидных интрузий и к контактам различных пород, часто располагаясь вдоль даек жильных порфиров. Оруденение контролируется разломами, зонами дробления и брекчирования. Господствующее направление рудоконтролирующих структур северо-западное и близширотное, реже северо-восточное. Наиболее широко развитым и промышленно важным является прожилково-вкрапленный тип минерализации, представленный мощными зонами гидротермально измененных пород с густой сетью тонких прожилков кварц-сульфидного состава и вкрапленностью сульфидов. Второстепенное значение имеют кварцево-рудные жилы, более богатые медью и, в особенности, молибденом. Мощность рудоносных зон различная, оруденение прослеживается на глубину более 500 м, протяженность зон - до 1,0-1,5 км. Околорудные изменения вмещающих пород: окварцевание, серицитизация, пиритизация, каолинизация, монтмориллонитизация и др. В рудах этих месторождений промышленными минералами являются халькопирит и молибденит, второстепенными - пирит, сфалерит, галенит, борнит, блеклые руды, энаргит, алтаит, гессит, петцит, креннерит и др. Содержание металлов в рудах невысокое: медь - в

среднем 0,5-1%, молибден - 0,05-0,1%; отношение медь: молибден - 10:1.

За пределами этой зоны в Алавердском рудном районе открыто и в настоящее время разведано Техутское медно-молибденовое месторождение. Медно-молибденовая формация развита также в Севано-Амасийской зоне (Антониевское).

Свинцово-цинковая формация. Выделение месторождений свинцово-цинковой формации на территории Армении осложняется тем, что часто практически трудно разграничить собственно свинцово-цинковые, медно-свинцово-цинковые и другие комплексные месторождения, очень близкие по минеральному и химическому составу руд (Мовсесян, 1979). Свицово-цинковые руды развиты также на флангах медноколчеданных и медно-молибденовых месторождений.

Эта формация развита в пределах Сомхето-Карабахской (Ахтала, Привольненское) и Армянской (Газма, Гюмушхана, Пхрут и др.) структурно-металлогенических зон. Отдельные проявления свинцово-цинковой минерализации известны и в пределах Севано-Амасийской зоны. В морфологическом отношении рудные тела этой формации представлены в основном линзообразными, штокообразными слепыми телами, реже зонами прожилково-вкрапленной минерализации и жилами. Минеральный состав рудных тел: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, барит, блеклые руды, борнит и др.

Таким образом, структурно-металлогенические зоны Армении характеризуются проявлением эндогенной минерализации различной концентрации всех главных рудных формаций.

1.3. Общая характеристика месторождений

1.3.1. Золоторудная формация

1.3.1.1. Золото-серебряная подформация

1.3.1.1.1. Соткское месторождение

Соткское месторождение расположено в Севано-Амасийской зоне, что и определяет основные черты геологического строения района, характеризующегося широким развитием проявлений глубинного ультраосновного магматизма, особенностями эндогенной минерализации, широким развитием разрывных нарушений и линейно вытянутой ориентировкой интрузивных

тел (рис.1.2; 3.1). В период интенсивных складкообразовательных движений в доверхнесенонское время формируется ряд изоклинальных складок широтного и северо-западного простирания, и образуются глубинные разломы, вдоль которых внедрились линейно вытянутые интрузивные тела основных и ультраосновных пород. Второй этап складчатости, характеризующийся формированием в пределах района крупных синклинальных и антиклинальных структур в послесреднеэоценовое время, сопровождался формированием малых гранитоидных интрузий (гранодиориты, плагиограниты, диориты и др.) и даек плагиогранит-порфирового состава. Направление общей ориентировки разобщенных тел малых интрузий близширотное и северо-западное, совпадающее с направлением основных рудоконтролирующих структур. С постмагматической деятельностью гранитоидной интрузии, по-видимому, парагенетически связано золотое оруденение, пространственно приуроченное к основным и ультраосновным породам.

В Соткском рудном поле габбро и перидотиты образуют единые интрузивы, в которых габбро относятся к более поздней фазе единого магматического цикла.

Золоторудное месторождение расположено в зоне интенсивного развития разрывных нарушений и многократного дробления пород (осевая часть антиклинали). Направление основных разрывных структур близширотное, параллельно оси складки, падение крутое. Разрывные нарушения меридионального и близмеридионального простирания являются оперяющими к основным структурам. В период проявления постмагматической деятельности эти разломы послужили путями проникновения гидротермальных растворов, в результате воздействия которых на окружающие породы, за счет привноса кварца, карбонатов и других компонентов, произошло изменение вмещающих пород и локализация золоторудных тел.

Рудные тела представлены в основном крутопадающими жилами, реже зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Золоторудные жилы окаймлены мощными протяженными зонами гидротермально измененных пород. Мощность рудных тел в среднем 4-5 м, зон измененных пород 10-60 м. Рудные тела имеют в основном близширотное простирание с крутым падением

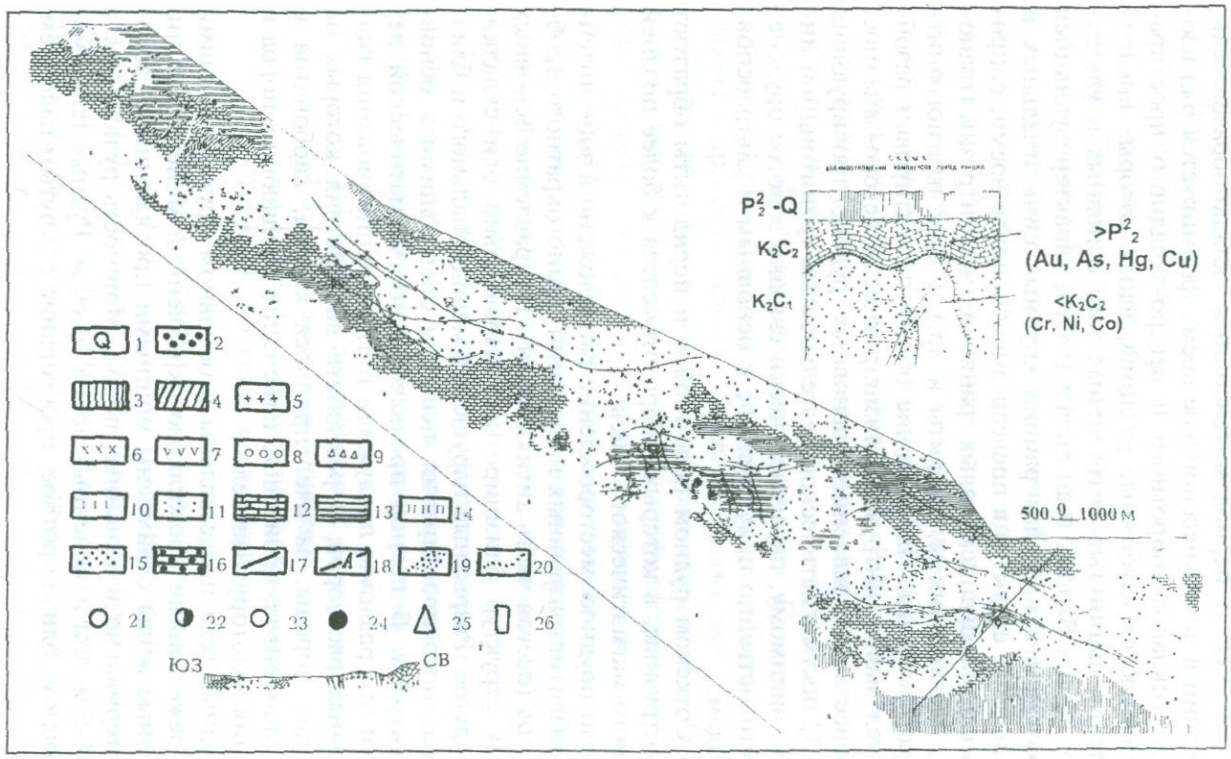


Рис.1.2. Схематическая геологическая карта Соткского рудного поля. Составил Б.Г.Безирганов по данным ГРП и личных исследований.

Подписи к рис.1.2.

Четвертичные отложения - Q: 1-аллювиально-делювиальные отложения. **Верхний плиоцен** - N_2: 2-конгломераты и брекчии. **Олигоцен** - P_3: 3-андезито-базальты, андезито-дациты. **Средний эоцен** - P_2^2: 4-аргиллито-песчаная толща. 5-плагиограниты и гранодиориты, 6-диориты, пироксеновые диорит-порфиры. **Верхний мел,** *верхний сенон* - K_2sn_2: 7-перидотиты, серпентиниты, дуниты; 8-тектониты ультраосновных пород, 9-пироксениты, 10-габбро, 11-лейкократовые габбро. *Нижний сенон* - K_2sn_1: 12-мергелистые известняки, 13-тонкослоистые глины, песчаники и мелкогалечные конгломераты, 14-андезиты, диабазы, туфопесчаники, 15-туфопесчаники и туфоконгломераты, 16-туфопесчаники, андезиты, диабазы. 17-тектонические нарушения, 18-оси антиклинальных складок, 19-зоны гидротермально измененных пород, 20-геологические границы. **Месторождения и рудопроявления**: 21-золота, 22-меди, 23-ртути, 24-хрома, 25-магнезита, 26-асбеста.

на север и сопровождаются апофизами и ответвлениями, которые, сочленяясь, образуют своеобразную сеть прожилков и раздувы в узлах.

Скрытые рудные тела месторождения по глубине залегания верхней кромки, согласно классификации В.В.Аристова и Л.Л.Ляхова (1982), относятся к близповерхностным (30-100 м) - северная зона (жилы 4, 5, 8, 9, 16 и др.) и к среднеглубинным (100-300 м) - южная зона, Центральный участок, западные и восточные фланги месторождения. Локализация многих скрытых рудных тел обусловлена наличием в верхних горизонтах фильтрационных экранов-массивов ультраосновных пород (перидотитов).

Помимо структурных факторов, на формы рудных тел повлиял и минеральный состав вмещающих интрузивных пород. В отличие от перидотитов и серпентинитов, более благоприятной средой для формирования рудных тел явились породы габбро, залегающие среди перидотитов и серпентинитов, в которых рудные тела более выдержаны как по простиранию, так и по падению.

Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, арсенопирит, самородное золото, халькопирит, галенит, сфалерит, теннантит, тетраэдрит, теллуровисмутит, тетрадимит, энаргит, креннерит, калаверит, сильванит, алтаит, петцит, гессит, наги-

агит, буланжерит, антимонит, колорадоит и киноварь; нерудные - кварц, хлорит, серицит, кальцит, барит, доломит, анкерит, эпидот, тальк, каолинит и халцедон (Т.Твалчрелидзе, 1959; Амирян, 1960, 1984; Тагунова, 1961; М.Константинов и др., 1968). Установлена минералогическая зональность рудных тел (сверху вниз): сфалерит-антимонитовые, пирит-арсенопиритовые, золото-серебро-теллуровые руды. Установлены следующие формы выделения видимого золота: самородное золото среди жильных и рудных минералов; свободное тонкодисперсное золото в полях сульфидов; золото в теллуристых соединениях; вторичное золото, образовавшееся при окислении сульфидов и теллуридов. Концентрация золота в рудных телах и околорудно измененных породах определяется развитием в них самородного золота, а также золотоносных минералов Ag, As, Sb, Bi, Te, Cu, Zn, Pb.

Первичные минералогические ореолы месторождения представлены широкими и протяженными зонами околорудно измененных вмещающих пород, характеризующимися большим разнообразием как по составу, так и по интенсивности преобразований.

По Г.А.Саркисяну (1966), образование измененных пород протекало в предрудную и рудную стадии метасоматических процессов. Предрудная стадия выражена в пропилитизации (альбитизации, амфиболитизации, эпидотизации) габбро и серпентинизации перидотитов. Метасоматические процессы рудной стадии выражены в гидротермальном изменении пород по характерному для них разрезу от неизмененных габбро-перидотитов к рудным телам (жилам): по ультраосновным породам - слабо серпентинизированные и карбонатизированные перидотиты, серпентин-карбонатные и карбонат-серпентиновые породы, тальково-карбонатные породы, кварцево-карбонатные породы, золоторудные тела; по основным породам - эпидотизированные и уралитизированные габбро, хлоритизированные и карбонатизированные габбро, хлорит-карбонатные породы, кварцево-карбонатные породы, золоторудные тела. Золоторудные тела обычно сопровождаются ореолами кварцево-карбонатных пород различной мощности (10-60 м). Колебание содержания золота в пробах, взятых из околорудно измененных пород (от 0,1 до 4 г/т), зави-

сит от обилия вкрапленной минерализации золотосодержащих минералов - пирита, арсенопирита и халькопирита.

Вторичные минералогические ореолы. Золотоносность аллювиально-делювиальных отложений Соткского рудного поля отмечена работами ряда геологов УГ Армении (Гаспарян, 1948; Яшвили, 1953; Степанян, 1955; Тер-Абрамян и др., 1962; Мадатян и др., 1964; Матевосян и др., 1965; Казанчян и Шагинян, 1965 и др.). В пределах рудного поля известны золотоносные россыпи, которые эксплуатировались в глубокой древности (IV в. до н.э.), что подтверждается наличием древних эксплуатационных выработок.

Состав россыпей представлен следующими минералами: рудные - золото, магнетит, ильменит, хромит, пирит, циркон, серебро, гематит, титано-магнетит, лимонит, киноварь, рутил; нерудные - кварц, барит, эпидот, серпентин. Золото в россыпях представлено неправильной, округлой и палочковидной формой, обычно в сростках с кварцем. Коренным источником золотоносных россыпей рудного поля является Соткское золоторудное месторождение.

Разрозненные данные о золотоносности аллювиальных отложений района не дают полной картины пространственного расположения экзогенных ореолов золота по отношению к базе их питания и затрудняют их использование в качестве прямых поисковых признаков. Приводимая в работе карта минералогических ореолов золота и барита (рис.1.3) является обобщением результатов шлихового опробования аллювиальных отложений ряда исследователей и данных автора.

Установлено, что база питания ореолов золота и барита за пределами месторождения характеризуется развитием габбро-перидотитов, разрывных нарушений, малых интрузий, а также ореолов гидротермально измененных пород и привносимых элементов-индикаторов. Все это, а также плохая окатанность золотин, наличие в шлихах рудных и нерудных минералов, входящих в состав золоторудных тел месторождения, а также сходство в минеральном составе аллювиальных отложений рудного поля и золотоносных россыпей месторождения свидетельствуют в пользу близкого нахождения золота на новых площадях и участках. Таким образом, становится возможным использование экзоген-

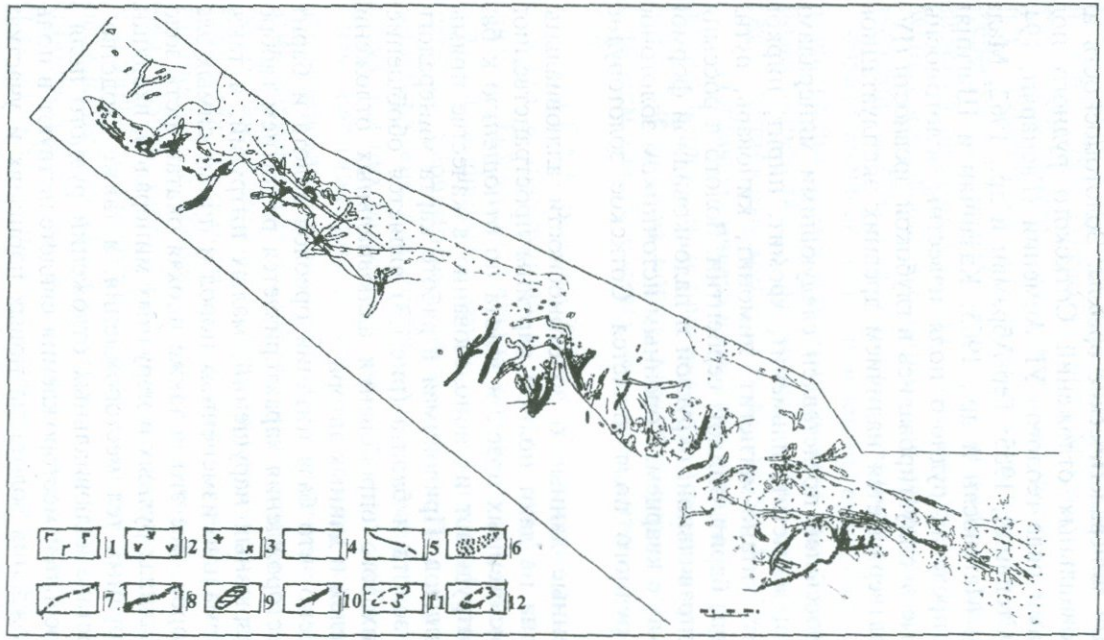


Рис.1.3. Карта вторичных минералогических ореолов золота и барита Соткского рудного поля (составил Безирганов Б.Г.).

1-габбро. 2-перидотиты. 3-комплекс малых интрузий. 4-осадочные, вулканогенно-осадочные породы. 5-кварцево-карбонатные породы (рудные зоны). 6-зоны гидротермально измененных пород. 7-тектонические нарушения. 8-геологические границы. Минералогические ореолы рассеяния: 9-золото. 10-золотоносные россыпи. 11-барит (1-20зн). 12-барит (20-50зн).

ных минералогических ореолов золота и барита для поисков скрытого оруденения данного типа.

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и рудных тел. Физические и механические свойства пород оказывают существенное влияние на форму проявления тектонических процессов, ведущих к формированию благоприятных для оруденения структур, а также на ход физико-химических процессов, приводящих к локализации эндогенного оруденения и формированию первичных геохимических ореолов. Эта проблема рассматривается в работах Ф.И.Вольфсона и Л.И.Лукина (1961), С.У.Вартаняна (1961, 1969, 2000), Е.И.Филатова (1967), Ю.А.Розанова (1968), Б.Г.Безирганова (1969), С.В.Григоряна и др. (1973) и др. исследователей. Стало необходимым учитывать эти свойства не только при решении вопросов рудогенеза, но и при поисках скрытого оруденения.

Величины физико-механических свойств пород Соткского рудного поля колеблятся в значительных пределах (табл.1.2).

По своим геолого-структурным, физико-химическим и физико-механическим особенностям габбро-перидотиты явились наиболее благоприятной вмещающей средой для локализации золотого оруденения и формирования геохимических ореолов.

Геологическими исследованиями установлено, что основная масса рудных тел расположена в габбро, если они залегают среди перидотитов. Однако зоны измененных пород прослеживаются не только в габбро, но переходят и в перидотиты. Рудные же тела, как правило, обрываются на контакте габбро с перидотитами и внутри перидотитов не прослеживаются (рис.1.4). Избирательный характер локализации золоторудных тел и окаймляющих их геохимических ореолов в габбро, по сравнению с перидотитами, обусловлен повышенной эффективной пористостью этих пород (2,7%), продолжительным водонасыщением (0,86%), высокими прочностными (предел прочности на сжатие - 1936, на срез - 233,9, на раскол - 80,1 кг/см^2) и упругими (модуль Юнга - 7,61, модуль сдвига - $3{,}01 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, коэффициент относительного напряжения - 19,50, модуль объемной упругости - $5{,}48 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойствами, а также низкой пластичностью. Развитие широких и протяженных ореолов в габбро, по сравнению с перидотитами, объясняется тем, что свободное водона-

Таблица 1.2

Таблица физико-механических свойств горных пород Соткского золоторудного поля

Порода	Количество образцов	Объемный вес г/см^3	Эффективная пористость %	Коэффициент водонасыщения %	Модуль Юнга (упругости) $E \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Коэфф. Пуассона	Модуль сдвига, $G \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Коэффициент относительного напряжения $N \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Модуль объемной упругости $K \cdot 10^{-5}$ кг/см^2
Вулканогенно-осадочные породы									
Порфириты	29	2,80	1,33	0,48	6,62	0,28	2,60	18,44	5,64
Туфопесчаники	8	2,69	1,71	0,63	-	-	-	-	-
Осадочные породы									
Конгломераты	7	2,68	2,73	1,01	-	-	-	-	-
Мергелистые известняки	17	2,58	3,41	1,34	5,67	0,29	2,22	14,25	4,24
Мраморизованные известняки	7	2,60	2,32	0,91	-	-	-	-	-
Интрузивные породы									
Габбро	100	2,85	2,70	0,86	7,61	0,23	3,01	19,50	5,48
Измененные габбро	19	2,68	2,92	0,93	3,93	0,28	1,01	9,32	3,25
Перидотиты	79	2,66	1,47	0,54	3,44	0,37	1,22	8,40	6,33
Измененные перидотиты	25	2,54	1,90	0,80	4,92	0,26	1,97	12,66	3,59
Плагиограниты	13	2,67	1,79	0,67	4,73	0,30	1,78	12,50	4,71
Пироксеновые диорит-порфириты	17	2,62	2,33	0,96	4,07	0,31	1,53	10,38	3,98
Плагиогранит-порфиры	11	2,42	7,58	3,19	3,56	0,21	1,49	8,61	2,16
Гидротермально измененные породы									
Гидротермально измененные породы	10	2,79	2,90	0,97	-	-	-	-	-
Кварцево-карбонатные породы	10	3,08	0,58	0,19	13,75	0,21	5,81	4,24	7,26

Продолжение таблицы 1.2

Порода	Коли-чество образцов	Скорость прохождения упругих волн км/сек			Предел прочности на сжатие, кг/см^2	Предел прочности на срез, кг/см^2	Предел прочности на раскол кг/см^2
		поверхност-ных	продольных	поперечных			
Вулканогенно-осадочные породы							
Порфириты	4	2,78	5,57	3,04	885	316,90	53,40
Осадочные породы							
Мергелистые известняки	4	2,75	5,45	2,97	689	559,0	70,10
Интрузивные породы							
Габбро	8	3,15	6,10	3,44	1936	223,90	80,10
Измененные габбро	4	2,32	4,65	2,53	681	582,0	111,86
Перидотиты	8	2,13	5,00	2,24	695	142,2	46,70
Измененные перидотиты	4	2,46	4,80	2,94	534	1181,2	48,10
Плагиограниты	4	2,40	4,96	2,59	1365	329,9	113,50
Пироксеновые диорит-порфириты	4	2,22	4,91	2,40	1050	307,0	96,85
Плагиогранит-порфиры	4	2,25	4,07	2,48	758	100,6	50,10
Гидротермально измененные породы							
Кварцево-карбонатные породы	4	3,90	7,1	4,34	570	1063,2	166,97

сыщение габбро происходит на 35-е сутки включительно, тогда как в перидотитах водонасыщение прекращается на 15-е сутки.

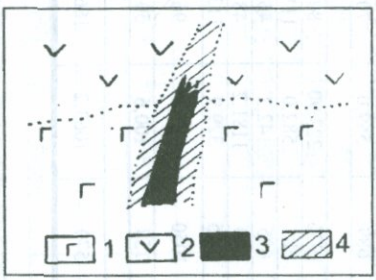


Рис.1.4. Схема выклинивания жил при переходе из одной вмещающей среды в другую (Соткское месторождение).

1-габбро. 2-перидотиты. 3-рудные тела. 4-ореолы измененных пород.

Содержание золота и его элементов-индикаторов в ореолах находится в прямой пропорциональной зависимости от эффективной пористости и продолжительности водонасыщения вмещающих пород (рис.1.5). Эффективная пористость и продолжительность водонасыщения гидротермально измененных пород выше неизменных разностей этих пород. По мере удаления от золоторудных тел наблюдается постепенное понижение эффективной пористости и величины водонасыщения, что соответствует постепенному понижению концентрации элементов в ореолах в том же направлении. Развитие дорудного метаморфизма (серпентинизация, пропилитизация) в габбро-перидотитах привело к тому, что в момент рудной стадии минерализации эти породы обладали оптимальными для золотого оруденения величинами эффективной пористости и водонасыщения, что определило формирование широких и протяженных инфильтрационных первичных геохимических ореолов.

Параметрические исследования физических свойств пород и руд Соткского месторождения показали, что габбро-перидотитовый комплекс пород, вмещающий золоторудные тела, обладает наибольшей величиной магнитных свойств (700-2000 $\cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ) относительно вмещающих их пород (вулканогенно-осадочных - 400-300 $\cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ, известняков - 0). Установле-

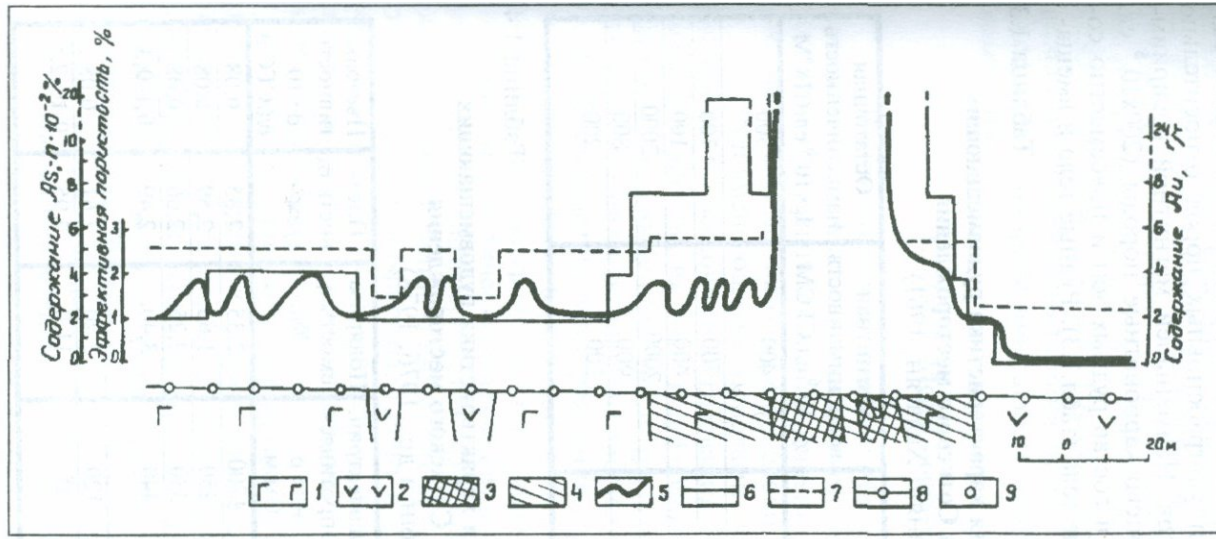


Рис.1.5. График зависимости содержаний золота и мышьяка от эффективной пористости вмещающих пород (Соткское месторождение).

1-габбро. 2-перидотиты. 3-рудные тела. 4.-ореолы измененных пород. 5-график содержания золота. 6-график содержания мышьяка. 7-график эффективной пористости. 8-разведочный горизонт. 9-место отбора геохимических проб.

но уменьшение величины магнитных свойств измененных разновидностей основных и ультраосновных пород относительно неизмененных их аналогов. Наименьшей магнитной восприимчивостью обладают кварцево-карбонатные породы ($200x10^{-6}$ ед. СГСМ), которые входят в состав рудных зон и повсеместно сопровождают золоторудные тела (табл.1.3). Рудные тела и вмеща-

Таблица 1.3

Магнитометрическая характеристика рудовмещающих пород и руд Соткского месторождения
(Асланян, Халатян, 1961)

Порода	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Остаточная намагниченность $J_r \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ
Вулканогенно-осадочные породы	400	300
Габбро	700	700
Измененные габбро	400	100
Перидотиты	2000	2000
Измененные перидотиты	900	800
Кварцево-карбонатные породы (рудоносная зона)	200	200

Таблица 1.4

Электрометрическая характеристика рудовмещающих пород и руд Соткского месторождения
(Бадалян и др., 1976, 1978)

Порода	Уд.электрич. сопротивление ρ, Ом.м	Поляризуемость η, %	Плотность σ, г/см^3	Пьезоактивность $d \cdot 10^{-10}$ ед.СГСЭ
Габбро	1700	2,35	2,85	0,08
Перидотиты	250	1,65	2,59	0,08
Порфириты	330	2,25	2,66	0,08
Кварц-порфировые дайки	440	3,40	2,49	0,1-0,3
Зона окисления	120	2,20	2,61	0,08
Кварцево-сульфидные золоторудные зоны	35	11,0	2,95	0,16-2,5

ющие их габбро отчетливо дифференцируются с вероятностью их разделения $P_{ср}$=95% по величине удельного электрического сопротивления (габбро - 1700; рудные тела - 35 Ом.м); $P_{ср}$=85% по поляризуемости (11 и 2,35%), неотчетливо - по плотности (2,85 и 2,95 г/см^3; табл.1.4). Пьезоэлектрические наблюдения показали возможность выделения рудных тел - $(0,16\text{-}2,5) \cdot 10^{-2}$ ед. пьезомодуля на фоне вмещающих пород, не проявляющих пьезоактивность.

1.3.1.1.2. Меградзорское месторождение

В структурном отношении Меградзорское месторождение приурочено к Анкаван-Арзаканской антиклинальной складке, разбитой продольными и поперечными разрывными нарушениями на отдельные тектонические блоки.

Рудовмещающими породами месторождения являются вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена (андезитовые порфириты, их туфы и туфобрекчии, туффиты и туфопесчанники), в меньшей степени интрузивные породы (гранодиориты, плагиограниты, кварцевые диориты) верхнего мела (рис.1.6; 3.14). Формирование месторождения связано с внедрением олигоцен-миоценового комплекса малых интрузий субщелочного состава (сиениты, граносиениты, сиенито-диориты и др.), с которыми парагенетически связано оруденение. Каждый интрузивный комплекс характеризуется развитием определенного состава жильных образований: в интрузиях дотуронского возраста развиты диабазовые порфириты, гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, аплиты и микропегматиты; в интрузиях палеоген-неогенового возраста - сиенит-порфиры, диорит-порфиры, лампрофиры различного состава.

Оруденение контролируется разрывными нарушениями, мелкими разломами и сопряженными с ними зонами дробления и трещиноватости пород, а также дайками сиенит-порфиров и лампрофиров. В морфологическом отношении рудные тела представлены жилами, реже зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Значимую роль в общем балансе месторождения играют рудные тела, расположенные в вулканогенных породах.

На месторождении насчитывается более пятидесяти жил и жильных зон, большинство которых относится к скрытому ти-

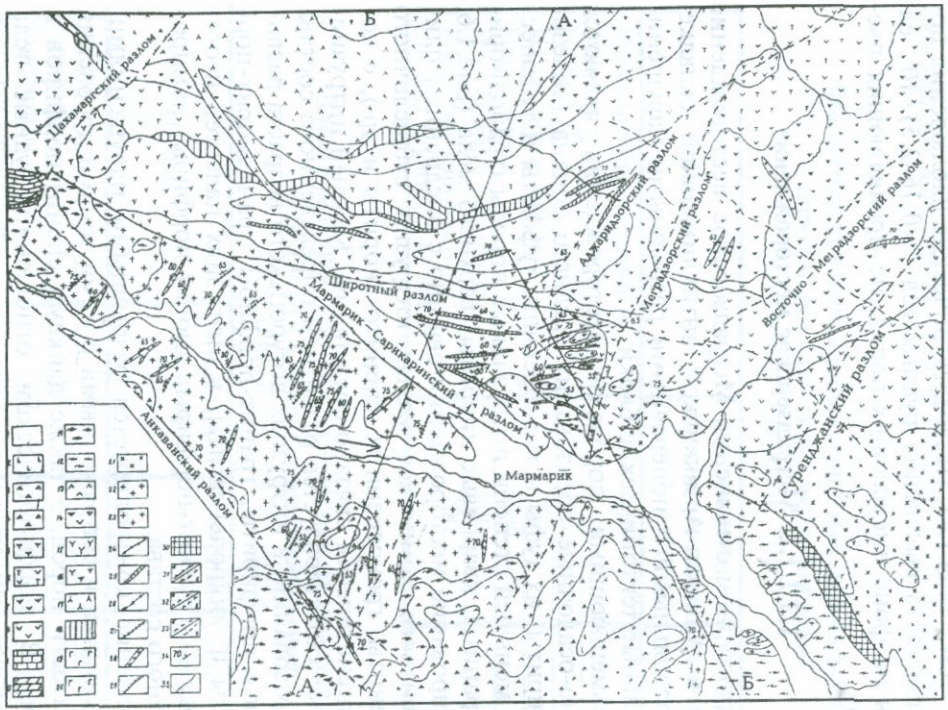


Рис. 1.6. Схематическая геолого-структурная карта Меградзорского рудного поля (Б.М.Меликсетян, Дж.В.Мхитарян, 1985г). Мармарик-Сарикаринский, Широтный и Меградзорский разломы ограничивают собственно Меградзорское месторождение.

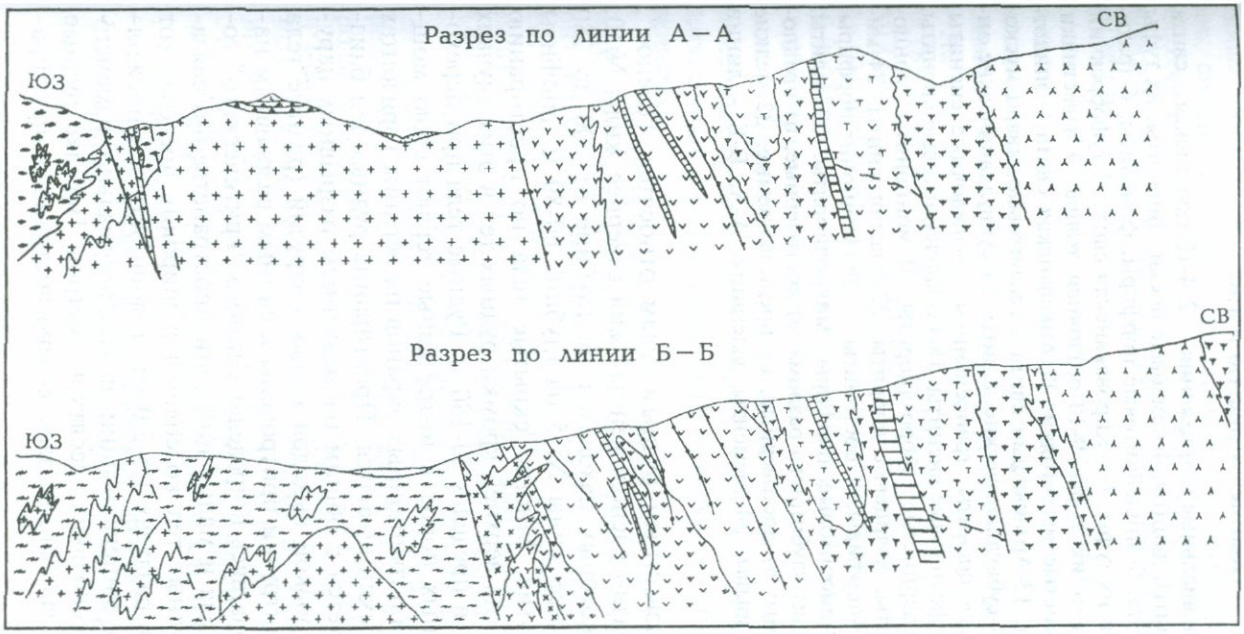


Рис. 1.6.а. Геологические разрезы к схематической геолого-структурной карте Меградзорского рудного поля.

Подпись к рис.1.6 и 1.6а

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-4-Цахкуняцская свита: 2-базальты; 3-андезиты, дациты; 4-пемзовые пески, липариты, их туфы. 5-6-Памбакская свита: 5-эпилейцитовые порфиры, фонолиты; 6-трахиандезиты, трахиты и их туфы. 7-8-Кироваканская свита: 7-туфобрекчии; 8-андезиты, дациты и их туфы. 9-10-осадочная толща: 9-известняки, песчаники; 10-глинистые известняки. 11-Анкаванская свита - эпидот-хлоритовые сланцы. 12-Арзаканская свита - графитовые, кварц-мусковитовые сланцы. 13-субвулканические дациты. 14-субвулканические андезиты. 15-кварцевые сиениты, граносиениты. 16-щелочные сиениты, нордмаркиты. 17-нефелиновые сиениты. 18-псевдолейцитовые сиениты. 19-габбро. 20-мелкозернистые габбро-диориты. 21-монцониты, монцодиориты. 22-тоналиты, кварцевые диориты. 23-плагиограниты. 24-минетты. 25-сиенит-порфиры, бостониты.. 26-монцонит-порфиры. 27-спессартиты. 28-диоритовые порфиры, микродиориты. 29-аплиты. 30-скарноиды. 31-швы глубинного разлома: а) достоверные, б) предполагаемые. 32-разломы: а) достоверные, б) предполагаемые. 33-мелкие внутриблоковые разрывы. 34-элементы залегания. А-А, Б-Б - линии разрезов.

пу. К скрытым известным рудным телам относятся: "слепое", группа кулисообразно расположенных жил севернее жилы №10, верхняя кромка которых находится на глубине от 200 до 280 метров, жилы южнее жилы № 5 на глубине 60-80 м, апофизы жилы №10 и другие. Многие скрытые тела по простиранию "ныряют", и глубина верхней кромки рудных тел в этих случаях обычно варьирует в пределах 50-180 м. Рудные тела при переходе из вулканогенных пород в интрузивные теряют свою мощность и, в силу фильтрационных экранов на верхних горизонтах месторождения, выклиниваются. Простирание рудных тел близширотное, согласуется с общим направлением разрывных нарушений и ориентировкой выходов малых интрузий (рудные тела и выходы малых интрузий приурочены к единым разрывным нарушениям). Располагаясь в пределах единого "критического" горизонта, рудные тела и малые интрузии пространственно связаны. Мощность рудных тел колеблется в широких пределах (от 10-15 см до 1 м, в раздувах 1,5-2,0 м), а мощность зон прожилково-вкрапленной минерализации и гидротермально измененных пород - до нескольких десятков метров. Нередко рудные жилы залегают в зальбандах даек северо-восточного простира-

ния. Установлены пересечения жильных пород - гранит-порфиров, сиенит-порфиров, кварцевых сиенит-порфиров и минетт с абсолютным возрастом 27-34,5 Ма (Багдасарян, 1968) с золоторудными жилами, что говорит о посленижнеолигоценовом возрасте оруденения.

В интрузивных породах Меградзорского месторождения, с которыми парагенетически связано золотое оруденение, установлены повышенные по сравнению с кларком содержания главных рудогенных элементов: граносиениты, сиенит-порфиры - Au ($78 \cdot 10^{-6}$%), Ag (0,0009%), Cu (0,056%), Pb (0,066%), Zn (0,18%), As (0,00025%), Sb (0,00025%) и т.д.; диорит-порфиры - Au ($301,7 \cdot 10^{-6}$%), Ag (0,004%),Cu (0,2%), Pb (0,2%), Zn (0,16%), Ag (0,0003%), Sb (0,00005%) и т.д.; минетта - Au ($71,4 \cdot 10^{-6}$%), Ag (0,0001%),Cu (0,03%), Pb (0,007%), Zn (0,01%), As (0,0003%), Sb (0,0003%) и т.д. (Амирян, 1974).

Эндогенное оруденение заключено в гидротермально измененных (березитизированных, каолинизированных, серицитизированных и пиритизированных) вулканогенных и интрузивных породах.

Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, тетраэдрит, висмутин, самородное золото, теллуровисмутит, алтаит, гессит, петцит, калаверит, креннерит, сильванит, колорадоит, нагиагит, аргентит и др.; нерудные - кварц, кальцит, сидерит и др. (Амирян, Карапетян, 1964; Карапетян, Амирян, 1964).

В рудах золото распределено неравномерно, местами его содержание доходит до нескольких десятков грамм на тонну (нередко несколько сот г/т). Содержание золота в измененных породах в среднем составляет 1-2 г/т. Содержание серебра в рудах в 2 раза больше, чем золота. Пробность золота высокая. По данным Ш.О.Амиряна (1972), по одному из анализов золота установлены: Au - 91,31, Ag - 6,79, Fe - 0,13, Sb - 0,06, Se - 0,039, Te - 0,03, Cu - 0,003, As - 0,06 и нерастворимый остаток - 2,3%.

Возраст оруденения установлен как посленижнеолигоцен - досреднемиоцен.

Первичные минералогические ореолы Меградзорского месторождения представлены зонами гидротермально измененных пород.

Рудовмещающие породы месторождения претерпели интенсивные многостадийные метасоматические изменения. В пределах месторождения установлено два типа изменений: региональная пропилитизация, приуроченная к разрывным нарушениям северо-западного простирания, указывающая на проявление раннего, дорудного метаморфизма пород рудного поля и локальные изменения пород вдоль рудовмещающих трещин с образованием зон измененных пород.

Для гидротермально измененных пород, вмещающих промышленное оруденение, выявлена поперечная зональность (от неизмененных пород к жиле): эпидотизированные туффиты, хлорит-карбонатные, кварцево-карбонатные, кварцево-серицитовые породы (березиты) и кварц. Вертикальная протяженность минералогических ореолов, окаймляющих скрытые тела, доходит до 30-50 м, и обычно ореолы глубокозалегающих рудных тел выходят на поверхность в виде осветленных зон. Осветление пород обусловлено выносом железа и магния при разрушении темноцветных минералов.

Зоны измененных пород повсеместно сопровождаются полосами кварцево-карбонатных пород различной мощности. Непосредственно у контакта с золоторудными жилами рудовмещающие породы сильно окварцованы и обелены. Мощность зон зависит от размеров рудных тел, вокруг которых они развиты. Наблюдается увеличение мощности в местах раздува жил или их разветвления.

Петрофизическая характеристика рудовмещающих пород и руд месторождения приводится по данным П.Г.Алояна и др. (2002), Р.Т.Мириджаняна, Г.М.Петросяна (1981), С.В.Бадаляна и др. (1979, 1981).

Изучение физико-механических свойств руд и рудовмещающих пород Меградзорского месторождения проводилось в процессе проведения геологоразведочных работ геологической службой рудника, лабораторией геологии Горно-металлургического института, а также специалистами ИГИС НАН РА в процессе проведения геофизических работ.

Наиболее детально изучены физико-механические свойства Первого, Девятого и Пятого рудных тел и их рудовмещающих пород (табл.1.5).

Таблица 1.5

Основные физико-механические параметры руд и рудовмещающих пород Меградзорского месторождения
(по данным лаборатории геологии ГМИ)

Рудные тела, номера проб, место их взятия	Водонасыщение, %	Объемная масса, т/м^3	Эффективная пористость, %	Скорость упругих волн, км/с		Модуль Юнга (упругости), кг/см^2 пх10^{-5}	Модуль сдвига, кг/см^2 пх10^{-5}	Коэффициент Пуассона (пластичность)	Прочность, МПа
				продольных Vp	поперечных Vs				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Первое рудное тело. Пр.8. Кварц-сульфидная жила. Восст.18, гор.шт.69	1,13	2,80	2,98	4,4	2,5	4,42	1,84	0,15	90
Пр.7. Туфобрекчия рудной зоны, ствол шт.69, инт.425м, левая стен.	1,81	2,72	4,94	4,9	2,5	3,50	1,68	0,24	145
Лежачий бок Первого рудного тела. Пр.3. Лавобрекчия андезита. Рас.8, штрек 7, шт.69	2,15	2,60	5,58	4,5	2,65	4,46	1,82	0,24	120
Пр.4. Андезиты, в 3-х м от контакта. Рас.8, штрек 7, шт.69	1,0	2,62	2,62	5,1	2,9	5,56	2,25	0,26	100
Пр.10. Андезито-базальты, в 20-ти м от контакта, устье штрека 2, кверш.1, шт.66	1,15	2,80	3,24	6,3	3,1	7,21	2,67	0,24	140
Пр.11. Андезиты, в 10-ти м от контакта, устье штрека 1, кверш.1, шт.66	1,28	2,72	3,49	5,5	2,9	5,71	1,96	0,30	110
Висячий бок Первого рудного тела. Пр.5. Лампрофировая дайка, рас.8, штрек 7, шт.69	2,13	2,57	5,43	5,0	3,0	5,53	2,31	0,23	115
Пр.6. Андезиты, в 10-ти м от контакта, ствол шт.69	2,74	2,71	7,47	5,5	2,6	3,95	1,88	0,27	125

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пр.9. Андезиты, штрек 2, кверш.1, шт.66	4,17	2,54	10,6	5,1	2,3	3,93	1,40	0,26	120
Пятое рудное тело. Пр.12. Андезиты лежачего бока, в 5-ти м от контакта, устье штрека 2, шт.66	0,82	2,76	2,30	6,1	4,0	6,0	3,24	0,11	-
Девятое рудное тело. Пр.14. Рудная зона. Андезиты, ствол шт.73, инт.306 м, левая стен.	0,74	2,78	2,02	-	-	-	-	-	85
Висячий бок Девятого рудного тела. Пр.13. Андезиты, в 30-ти м от контакта, ствол шт.73	1,49	2,75	4,10	5,2	3,0	6,1	2,46	0,26	120
Лежачий бок Девятого рудного тела. Пр.15. Монциониты, в 16-ти м от контакта, ствол шт.73	0,83	2,72	2,25	5,7	3,3	6,29	2,38	0,26	130
Пр.16. Монциониты, в 40 м от контакта, ствол шт.73	0,87	2,71	2,34	5,2	3,1	6,17	3,62	0,24	110

Первое рудное тело изучено на горизонтах штолен 66, 69 и по восстающему 18. Оно представляет собой окварцованную жильную зону. Кварц в жильной зоне сильно катаклазирован и перекристаллизирован. В рудах содержится цинк, свинец, медь, марганец, титан, ванадий, молибден, серебро, золото, теллур, мышьяк и другие металлы. Средняя плотность руды 2,71 т/м^3, отличаются невысокие значения упругости - модуль Юнга - $4{,}42 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, модуль сдвига - $1{,}84 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, а также коэффициента Пуассона - 0,15.

Относительно невысокая прочность - 90 МПа - в комплексе с указанными показателями упругости указывают на то, что руды достаточно жесткие и под напряжением могут разрушаться, не подвергаясь упругой или пластичной деформации. Породы висячего бока, представленные андезитами, вблизи контакта с рудным телом сильно изменены - катаклазированы, эпидотизированы и хлоритизированы с образованием тонкой сети эпидот-цоизитовых, реже хлоритовых и карбонат-кремниевых

прожилков (0,01-0,3 мм) и разуплотнены. Плотность снижена до 2,57 г/см^3 (пр.№ 5). Количество сульфидных минералов здесь резко сокращается. Поры и пустоты в породе не закупорены сульфидами, а пористость увеличилась до 5,43%. Породы менее окварцованы, что привело к возрастанию пластичности. Коэффициент Пуассона по мере удаления от контакта с рудным телом меняется и на расстоянии 10 м от контакта достигает 0,23 (проба № 6); характер физических параметров изменяется в сторону возрастания плотности (2,71 г/см^3), прочности (125 МПа) и резкого повышения пластичности (коэффициент Пуассона - 0,27). По мере повышения пластичности пород сфера проникновения гидротермальных и рудоносных растворов ограничивается. Вне зоны воздействия метасоматических процессов характер изменения физико-механических свойств (проба № 7) рассматривается как общее фоновое значение. Здесь наблюдается некоторое понижение пористости (4,97%), пластичности (0,24), увеличение прочности (140 МПа), упругости ($3{,}50 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) (рис.1.7).

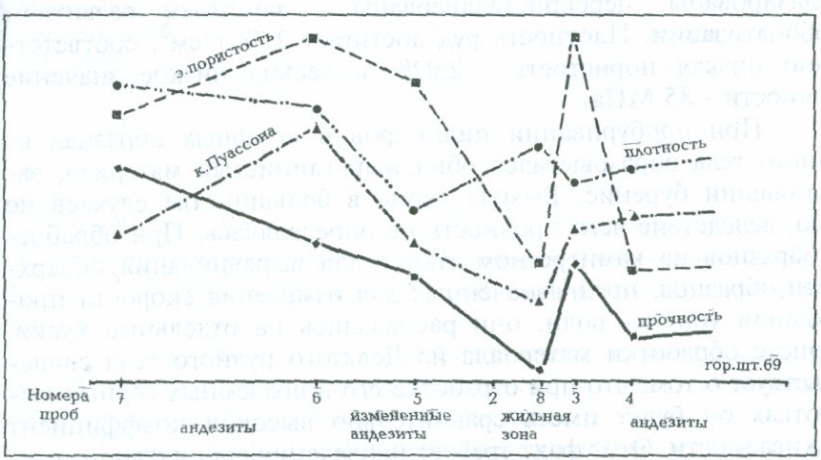


Рис.1.7. Характер изменения петрофизических параметров в пределах жильной зоны Первого рудного тела (по данным табл.1.5).
Составили: П.Г.Алоян, Р.Г.Шагинян, С.У.Вартанян и В.С.Асланян.

В лежачем боку Первого рудного тела породы представлены андезитами и их лавобрекчиями. Под микроскопом андезиты обнаруживают миндалекаменную текстуру, выполненную преимущественно кварцем, реже эпидотом и хлоритом; ближе к контакту андезиты эпидотизированы и хлоритизированы. Вблизи контакта с рудным телом породы (проба № 3) также разуплотнены (2,60 г/см^3), однако в меньшей степени, чем в висячем боку; соответственно повышены пористость - 5,58% и пластичность - 0,24 по сравнению с рудами. На некотором расстоянии (не менее 10 м) от контакта, подобно породам висячего бока (проба № 4), постепенно возрастает плотность - 2,62 г/см^3, упругость $5{,}56 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2 и понижается пористость - 2,62%. Аналогичная картина изменений физико-механических свойств по Первому рудному телу и вмещающим его породам наблюдается и на горизонте штольни 66.

Девятое *рудное тело*, изученное на горизонте штольни №73, приурочено к контакту андезитовых порфиритов с монцонитовой интрузией. Породы рудной зоны сильно изменены - катаклазированы, перекристаллизованы с заметным развитием карбонатизации. Плотность руд достигает 2,78 г/см^3, соответственно низкая пористость - 2,02% и весьма низкое значение прочности - 85 МПа.

При пробуривании цилиндров в штуфных образцах из рудного тела образовывался обильный глинистый материал, затруднявший бурение. Выхода керна в большинстве случаев не было, вследствие чего прочность не определялась. При обработке образцов на камнерезном станке для выравнивания поверхности образцов, предназначенных для измерения скорости прохождения упругих волн, они распадались на отдельные куски. Процесс обработки материала из Девятого рудного тела свидетельствует о том, что при отработке его в подземных горных выработках он будет иметь сравнительно высокий коэффициент слеживаемости. Этот факт требует проведения специального изучения и разработки методики определения степени слеживаемости по эксплуатационным блокам рудника.

Девятое рудное тело с висячего бока контактирует с андезитами и андезито-базальтами, а с лежачего бока - с монцонитами. Монцониты в лежачем боку рудного тела непосредственно вблизи контакта не отличаются по плотности от руд (проба

Таблица 1.6

Физические свойства рудовмещающих пород и руд Меградзорского месторождения

(Мириджанян, Петросян, 1981; Бадалян и др., 1981)

Порода	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ	Остаточная намагниченность $J_r \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Плотность σ, г/см^3	Поляризуемость η, %	Уд.электрич. сопротивление ρ, Ом.м	Пьезоактивность $d \cdot 10^{-6}$ ед.СГСЭ
Туффиты	164	51	2,63	1150	2,20	-
Туффиты пиритизированные	115	21	2,63	не опр.	не опр.	-
Туффиты гидротермально измененные	14	8	2,61	не опр.	не опр.	-
Туфобрекчии	10	3	2,61	не опр.	не опр.	-
Порфириты	490	43	2,75	1600	1,70	-
Порфириты пиритизированные	190	25	2,64	не опр.	не опр.	-
Туфобрекчии гидротермально измененные	0	0	2,51	не опр.	не опр.	-
Гранодиориты	1200	не опр.	2,74	1970	2,1	-
Зоны околорудно-измененных пород	0	0	2,44	125	1,3	-
Кварцево-сульфидные жилы	0	0	2,63	55	13,5	5,2

№15), а в висячем боку андезиты (проба №13) несколько уплотнены (2,75 г/см^3).

Таким образом, по петрофизической характеристике руды отличаются от вмещающих пород своей хрупкостью и низкой упругостью, пластичностью и прочностью.

Рудные тела, представленные кварцевыми жилками, обладают весьма низкой пластичностью и при отработке их они будут слеживаться, а рудные тела, приуроченные к туффитам, более пластичны и, очевидно, коэффициент их слеживаемости будет высокий.

Во вмещающих породах приконтактовых частей лежачего и висячего боков рудных тел наблюдается некоторая зональность

в изменении характера физико-механических свойств, что можно использовать при поисковом прогнозировании.

Параметрическими исследованиями установлено, что рудные тела и развитые вокруг них околорудно-измененные породы немагнитны (табл.1.6). Рудовмещающие породы (туффиты, туфобрекчии и другие) обладают относительно высокими магнитными свойствами, которые по степени повышения интенсивности преобразований теряют свои магнитные свойства. В пределах зон гидротермально измененных пород золоторудные тела не выделяются в силу сходства их магнитных свойств. Рудные тела легко дифференцируются от вмещающих пород по величине удельного электрического сопротивления (рудные тела - 55, вмещающие породы - 1150-1970 Ом.м) и поляризуемости (13,5 и 2,2%).

По плотности рудные тела и вмещающие породы практически не дифференцируются. Пьезометрическими исследованиями (Бадалян и др.; 1979) установлено, что вмещающие породы месторождения не обладают пьезоэффектом, пьезоактивность рудных тел достигает $5{,}2 \cdot 10^{-10}$СГСЭ.

1.3.1.2. Золото-свинцово-цинковая подформация

1.3.1.2.1. Шаумянское месторождение

Капанский рудный район является главной сырьевой базой цветной металлургии Армении. В состав рудного поля входят два крупных месторождения (Капанское медное и Шаумянское золото-полиметаллическое) и ряд других рудопроявлений, объединенных общностью происхождения и контролируемых едиными структурными элементами (рис.3.18). Эти месторождения приурочены к разбитому на блоки крупными продольными и поперечными разрывными нарушениями северо-восточному крылу ассимметричной брахиантиклинальной складки, представляющей центральную приподнятую часть Капанской антиклинали (Вартапетян, 1965).

В рудном поле выделяются два структурных этажа: первый структурный этаж представлен среднеюрскими образованиями нижнего байоса. Эти породы являются самыми древними отложениями Капанского рудного поля (эпидотизированные брекчиевидные порфириты, их туфы и туфобрекчии преимущественно андезитового сос-

тава). Они слагают подрудную толщу и обнажаются в ядре антиклинальной складки в южной части рудного поля. Она перекрывается рудоносной толщей кварцевых и плагиоклазовых порфиритов верхнего байоса (Асланян, 1958; Акопян, 1962). Рудоносная толща представлена двумя комплексами пород. Первый комплекс - плагиоклазовые и кварц-плагиоклазовые порфириты, их туфы и туфобрекчии с прорывающими их телами андезито-дацитовых кварцевых порфиритов и альбитофиров; второй - кварцевые порфириты, их туфы и туфобрекчии барабатумской свиты (андезито-дацитового состава). Мощность рудоносной толщи варьирует в пределах от 100 до 500 м. Породы этой толщи широко распространены в центральной части рудного поля, слагая исследуемые месторождения и прилегающие к ним участки.

Второй структурный этаж представлен надрудной толщей туфоконгломератов и туфобрекчий верхней юры (верхний оксфорд - киммеридж; титон - средний валанжин). Мощность толщи 1200 м.

В Капанском рудном поле интрузивные и жильные породы имеют сравнительно ограниченное развитие. Они представлены габбро-диоритами, диоритами, габбро-диабазами и диабазовыми порфиритами, кварцевыми плагиопорфирами и альбитофирами. Пространственная близость Капанского, Цавского и Барцраванского гранитоидных массивов с Мегринским плутоном позволяет рассматривать их как краевые фации этого крупного плутона. Габбро-диабазы и диабазовые порфириты имеют весьма широкое распространение в Капанском рудном поле. Дайки габбро-диабазов и диабазовых порфиритов прорывают породы нижнего и верхнего байоса, верхнего оксфорда - киммериджа, а за пределами рудного поля - титон-средневаланжинскую вулканогенную свиту и являются дорудными. По Б.С.Вартапетяну (1965), дайки основного состава Капанского рудного поля дорудного возраста (дайки пересекаются рудными жилами; пострудные разрывные нарушения смещают и рудные тела и дайки; рудные тела нередко развиваются в лежачем боку даек; на участках стыковки даек и жил наблюдается изменение мощности рудных тел, их выклинивание и разветвление; в рудных телах отсутствуют следы температурного и механического воздействия даек). Эти дайки прорывают также посленеокомские интрузивы габбро-диоритов и диоритов.

Промышленное оруденение на Шаумянском месторождении в основном приурочено к разрывным нарушениям широт-

ного и близширотного простирания, а также оперяющих их системам трещин. Крупные дорудные разрывные нарушения играли экранирующую роль в размещении эндогенного оруденения.

Исследования указывают, что эндогенная минерализация исследуемого рудного поля развита во всех структурных этажах. Вместе с этим промышленная концентрация оруденения развита только в толще плагиоклазовых и кварцевых андезито-дацитовых порфиров верхнего байоса. Это объясняется благоприятными (литологическими, петрофизическими, структурными) для локализации оруденения условиями в пределах образований верхнего байоса. В подрудной толще нижнего байоса отмечено слабое оруденение в виде маломощных прожилок, а на участке "Перевальный" обнаружены четыре кварц-полиметаллические жилы. В породах надрудной толщи оксфорд-киммериджа, а за пределами рудного поля и в породах нижнего мела также развита эндогенная минерализация - обнаружено около 20 эндогенных рудопроявлений, среди которых можно выделить Шикахохское медно-молибденовое, расположенное в эндо- и экзоконтакте послеоксфордского интрузива; Барцраванское - расположено в порфирах, в которых выделены зоны с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и карбонатом; Дзорашенское - приуроченное к зоне вторичных кварцитов (послеоксфордских) с пиритом, халькопиритом и др. рудными минералами. В верхнеюрских отложениях выявлены интенсивные геохимические ореолы, являющиеся продолжением ореолов, связанных с рудными телами, расположенными в среднеюрских образованиях (Безирганов, 1984).

Все это свидетельствует о том, что в пределах Капанского рудного поля эндогенное оруденение не стратифицировано (не связано со стратиграфической формацией юры), а связано с интрузивным магматизмом палеогена. Таким образом, не исключена возможность обнаружения промышленных концентраций оруденения в породах верхней юры и нижнего мела.

Эндогенное оруденение в пределах рудного поля по отношению к интрузивам гранитоидного состава обладает четко выраженной горизонтальной зональностью: кварц-пирит-молибденовая формация (Дзорашен), кварц-пиритовая с халькопиритом (Куртамяк), кварц-пирит-халькопиритовая (рудник "7-10"), халькопиритовая (рудники "5-6", "1-2"), полиметаллическая (рудник Барабатум), золото-полиметал-

лическая (Шаумян). Теллуровая минерализация месторождения характерна для палеогеновой металлогении, а молибденовая - для неогенового магматизма (Амирян, 1974).

В пользу парагенетической связи эндогенного оруденения Шаумянского и Капанского месторождений и ряда рудопроявлений с комплексом малых интрузий палеогенового возраста свидетельствуют следующие факты: месторождения, рудопроявления, широкая система разрывных нарушений и выходы малых интрузий приурочены к единой (Капанской) брахиантиклинальной складке; единые направления линейно расположенных выходов малых интрузий, рудных тел и разрывных нарушений; приуроченность рудных тел и малых интрузий к единым разрывным нарушениям; предполагаемая близость на глубине интрузивного тела с пониженной плотностью; минералогическая зональность оруденения, по отношению к гранитоидной интрузии от высокотемпературной - кварц-пирит-молибденовой формации к низкотемпературной - золото-свинцово-цинковой, что подтверждает единство магматических очагов; минеральный состав рудных тел, околорудно-измененных пород, малых интрузий и их даечных дериватов; геохимическая близость рудных тел и малых интрузий; пространственная связь в вертикальной и горизонтальной плоскостях (расположение в пределах единого "критического" горизонта).

Шаумянское месторождение представлено системой скрытых крутопадающих параллельных жил и зон широтного и близширотного простираний. Локализация слепого оруденения на месторождении обусловлена наличием фильтрационных и структурных экранов. Большинство скрытых рудных тел расположено под фильтрационными экранами, и только небольшая часть (жилы №№ 11, 30, 33, 34, 39 и др.) экранирована Центральным и Восточно-Шаумянским разломами. Выклинивание рудных тел под фильтрационными экранами происходит постепенно и лишь для неболшой части рудных тел (жилы №№ 27, 28, 29, 31 и др.) верхняя кромка рудных тел (жил) резко выклинивается в контакте с верхнеюрскими образованиями. На месторождении установлено типичное кулисообразное расположение скрытых жил. Глубина залегания верхей кромки рудных тел от поверхности от 60 до 120 м. Жилы часто разветвляются, меняют

падение и простирание, образуя очень сложную систему. Мощность варьирует от 0,6 до 3,5 м.

Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, сфалерит, галенит, теннантит, гессит, алтаит, самородное золото, самородное серебро, теллуровисмутит и др.; нерудные - кварц, карбонат, серицит (Амирян, 1972, 1984).

Возраст оруденения - послесреднеэоцен.

Минералогические ореолы Шаумянского золото-полиметаллического месторождения представлены зонами гидротермально измененных пород.

Гидротермальным изменениям в различной степени подверглись все без исключения слагающие месторождение и рудное поле породы - от образований нижнего байоса до верхнеюрских отложений.

Породы рудного поля подверглись как региональному метаморфизму, имеющему широкое площадное распространение, так и гидротермальному - локальное развитие околорудно-измененных вмещающих пород. Околорудные изменения выражены в серицитизации, окварцевании, хлоритизации, карбонатизации и альбитизации рудовмещающих пород. Из них наибольший интерес представляет кварцево-серицитовая фация, к которой приурочено большинство золото-полиметаллических жил месторождения. Они могут служить надежной предпосылкой поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения. В непосредственной близости (до 0,75 м) от рудных тел преобладают окварцевание и серицитизация пород, постепенно затухающие но мере удаления от них. При этом понижение интенсивности околорудного изменения происходит медленнее со стороны висячего бока рудных тел, быстрее - со стороны лежачего. При удалении от рудных тел повышается степень хлоритизации, карбонатизации и альбитизации, которые достигают максимума своего проявления в 3,0-7,0 м от жил.

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и рудных тел. Приуроченность промышленных концентраций золота, меди и других металлов к среднеюрским образованиям обусловлена благоприятными для локализации оруденения физико-механическими свойствами этих пород, а не среднеюрским возрастом вмещающих пород, как это было принято ранее.

Эндогенная минерализация рудного поля развита не только в рудоносной толще верхнего байоса (плагиоклазовые и кварц-плагиоклазовые порфириты, их туфы и туфобрекчии и др.), где локализовано промышленное оруденение, но и в надрудной толще верхней юры и в меньшей степени в подрудной (нижний байос). Следовательно, нет обоснований возраст оруденения считать среднеюрским и связывать его с субвулканическими и экструзивными образованиями юрского вулканизма. Оруденение этих месторождений парагенетически связано с комплексом малых интрузий гранитоидного состава и имеет молодой возраст.

Петрофизическими исследованиями установлено (Вартанян, 1969, 1979), что среди среднеюрских образований наиболее благоприятной средой для локализации промышленного оруденения являются породы верхнего байоса, и среди них кварцевые порфириты барабатумской свиты (табл.1.7). Кварцевые порфириты, по сравнению с плагиоклазовыми и кварц-плагиоклазовыми порфиритами, обладают высокими значениями физических свойств (эффективная пористость - 7,48%, водонасыщение - 3,0%) и соответственно низкими величинами механических свойств (модуль упругости - $1,27 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, модуль сдвига - $0,48 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, пластичность - коэффициент Пуасоона - 0,17, предел прочности на сжатие 971 кг/см^2 и коэффициент напряжения - $2,72 \cdot 10^5$кг/см^2). Следовательно, породы рудоносной толщи можно подразделить на наиболее благоприятные для локализации оруденения образования (кварцевые порфириты), благоприятные (кварц-плагиоклазовые порфириты) и менее благоприятные (плагиоклазовые порфириты).

Анализ петрофизических свойств пород надрудной толщи, характеризующейся развитием слабой эндогенной минерализации, позволяет среди пород этой толщи выделить наиболее благоприятные для локализации оруденения образования - туфобрекчии и туфоконгломераты, которые по сравнению с андезитовыми порфиритами обладают более высокими значениями физических свойств (эффективная пористость -3,05%, водонасыщение - 1,14%) и относительно низкими величинами механических свойств (модуль сдвига - $1,90 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, модуль упругости - $4,89 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, предел прочности на сжатие - 1480 кг/см^2,

Таблица 1.7

Физико-механические свойства горных пород Капанского рудного поля
(Вартанян, 1969, 1979)

Объемный вес, г/см^3	Эффективная пористость, %	Коэффициент водонасыщения, %	Скорость прохождения упругих волн, км/сек			Модуль Юнга (упругости) $E \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Модуль сдвига $G \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Коэффициент Пуассона	Предел прочности на сжатие, кг/см^2	Коэффициент относит. напряжения $n \cdot 10^5$ кг/см^2
			поверхн.	продольн.	поперечн.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подрудная толща (средняя юра, нижний байос; слабое проявление эндогенной минерализации; брекчиевидные эпидотизированные порфириты)										
2,75	0,73	0,34	2,72	5,18	3,02	6,22	2,56	0,24	1880	7,20
Рудовмещающая толща (средняя юра, верхний байос; промышленная концентрация эндогенной минерализации; плагиоклазовые порфириты)										
2,69	1,71	0,58	2,30	4,38	2,56	4,38	1,81	0,22	1000	6,55
Кварц-плагиоклазовые порфириты										
2,74	2,38	0,87	1,76	3,35	1,90	2,31	1,03	0,24	800	1,43
Кварцевые порфириты (барабатумская свита)										
2,48	7,48	3,0	2,13	3,95	2,37	1,27	0,48	0,17	971	2,72
Надрудная толща (верхняя юра; (широкое развитие эндогенной минерализации; туфобрекчии, туфоконгломераты)										
2,64	3,05	1,14	2,45	4,90	2,67	4,89	1,90	0,32	1480	1,78
Андезитовые порфириты										
2,63	0,84	0,22	2,70	4,80	2,97	6,73	2,40	0,26	1576	1,98
Жильные породы. Диабазовые порфириты										
2,71	0,54	0,21	-	-	-	5,83	2,28	0,26	2400	-
Габбро-диориты										
2,64	1,08	0,40	-	-	-	4,73	2,10	0,24	2080	-

коэффициент относительного напряжения - $1{,}78 \cdot 10^5$ кг/см^2). Величина пластичности верхнеюрских образований колеблется в близких пределах. Эти выводы согласуются с фактами развития медно-молибденовой, медной, медно-колчеданной минерализации и первичных геохимических ореолов элементов-индикаторов медного и золото-полиметаллического оруденения в верхнеюрских туфобрекчиях и туфоконгломератах рудного поля.

Подрудная толща, в которой эндогенная минерализация проявлена очень слабо, характеризуется неблагоприятными для локализации оруденения физико-механическими свойствами - брекчиевидные эпидотизированные порфириты обладают наиболее низкими показателями физических и высокими - прочностных и упругих свойств.

В хрупких кварцевых, кварцево-серицитовых порфиритах концентрировались прожилково-вкрапленные руды (штокверки). В более пластичных плагиоклазовых порфиритах заполнение выдержанных трещин рудным материалом привело к образованию рудных тел жильного типа.

Таблица 1.8

Физические свойства рудовмещающих пород и руд Капанского рудного поля
(Бадалян и др., 1980)

№№ п/п	Порода	Уд.электрич. сопротивление ρ, Ом.м	Поляризуемость η, %	Плотность σ, г/см^3	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Пьезоактивность $d \cdot 10^{-10}$ ед.СГСЭ
1.	Кварц-плагиоклазовые порфириты	140	2,3	2,68	15	0,003
2.	Диабазовые порфириты (дайки)	600	1,0	2,72	1850	0,003
3.	Зоны трещиноватости и дробления пород	73	0,8	2,50	9	-
4.	Золоторудные тела	50	12,0	3,00	9	1,3

Таким образом, наиболее благоприятными породами для вмещения промышленной эндогенной минерализации являются породы верхнего байоса, характеризующиеся наиболее высокими

значениями физических (пористость, водонасыщение) и низкими показателями прочностных и упругих свойств, по сравнению с остальными породами рудного поля.

Параметрическими исследованиями физических свойств рудовмещающих пород и руд установлено, что величина удельного электрического сопротивления кварц-плагиоклазовых порфиритов варьирует в широких пределах - от 40 до 600 Ом.м, в среднем, 140 Ом.м; для измененных разностей эта величина понижается до 30-160 Ом.м (Бадалян и др., 1980). Рудные тела характеризуются низкими величинами - 50 Ом.м (табл.1.8). Вероятность выделения рудных тел среди вмещающих пород равна 88%. По поляризуемости рудные тела выделяются среди рудовмещающих пород с вероятностью 93%, по плотности - 91%. Значение магнитной восприимчивости рудовмещающих пород и рудных тел приблизительно одинаково, и они относятся к группе практически немагнитных или весьма слабомагнитных образований. На фоне слабомагнитных вмещающих пород дайки диабазовых порфиритов четко выделяются с вероятностью 99%. По величине пьезоэффекта рудные тела отчетливо фиксируются среди вмещающих пород (99%).

1.3.1.2.2. Личкваз-Тейское месторождение

Айгедзорское рудное поле расположено в пределах Армянской зоны. Рудное поле слагают Личкваз-Тейское и Тертерасарское золоторудные, а также Айгедзорское и Егникасарское медно-молибденовые рудопроявления (рис. 3.25).

Рудное поле сложено эоценовыми вулканогенными породами (эпидотизированные порфириты, их туфы и туфобрекчии), прорванными интрузиями и дайками Мегринского плутона, а также малыми интрузиями гранитоидного состава. Наиболее молодыми породами рудного поля являются конгломерато-песчанисто-глинистые отложения плиоцена (нор-аревикская толща).

В структурном отношении месторождение приурочено к Дебаклинскому и Тейскому разрывным нарушениям. Рудовмещающими породами являются вулканогенные образования среднего эоцена и прорывающие их миоценовые интрузивные породы Мегринского плутона (порфировидные граниты, монцониты и др.). Эти породы, в свою очередь, в период палеоген-неогено-

вого магматизма прорываются малыми интрузиями (гранодиориты, кварцевые диориты, габбро-диориты и их жильные дериваты), с которыми намечается парагенетическая связь оруденения.

Основными рудовмещающими структурами являются трещины оперения крупных разрывных нарушений, а также зоны дробления и трещиноватости пород. Сопряженные с Дебаклинским и Тейским разломами трещины имеют северо-восточное простирание с крутым углом падения в основном на северо-запад. Значительную роль в локализации эндогенного оруденения играют узлы пересечений нарушений и зоны интенсивной трещиноватости и дробления пород.

В морфологическом отношении оруденение представлено жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Мощность рудных зон, вмещающих скрытые золоторудные жилы, колеблется в пределах от 2 до 7 м, достигая в раздувах 10 м. Простирание северо-восточное, с падением на СЗ 320-330°. Рудные зоны прослеживаются до 2 км и более.

Минеральный состав руд: рудные - пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, арсенопирит, теннантит, тетраэдрит, самородное золото, марказит, пирротин, молибденит и др.; нерудные - кварц, кальцит.

Минералогические ореолы представлены зонами околорудно-измененных пород (серицитизированных, карбонатизированных, окварцованных), которые выделяются на фоне развития пород дорудного метаморфизма (хлоритизированных, пропилитизированных, эпидотизированных, альбитизированных, пиритизированных). Околорудно-измененные породы приурочены к разрывным нарушениям северо-восточного простирания, сопровождая золоторудные жилы и зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Кварц-серицитовые, кварц-карбонат-серицитовые породы окаймляют пирит-халькопиритовые, полиметаллические и арсенопиритовые жилы. На контакте пирит-халькопиритовых, полиметаллических и арсенопиритовых жил порфириты превращены в кварц-карбонатные или кварц-карбонат-серицитовые породы с вкрапленностью рудных минералов (пирита, халькопирита, арсенопирита, сфалерита и др.). Вблизи кварцево-рудных жил и в зонах прожилково-вкрапленной минерализации за счет диорит-порфиритов, керсантитов и аплитов

образуются кварц-серицитовые, кварц-карбонат-серицитовые породы с вкрапленностью пирита. Как видно, конечными продуктами изменения всех типов пород являются кварц-карбонатные и кварц-карбонат-серицитовые образования с интенсивной пиритизацией (Амирян, Тунян, 1971; Амирян, 1984).

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и рудных тел. Физико-механические свойства рудовмещающих пород слабо изучены, однако геологические наблюдения на месторождении и опыт работы на других объектах данного типа позволили выделить вулканогенные породы как наиболее благоприятную среду, в которых расположены промышленные золоторудные тела. Интрузивные породы являются менее благоприятной средой для рудоотложения, в них локализуются маломощные рудные зоны.

Рудовмещающие породы характеризуются относительно высокой магнитной восприимчивостью - $500 \cdot 10^{-6}$ - $3000 \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ, рудные тела - $0\text{-}200 \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ. Гидротермально измененные породы не обладают магнитной восприимчивостью (табл.1.9).

Таблица 1.9

Физические свойства рудовмещающих пород и руд Личкваз-Тейского месторождения
(Халатян и др., 1968)

№№ п/п	Порода	Плотность σ, г/см^3	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Остаточная намагнич. $J_r \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Поляризуемость η, %
1.	Порфириты	2,7	1600	400	1,2
2.	Гранодиориты	2,7	1200	300	1,6
3.	Монцониты	2,7	500	100	1,7
4.	Диориты, кварцевые диориты	2,7	3000	500	1,7
5.	Породы аревикской толщи	2,2	40	0	1,1
6.	Гидротермально измененные породы	2,5	0	0	2,6
7.	Рудные тела	2,8	200	20	12,0

Высокая поляризуемость рудных тел (до 12,0%) позволяет успешно применять электрометрические методы поисков и разведки скрытого оруденения. Применение гравиразведки не рекомендуется, т.к. плотность рудных тел и вмещающих их пород практически не отличается: рудные тела - 2,8 г/см^3; вмещающие породы - 2,7 г/см^3.

1.3.1.2.3. Тертерасарское месторождение

Месторождение является северо-восточным продолжением Личкваз-Тейского и по геолого-структурным особенностям аналогично с ним (рис. 3.32).

Слагающими месторождение породами являются вулканогенно-осадочные породы среднего эоцена, прорванные интрузивными породами Мегринского плутона (габбро, габбро-диориты, гранодиориты, монцониты и др.). Эти породы в свою очередь интрудированы комплексом малых интрузий (гранодиорит-порфиры, кварцевые диориты и их жильные дериваты - диоритовые и диабазовые порфириты), с которыми парагенетически связана эндогенная минерализация. В структурном отношении месторождение приурочено к Дебаклинскому региональному разлому и сопряженными с ним разрывным нарушениям. Оруденение контролируется зонами трещин скола и отрыва и брекчирования пород. Скрытые рудные тела представлены жилами кварц-пирит-халькопиритового и кварц-карбонат-полиметаллического составов. Они сопровождаются выходящими на поверхность зонами кварцево-серицитовых образований. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, самородное золото, теннантит, висмутин, теллуровисмутит, тетрадимит, гессит, сильванит, алтаит и др.; нерудные - кварц, карбонат (Амирян и др., 1982).

Рудные тела и зоны измененных пород легко дифференцируются по величине магнитной восприимчивости и поляризуемости (табл.1.10). Дифференциация рудных зон от вмещающих пород по плотности практически невозможна. Пьезоактивность кварцевых образований в рудных зонах месторождения колеблется в пределах от $0{,}9 \cdot 10^{-14}$ до $6{,}3 \cdot 10^{-14}$ ед.СГСЭ; вмещающие породы не проявляют пьезоэффекта.

Таблица 1.10

Физические свойства рудовмещающих пород и руд Тертерасарского месторождения
(Бабурян и др., 1980)

№№ п/п	Порода	Плотность σ, г/см^3	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Остаточная намагнич. $J_r \cdot 10^{-6}$ ед.СГСМ	Поляризуемость η, %
1.	Монцониты	2,77	5303	1157	1,49
2.	Диориты	2,62	4103	3712	1,29
3.	Плагиограниты	2,74	4184	2565	1,77
4.	Порфириты	2,81	2653	397	0,90
5.	Габбро-диориты	2,78	1582	455	0,76
6.	Габбро	2,94	9574	1444	1,23
7.	Жильные породы	2,62	642	77	1,02
8.	Гидротермально измененные породы	2,75	238	58	1,19
9.	Рудоносные зоны	2,78	1542	309	2,74

1.3.1.3. Золото-серебро-сурьмяная подформация

1.3.1.3.1. Азатекское месторождение

Месторождение приурочено к юго-западному пологому крылу антиклинальной складки, в пределах которой широко развиты разрывные нарушения северо-восточного и северо-западного направлений (рис.1.8; 3.38; 3.40). В геологическом строении месторождения принимают участие вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена (туфопесчаники, туфобрекчии, туфоконгломераты и др.), прорванные Каялинской интрузией миоценового возраста (монцониты, кварцевые монцониты, диориты, сиенито-диориты и др.). Эти породы интрудированы малыми интрузиями верхнего миоцена (гранодиорит-порфиры, диоритовые и диабазовые порфириты), с которыми намечается парагенетическая связь эндогенной минерализации рудного поля.

Азатекское месторождение представлено двумя участками: Левобережным и Правобережным. В пределах этих участков широким распространением пользуются вулканогенно-осадочные породы и интрузии гранодиорит-сиенитового состава, с

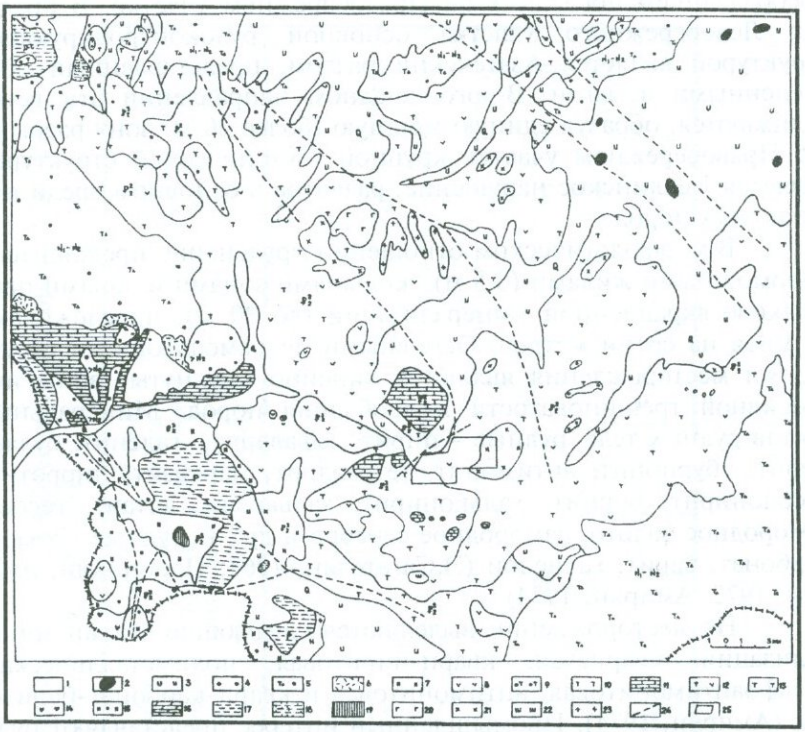


Рис.1.8. Геологическая карта Айоцдзорского района (Асатрян, Епремян и др., 1976).

1-аллювиально-делювиальные отложения (Q). 2-вулканические конусы. 3-андезито-базальты, базальты (Q). 4-галечники (>N_2). 5-кварцевые порфириты, пемзовые песчаники, конгломераты, туфобрекчии, липариты, дациты (N_1-N_2). 6-песчаники, глины (P_3). 7-песчаники, известняки (P_2^3). 8-андезиты, порфириты (P_3). 9-туфоконгломераты (P_2^3). 10-туфопесчаники сланцеватые, глины, известняки (P_2^2). 11-известняки (P_2^2). 12-туфопесчаники, туффиты, порфириты, андезиты (P_2^2). 13-туффиты, порфириты, туфопесчаники, туфобрекчии, конгломераты (P_2^2). 14-дациты (P_2^2). 15-известняки, известковистые песчаники, конгломераты (K_2). 16-плитчатые мергели, известняки (T). 17-битуминозные известняки, известково-песчанистые сланцы (P). 18-битуминозные известняки, песчаники, кварциты, сланцы (D-C). 19-дациты. 20-граниты, сиенито-граниты. 21-сиенито-диориты, кварцевые диориты. 22-кератофиры. 23-дацитовые, кварц-порфиритовые дайки. 24-тектонические нарушения. 25-контур Азатекского рудного поля.

преобладанием последних на Правобережном участке. В пределах Левобережного участка основной рудоконтролирующей структурой является Азатекский разлом, представленный обособленными ветвями. В юго-западном направлении эти ветви сближаются, образуя единую мощную (более 20 м) зону разрыва. На Правобережном участке крупной тектонической структурой является Каялинское нарушение, развитое в основном среди интрузивных пород.

В морфологическом отношении оруденение представлено маломощными жилами (0,5 м), жильными зонами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации (до 30 м), прослеживающимися на сотни метров. Основными рудовмещающими структурами месторождения являются линейно вытянутые зоны интенсивной трещиноватости и дробления пород. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, сфалерит, галенит, буланжерит, бурнонит, антимонит, тетраэдрит, марказит, пирротин, арсенопирит, борнит, халькопирит, халькозин, алтаит, гессит, самородное золото, самородное серебро и др.; нерудные - кварц, карбонат, барит, халцедон (Э.Сагателян, 1967; Пароникян, Акопян, 1972; Амирян, 1974).

На месторождении выделяются следующие стадии минерализации: кварцевая, кварц-пиритовая, полиметаллическая, сульфоантимонитовая, антимонитовая и кварц-карбонат-баритовая (Амирян, 1974). Промышленный интерес представляют руды полиметаллической, сульфоантимонитовой и антимонитовой стадий минерализации.

Золото является характерным элементом полиметаллических и сульфоантимонитовых руд, в которых оно находится в самородном виде. Повышенные содержания золота установлены в блеклых рудах, сульфоантимонитах свинца (до 50 г/т), в галените, сфалерите, пирите, халькопирите (15-30 г/т), в антимоните - 3,5 г/т.

Пробность золота в сульфоантимонитовых рудах 770-780.

По данным последнего подсчета запасов месторождения (1995г.) установлено среднее содержание золота 3 г/т, серебра - 62 г/т.

Минералогические ореолы Азатекского месторождения представлены зонами гидротермально измененных пород. Околорудные изменения выражены в серицитизации, карбонатиза-

Таблица 1.11

Физико-механические свойства горных пород Азатекского месторождения
(Вартанян, М.Алоян, 1982)

№№ п/п	Порода	Объемный вес, г/см^3	Эффективная пористость, %	Коэфф. водонасыщения, %	Скорость прохождения упругих (продольных) волн, км/сек	Модуль Юнга (упругости $E \cdot 10^{-5}$ кг/см^2)	Модуль сдвига, $G \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Предел прочности на сжатие, кг/см^2	Коэфф. Пуассона
1.	Монцониты	2,80	1,53	0,55	5,78	7,45	3,05	1500	0,28
2.	Монцодиориты	2,80	1,20	0,43	5,50	6,85	2,82	1300	0,26
3.	Диориты	2,87	1,34	0,48	6,04	5,51	2,64	1060	0,24
4.	Граносиениты	2,85	2,13	0,74	6,36	5,45	3,19	1700	0,18
5.	Слабоизмененные монцониты	2,86	3,20	1,86	5,80	5,65	2,77	988	0,28
6.	Среднеизмененные монцониты	2,64	4,18	1,61	4,62	4,66	2,45	682	0,20
7.	Сильноизмененные монцониты	2,47	5,68	2,96	3,52	3,39	1,83	278	0,16
8.	Диоритовые порфириты	2,69	1,15	0,43	6,30	6,53	2,66	1124	0,30
9.	Андезитовые порфириты	2,70	1,61	0,63	4,70	4,79	2,00	1438	0,22
10.	Роговики	2,70	1,20	0,45	4,85	4,68	1,84	1216	0,27
11.	Туфопесчаники	2,70	4,27	1,55	4,01	3,93	1,98	1030	0,31

ции, окварцевании, каолинизации и пиритизации вмещающих пород. Интенсивно окварцованные породы, окаймляющие на глубине скрытые рудные тела, на поверхности отчетливо фиксируются в рельефе благодаря своей устойчивости к процессам разрушения. Направление этих зон совпадает с направлением рудоконтролирущих структур.

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и рудных тел. Анализ физико-механических свойств рудовмещающих пород позволил на месторождении выделить две, резко отличающиеся, группы пород (табл.1.11): в первую группу включается интрузивный комплекс пород (монцониты, монцодиориты, диориты, граносиениты), который характеризуется высокой плотностью (объемный вес равен, в среднем, 2,83 г/см^3), высокими упругими (модуль упругости - $6{,}25 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и прочностными свойствами (предел прочности на сжатие - 1600-1700 кг/см^2) и, наоборот, обладает низкими показателями физических свойств (коэффициент водонасыщения - 0,55%; эффективная пористость - 1,55%); ко второй группе относятся вулканогенно-осадочные породы, обладающие высокими значениями физических (коэффициент водонасыщения - 1,55%; эффективная пористость - 4,27%) и соответственно низкими величинами упругих ($3{,}93 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и прочностных (1030 кг/см^2) свойств.

В интрузивных породах локализуются мелкие рудные тела и, наоборот, благоприятные физико-механические свойства вулканогенных пород определяют концентрацию промышленных руд.

Гидротермально измененные породы обладают низкой величиной удельного электрического сопротивления (123 Ом.м) и высокой поляризуемостью (4,8%), отчетливо выделяясь среди вмещающих пород (288-2825 Ом.м и 1,16-1,82%). Среди рудовмещающих пород вулканогенные породы, по сравнению с интрузивными, дифференцируются низким удельным электрическим сопротивлением - 288 Ом.м и поляризуемостью - 1,16% (Даниелян и др., 1981).

1.3.2. Меднорудная формация

1.3.2.1. Шамлугское месторождение

Геолого-структурная характеристика месторождения приводится по работам П.Ф.Сопко (1961), Б.С.Вартапетяна (1965), Б.С.Вартапетяна и др. (1967), С.С.Мкртчяна и др. (1968), Э.А.Хачатуряна (1967), В.О.Пароникяна (1972) и других исследователей.

Шамлугское месторождение приурочено к Алавердской антиклинальной складке, осложненной на крыльях второстепенной складчатостью и разрывными нарушениями. В присводовой части и на северо-восточном крыле средневерхнеюрские образования рудного поля прорваны гранитоидными интрузивами (Шнох-Кохбским, Банушским, Ахпатским и др.) и многочисленными более мелкими телами плагиопорфиров (рис.3.43).

В размещении месторождений и рудопроявлений рудного района, расположенного в Сомхето-Карабахской зоне, отмечается определенная закономерность. Они располагаются в присводовой части Алавердской антиклинали, на участках, где обнажаются на поверхности интрузии умеренно-кислого состава и контролируются разрывными нарушениями северо-западного простирания и сопряженными с ними структурами северо-восточного направления. В пределах этой площади располагаются известные промышленные месторождения меди (Алаверди, Шамлуг), свинцово-цинковых руд (Ахтала), а также, Техутское медно-молибденовое месторождение.

Рудовмещающими породами являются вулканогенные образования средней юры (кератофировые брекчии и туфы, порфириты, туфобрекчии). Рудоносная толща перекрыта туфопесчаниками, которые с прорывающими их альбитофирами играют роль фильтрационных экранов. Рудоконтролирующие структуры представлены участками пересечения крутопадающих трещин, зонами дробления и экранирующими пологими контактами. Промышленные руды расположены непосредственно под туфопесчаниками и альбитофирами. На верхних горизонтах месторождения в кератофировых брекчиях и туфах локализованы линзо- и штокообразные рудные тела, в нижних - в порфиритах и туфобрекчиях - жилы. Размеры штоков: по простиранию 200-300 м, по падению - 100-150 м, при средней мощности 7 м. Жилы

мощностью 2-3 м прослеживаются до сотен метров. Между рудными телами верхних и нижних горизонтов существует непосредственная связь. Рудные тела залегают на глубине 50-400 м от поверхности.

Руды Шамлугского месторождения по минеральному составу подразделяются на следующие типы: серноколчеданный, медноколчеданный и полиметаллический. Среди них промышленный интерес на месторождении представляют лишь руды медноколчеданного типа. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, таннантит, борнит, самородное золото, марказит, станнин, аргентит, самородное серебро; нерудные - кварц, серицит, барит, ангидрит, гипс и карбонаты.

Пространственная приуроченность месторождений к выходам малых интрузий дает основание наметить парагенетическую связь эндогенного оруденения с малыми интрузиями (Вартапетян, 1965). Одни исследователи молодой возраст оруденения связывают с диорит-порфиритами и габбро-диабазами, являющимися дорудными и сформировавшимся значительно позже келловейского времени (Алтунян, 1971), другие - с гранит-порфирами и гранодиорит-порфирами Банушского интрузива (предолигоцен), прорывающими на г.Лалвар отложения среднего эоцена. По В.Г.Гогишвили и др. (1976) и С.А.Мовсесяну (1972), медноколчеданное оруденение рудного поля связано с неогеновым магматизмом. Первичные геохимические ореолы месторождения зафиксированы в альбитофирах, прорывающих образования верхней юры. Возраст оруденения предположительно установлен как послепозднеюрский (послесреднеэоцен), а не среднеюрский, как это принималось ранее (Безирганов, 1984).

Ореолы околорудно-измененных пород охватывают ограниченное количество вмещающих пород, которые на месторождении выражены окварцеванием, серицитизацией и хлоритизацией. В зависимости от расстояния от рудных зон и характера рудовмещающих пород, на разных участках месторождения преобладает тот или иной тип изменения. На верхних горизонтах месторождения, где развиты кератофиры и их брекчии, наиболее интенсивно проявились процессы окварцевания и серицитизации. Нижние горизонты характеризуются хлоритизацией вмеща-

ющих пород. В туфобрекчиях порфиритов рудные тела окаймляются кварц-серицитовыми породами. В зальбандовых частях рудных тел, как правило, преобладает крупнокристаллический кварц; в удалении от рудных тел кварц-серицитовые изменения сменяются кварц-серицит-хлоритовыми. Из околорудно-измененных пород наибольший интерес для поисков скрытого оруденения представляют зоны кварц-серицитовых пород, развитых в непосредственной близости от рудных тел.

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и рудных тел. Промышленное оруденение на Шамлугском месторождении приурочено к кератофирам и туфобрекчиям порфиритов, которые в процессе рудообразования подверглись интенсивным гидротермальным изменениям, а подрудная (порфириты) и надрудная (песчаники) толщи, как и их секущие альбитофиры, практически безрудны. Контроль оруденения обусловлен различными физико-механическими свойствами рудовмещающих пород. Вмещающие породы месторождения обладают более благоприятными для локализации оруденения петрофизическими свойствами, чем перекрывающие их образования. Рудовмещающие породы (кератофиры и туфобрекчии порфиритов) обладают высокой эффективной пористостью (4,05 и 3,20%) и соответственно низкими показателями прочностных (730 и 935 кг/см^2) и упругих (3,23 и $3,87 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойств (табл.1.12). Надрудная толща песчаников и адьбитофиры, по сравнению с рудоносной толщей, характеризуются низкими величинами эффективной пористости (1,70 и 0,90%) и высокими показателями прочностных (2125 и 1990 кг/см^2) и упругих ($5,36 \cdot 10^{-5}$ и $4,93 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойств. Подрудная толща порфиритов обладает низкой эффективной пористостью (1,73%) и высокими прочностными (1400 кг/см^2) и упругими ($6,56 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойствами. Гидротермально измененные кератофиры по своим петрофизическим показателям являются более благоприятной средой для локализации оруденения, чем их неизмененные разности. В хрупких кератофирах, на участках дробления и брекчирования пород, под экранирующей кровлей альбитофиров и песчаников локализовались наиболее крупные линзо- и штокообразные скрытые рудные тела. Пластичность порфиритов обусловила образование трещин скалывания, в которых формировались жилы.

Таблица 1.12

Физико-механические свойства горных пород Шамлугского месторождения
(Вартанян, 2000)

№№ п/п	Порода	Объемный вес, г/см^3	Истинная пористость, %	Эффективная пористость, %	Предел прочности, кг/см^2			Модуль Юнга (упругости $E \cdot 10^{-5}$ кг/см^2)	Коэфф. Пуассона	Модуль сдвига, $G \cdot 10^{-5}$ кг/см^2
					на сжатие	на срез	на раскол			
1.	Альбитофиры	2,66	1,81	0,90	1990	-	146,5	4,45	0,18	1,97
2.	Песчаники	2,63	2,39	1,70	2125	-	157,5	5,36	0,20	1,72
3.	Кератофиры и их туфобрекчии	2,65	7,18	4,06	730	461,5	59,5	3,23	0,16	1,50
4.	Гидротермально измененные кератофиры	2,57	11,80	7,84	655	332,5	27,0	3,13	0,11	1,38
5.	Окварцованные кератофиры (оруденелые)	2,70	4,65	3,30	825	-	85,0	3,50	0,16	1,54
6.	Туфобрекчии порфиритов	2,62	4,90	3,20	935	650	80,0	3,87	0,22	1,54
7.	Измененные туфобрекчии порфиритов с рудными минералами	2,69	4,12	2,67	1148,5	825	102,5	4,12	0,21	1,96
8.	Порфириты (нижние)	2,81	3,76	1,73	1400	900	117,5	6,56	0,24	2,49

Рудные тела на месторождении обладают довольно низкими величинами удельного электрического сопротивления (20 Ом.м) и высокой поляризуемостью (14%), легко дифференцирующимися от рудовмещающих пород (удельное электрическое сопротивление - 450-630 Ом.м; поляризуемость - 1,2-2,5%; Бадалян и др., 1981).

1.3.2.2. Капанское месторождение

Геолого-структурная характеристика Капанского рудного поля и месторождения подробно рассмотрена выше.

Породы, слагающие пологое крыло Капанской антиклинальной складки, объединены в два структурных этажа: первый представлен среднеюрскими образованиями нижнего байоса (эпидотизированные брекчиевидные порфириты, их туфы и туфобрекчии), слагающими подрудную толщу. Эта толща перекрыта рудоносной толщей кварцевых, плагиоклазовых и кварц-плагиоклазовых порфиритов, их туфов и туфобрекчий; второй - надрудной толщей туфоконгломератов и туфобрекчий верхней юры (рис.3.51).

Комплекс вулканогенных, вулканогенно-осадочных пород прорван дайками основного состава (габбро-диабазы, диабазовые порфириты), возраст которых установлен как послепозднеюрский. За пределами рудного поля они прорывают титон-средне-валанжинскую вулканогенную толщу. Эти дайки являются дорудными образованиями. Район характеризуется проявлением послеверхнеюрского магматизма, приведшего к локализации комплекса малых интрузий и парагенетически с ним связанного эндогенного оруденения меди, золота, молибдена и других металлов. Эндогенная минерализация проявлена различной концентрацией во всех структурных этажах, и только благоприятные физико-механические свойства среднеюрских образований обусловили локализацию в них промышленного оруденения. Оруденение контролируется крупными дорудными деформационными структурами типа сбросо-сдвигов и сдвигов. Рудные тела приурочены к лежачим бокам разрывных нарушений.

Капанское месторождение слагают несколько участков-рудников (рудник "Катар", "7-10", "5-6" и др.). Каждый участок

характеризуется своими морфологическими особенностями эндогенного оруденения с преобладанием на одних жильного типа оруденения, или жильных зон, на других - штокверкового.

Большинство скрытых жил экранировано Восточно-Саядкарским и Каварт-Джурским разломами (жилы 6-я северная, 15, 5-я северная, 22, 24, 2-я южная, 1-я южная и др.). Под фильтрационными экранами локализована небольшая часть рудных тел. Штокверки приурочены к зонам дробления и трещиноватости пород, оперяющих разрывные нарушения. На месторождении известны два крупных штокверка: Западный (рудник "7-10") и Восточный (рудник "5-6"). Слепые штокверки расположены под структурными (рудник "7-10", "5-6") и фильтрационными (часть штокверка "7-10") экранами.

Минеральный состав рудных тел: рудные - халькопирит, пирит, борнит, теннантит, сфалерит, галенит, марказит, теллуриды свинца, висмута, серебра, золота, самородное золото, самородное серебро и др.; нерудные - кальцит, кварц, гипс и др. Руды месторождения, наряду с медью, содержат золото, серебро и другие металлы.

Минералогические ореолы. Околорудные изменения рудовмещающих пород Капанского месторождения интенсивно развиты в среднеюрских образованиях верхнего байоса (кварц-плагиоклазовых, плагиоклазовых и кварцевых порфиритах) и выражены в окварцевании, кварцитизации, серицитизации, каолинизации, хлоритизации, пиритизации, карбонатизации и в огипсовании этих пород. В поверхностных условиях пиритизированные породы способствуют развитию процесса лимонитизации. Вторичные кварциты в пределах рудного поля могут служить прямыми признаками скрытого оруденения. На некоторых участках месторождения непосредственно под вторичными кварцитами локализовано эндогенное оруденение. Рудные тела сопровождаются кварц-серицит-хлоритовыми породами. Гидротермальные изменения верхнеюрских образований выражены в слабой форме.

1.3.3. Медно-молибденовая формация

1.3.3.1. Техутское месторождение

Техутское рудное поле расположено в пределах Алавердской антиклинали, разбитой системой разрывных нарушений, к

одному из которых (Техутскому) приурочено медно-молибденовое оруденение (рис.3.57). Оно сложено в основном из вулканогенных пород средней юры (диабазовых, андезитовых и дацитовых порфиритов, их туфов, туффитов, туфобрекчий), прорванных Шнох-Кохбским массивом гранитоидов.

Главными рудовмещающими породами являются гидротермально измененные кварцевые диориты. Промышленное оруденение штокверкового типа сконцентрировано в основном в приконтактовых зонах кварцевых диоритов со штоком диорит-порфиритов в апикальной части интрузии под толщей вмещающих интрузивов порфиритов. Прожилково-вкрапленная минерализация проявляется также в экзоконтактовых частях вулканогенных образований. Рудоконцентрирующими структурами являются разрывные нарушения сбросо-сдвигового типа с оперяющими боковыми трещинами и зонами дробления, расположенными вдоль вытянутости интрузивного массива. Оруденение наследует направление ранее существовавшей мелкой первичной трещиноватости интрузивных пород, развиваясь также по вновь возникшим оперяющим трещинам скола и отрыва, сопряженными с главными нарушениями. Эти особенности определили штокверковый характер оруденения. Промышленно ценная часть штокверковой зоны вытянута в северо-восточном направлении длиной до 2 км, средней шириной 1,3 км (Галстян и др., 1979; Асланян и др., 1980).

Околорудные изменения выражены в окварцевании, хлоритизации, эпидотизации, серицитизации, пиритизации, карбонатизации, каолинизации, цеолитизации, ангидритизации и огипсовании вмещающих пород. Минеральный состав руд: рудные - халькопирит, молибденит, пирит; нерудные кварц, ангидрит. В халькопирит-молибденитовых рудах установлены следующие содержания элементов: Mo - 0,01-0,04%; Cu - 0,6-0,8%; Zn - 0,007-0,01% Pb - 0,001%; Co - 0.01-0,1%; Ni - 0,001%; Au - 0,2 г/т; Ag - 18-26 г/т; Bi - 10 г/т.

Верхние горизонты месторождения (до глубины 30-80 м от поверхности) представлены зоной окисления с подзонами выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения. Здесь установлена самородная медь, окислы и гидроокислы железа (лимонит, гетит, гидрогетит и др.), меди (куприт, тенорит, малахит,

азурит, хризоколла, борнит, халькозин, ковеллин и др.), молибдена (ферримолибдит) и др. В этой же зоне отмечается весьма интересная минерализация алюмо-кремнистого фосфата меди - бирюзы (Безирганов, Товмасян, 1985).

Петрофизическая характеристика рудовмещающих пород и руд. Интрузивные породы обладают низкой магнитной восприимчивостью ($20 \cdot 10^{-6}$ед. СГСМ), на фоне которых отчетливо выделяются немагнитные оруденелые зоны и ореолы измененных пород (Р.Григорян, 1981). Штокверковая зона легко дифференцируется среди вмещающих пород по плотности (3,08 и 2,71 г/см^3), удельному электрическому сопротивлению (120 и 650 Ом.м) и поляризуемости (8,4 и 2,1%).

1.3.3.2. Каджаранское месторождение, участок Шлоркут

Месторождение приурочено к Мегринскому антиклинальному поднятию - к участкам широкого развития гранитоидных интрузий - и локализовано в висячем боку регионального Дебаклинского разлома. Каджаранский штокверк отличается сложной структурой, обусловленной широким проявлением даечного комплекса, кварцево-рудными жилами и зонами кварцево-карбонатных пород, образующих разноориентированные в пространстве системы. На этот фон наложена решетчатая трещиноватость, являющаяся основным вместилищем промышленных руд. Образование интенсивной трещиноватости сколового характера обусловлена низкими показателями предела прочности на сжатие, модуля упругости и высокой пластичности монцонитов - основных рудовмещающих пород месторождения. Возраст оруденения - миоценовый.

Шлоркутский участок расположен на юго-восточном фланге Каджаранского месторождения, сложен гидротермально измененными монцонитами и дайками гранодиорит-порфиров, керсантитов, спессартитов. Структурная позиция участка определяется системой рудоносных структур северо-восточного простирания, представляющих собой оперяющие трещины зоны Дебаклинского разлома. Оруденение представлено маломощными зонами прожилково-вкрапленной минерализации, жилами, прожилками. Околорудные изменения выражены в серицитизации и каолинизации вмещающих пород. Минеральный состав рудных

тел: рудные - халькопирит, молибденит, пирит и др.; нерудные - кварц, хальцедон, карбонаты и др.

1.3.3.3. Агаракское месторождение, участок Кашнатап

Агаракское месторождение ограничено Спетринским и Агаракским разломами, сложено главным образом габбро-амфиболитами, диоритами, монцонитами, сиенито-гранитами, гранодиорит-порфирами. Основными рудовмещающими породами являются гранодиорит-порфиры, в меньшей степени сиенито-граниты. Агаракский штокверк отличается сравнительно простой структурой. Оруденение контролируется оперяющими главные разломы структурами северо-восточного простирания, относится к прожилково-вкрапленному типу, с главной ролью вкрапленных руд. Околорудно-измененные породы представлены окварцованными, серицитизированными, хлоритизированными и карбонатизированными образованиями. Рудные тела обычно сопровождаются кварцево-серицитовыми породами, сменяющимися карбонат-каолинитовыми. Минеральный состав рудных тел: рудные - халькопирит, молибденит, пирит, магнетит, гематит, сфалерит, галенит и др.; нерудные - кварц, серицит, хлорит и др. Возраст оруденения - миоценовый. Кашнатапский участок расположен к юго-западу от Агаракского месторождения, приурочен к гидротермально измененным гранодиоритам.

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и руд Каджаранского и Агаракского месторождений приводится в таблице 1.13. Монцониты, вмещающие Каджаранский штокверк, обладают низкими прочностными (предел прочности на сжатие - 753-817, на срез - 324-388 кг/см^2) и упругими (модуль упругости $3{,}41 \cdot 10^{-5}$ - 4, $13 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойствами и высокой пластичностью (коэффициент Пуассона 0,22-0,30). Эти свойства обусловили образование в породах интенсивной трещиноватости сколового характера. Рудовмещающие породы Агаракского месторождения имеют повышенную прочность (предел прочности на сжатие - 1035-1200, на срез - 502-678 кг/см^2) и упругость (модуль упругости - $4{,}19 \cdot 10^{-5}$ - $5{,}91 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и соответственно низкую пластичность (коэффициент Пуассона 0,18-0,21). Подобные соотношения свойств определяют возникновение хрупкой деформации в породах - зонах дробления. Эффективная порис-

Таблица 1.13

Физико-механические свойства горных пород Каджаранского и Агаракского месторождений
(Срапионян, Вартанян, 1978)

№№ п/п	Месторождение, порода	Объемный вес, г/см^3	Коэффициент водонасыщения, %	Эффективная пористость, %	Модуль Юнга (упругости $E \cdot 10^{-5}$ кг/см^2)	Модуль сдвига, $G \cdot 10^{-5}$ кг/см^2	Коэфф. Пуассона	Предел прочности на сжатие, кг/см^2	Предел прочности на срез, кг/см^2
	Каджаранское месторождение								
1.	Монцониты	2,60	1,08	2,26	6,36	3,18	0,21	976	476
2.	Монцониты слабо измененные	2,59	1,42	3,20	4,13	2,31	0,24	817	388
3.	Монцониты сильно измененные	2,56	1,87	4,56	3,41	1,67	0,30	753	324
4.	Порфировидные гранодиориты	2,64	0,84	1,34	6,83	3,41	0,19	1260	496
5.	Жильные гранодиорит-порфиры	2,63	0,52	0,91	7,21	4,01	0,17	1240	513
	Агаракское месторождение								
6.	Сиенито-граниты	2,60	1,01	2,94	4,19	2,26	0,21	1035	678
7.	Гранодиорит-порфиры	2,62	0,84	2,11	5,30	2,08	0,18	1185	554
8.	Порфировидные гранодиориты	2,64	0,80	11,49	5,91	3,16	0,19	1200	502

тость рудовмещающих пород Каджаранского месторождения (2,26-4,56%) выше, чем Агаракского (1,49-2,94%).

Таким образом, разнохарактерные деформации вмещающих пород, обусловленные различным сочетанием параметров физико-механических свойств, определили морфологические особенности рудных тел и геолого-структурных условий локализации оруденения данного типа.

1.3.4. Свинцово-цинковая формация

1.3.4.1. Ахтальское месторождение

В геолого-структурном отношении месторождение приурочено к северо-восточному пологому крылу Алавердской антиклинали, где широко развиты крутопадающие разрывные нарушения северо-восточного, северо-западного (близмеридионального) и близширотного направления (рис.3.61).

Месторождение сложено вулканогенными породами средней юры - кварцевыми плагиопорфирами и перекрывающей их мощной толщей темно-зеленых порфиритов и их туфобрекчий дебедской свиты, с прослоями туфопесчаников. Толщу вулканогенных пород прорывают гранитоидные интрузивы предолигоценового возраста и породы жильной фации (габбро-диабазы, габбро-диабазовые порфириты). Дайки габбро-диабазов приурочены главным образом к разрывным нарушениям северо-восточного простирания, оперяющих близмеридиональные структуры. Эндогенное оруденение приурочено к верхней части кварцевых плагиопорфиров и их туфобрекчий, локализуется непосредственно под контактом этой толщи с вышележащими порфиритами или на некотором удалении от него. Рудоконтролирующими структурами являются контакты покровных порфиритов с рудовмещающими кварцевыми плагиопорфирами, а также разрывные нарушения.

В морфологическом отношении рудные тела представлены в основном плоскими линзами и гнездами, приуроченными к контакту вмещающих кварцевых плагиопорфиров и перекрывающей их толщи, игравшей роль фильтрационного экрана при рудоотложении. Обнаружены также прожилково-вкрапленные руды, приуроченные к толще порфиритов. Интервал промышленного оруденения в кварцевых плагиопорфирах составляет 5-

10 м, иногда до 15 м и более. В строении рудных тел намечается следующая минералогическая зональность (разрез линз сверху вниз): барит (мощность залежи 1-3 м) - массивные полиметаллические руды (представляют главную промышленную ценность, мощность 1-3 м) - полиметаллические руды прожилково-вкрапленного типа (мощность 3-6 м) - вкрапленные полиметаллические руды (мощность 3-4 м). Минеральный состав рудных тел: рудные - сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, теннантит, борнит, гематит, халькозин и др.: нерудные - барит, кварц, серицит, кальцит (Карапетян, 1972).

Минералогические ореолы. Околорудные изменения выражены в окварцевании, серицитизации и хлоритизации вмещающих пород. Ореолы этих пород легко оконтуриваются на фоне эпидотизированных и карбонатизированных образований предрудного метаморфизма. Наиболее важными минералогическими предпосылками поискового прогнозирования скрытых рудных тел в условиях Ахтальского месторождения являются кварцево-серицитовые породы. При удалении от рудных тел степень преобразований пород убывает. На поверхности кварцево-серицитовые породы, как правило, обесцвечены. Кварцево-серицитовые породы тесно (пространственно) связаны также с дайками габбро-диабазов, обычно, в пределах зон разрывных нарушений (Зограбян, 1966).

Петрофизическая характеристика вмещающих пород и руд. Благоприятной средой для рудоотложения явились кварцевые плагиопорфиры, обладающие высокой эффективной пористостью (4,4%), низкими величинами упругих ($4,47 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и прочностных свойств. Порфириты, играющие роль фильтрационных экранов обладают низкой эффективной пористостью (1,6%) и высокой упругостью ($6,49 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2).

Физико-механические свойства кварцевых плагиопорфиров обусловили их большую способность к хрупкой деформации, которые при тектонических напряжениях легко поддаются дроблению, что способствовало образованию промышленных концентраций руды в виде мощных линз и гнезд.

Барит-полиметаллические руды обладают по сравнению с кварцевыми плагиопорфирами и порфиритами низким удельным электрическим сопротивлением (2300; 7500 и 6800 Ом.м), высо-

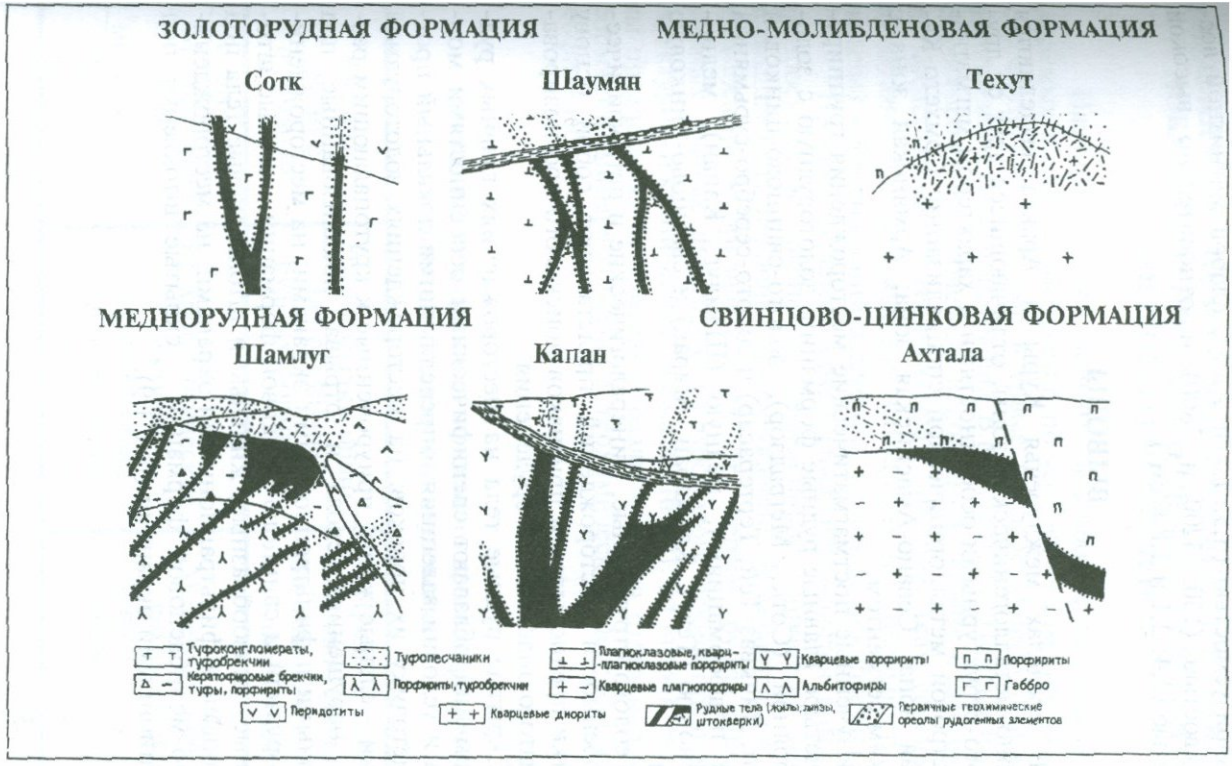


Рис.1.9. Типы скрытых рудных тел месторождений Армении

кой поляризуемостью (6,5; 1,7 и 2,3%), слабой магнитной восприимчивостью (150; 3200 и 2800) и относительно высокой плотностью (3,4; 2,1 и 1,8 г/см^3).

ВЫВОДЫ

В пределах междуречья Куры и Аракса выделяются структурно-металлогенические зоны, отличающиеся друг от друга геолого-структурными особенностями и характером магматизма без строгой металлогенической специализации: Сомхето-Карабахская зона; Севано-Амасийская зона; Армянская зона с Капанским сегментом.

Изученные постмагматические месторождения группируются в четыре главные рудные формации: золоторудную с золото-серебряной (Сотк, Меградзор), золото-свинцово-цинковой (Шаумян, Личкваз-Тей, Тертерасар) и золото-серебро-сурьмяной (Азатек) подформациями; медную (Шамлуг, Капан); медно-молибденовую (Техут, Каджаран, Агарак) и свинцово-цинковую (Ахтала).

Геолого-структурные, минералогические и петрофизические особенности месторождений представляют собой основу разработки предпосылок и признаков поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения.

Скрытые рудные тела на месторождениях главных рудных формаций обладают специфическими особенностями морфологии и условий залегания, определяющими локальный прогноз и методику их поисков: на месторождениях золоторудной формации - слепые жилы, приуроченные к крутопадающим разрывным нарушениям скола и отрыва, локализованные под структурными и фильтрационными экранами; на месторождениях меднорудной и свинцово-цинковой формаций - слепые штокообразные, линзообразные, жильные и штокверковые тела под структурными и фильтрационными экранами; на месторождениях медно-молибденовой формации - скрытые штокверки под фильтрационными экранами (рис.1.9).

2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СКРЫТОГО ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Научной основой поисков месторождений полезных ископаемых является обобщение по геологическим предпосылкам или критериям, которые впервые наиболее полно изложены в широко известной монографии В.М.Крейтера "Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых" (1940). С этого времени представления о геологических предпосылках успешно используются при поисках как выходящих на поверхность, так и скрытых месторождений различных полезных ископаемых.

Прогноз скрытого оруденения определяется комплексом предпосылок и признаков, выявленных в процессе изучения промышленных эталонных месторождений. Выделяются две группы предпосылок и признаков (табл.2.1): первая группа общая для главных рудных формаций (геохронологические предпосылки, структурно-тектонические, магматогенные); во второй объединены предпосылки и признаки, различные для отдельных рудных формаций (минералогические, геохимические, петрофизические, геофизические).

Таблица 2.1

Предпосылки и признаки поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения

Главные рудные формации	Предпосылки общие для различных рудных формаций	Предпосылки и признаки, различные для отдельных рудных формаций
Золоторудная	Геохронологические, структурно-тектонические, магматогенные	Минералогические, геохимические, петрофизические, геофизические
Медно-молибденовая		
Свинцово-цинковая		

2.1. Геохронологические предпосылки

Геохронологические предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения заключаются в использовании возраста геологических образований.

Исследуемый регион характеризуется тем, что промышленные месторождения главных рудных формаций (золоторудная, меднорудная, медно-молибденовая, свинцово-цинковая) образовались в альпийскую металлогеническую эпоху в связи с палеоген-неогеновым магматизмом. Для каждого из изученных рудных районов четко выделяется главный максимум формирования постмагматического месторождения промышленного типа, создающего основной фонд запасов полезного ископаемого в этом районе. Геохронологические предпосылки поискового прогнозирования скрытых рудных тел в пределах рудных полей Армении заключаются в едином возрасте эндогенного оруденения, определяемого в пределах послесреднеэоцен - поздний миоцен.

Золоторудная формация. По геохронологическим предпосылкам поискового прогнозирования месторождения этой формации распределяются следующим образом: золото-серебряная подформация - послеверхнеолигоцен - досреднемиоценового возраста (Сотк, Меградзор); золото-свинцово-цинковая - послесреднеэоцен-миоценового возраста (Шаумян, Личкваз-Тей, Тертерасар); золото-серебро-сурьмяная - позднемиоценового возраста (Азатек).

Золото-серебряная подформация. Развитие этой подформации парагенетически связано с внедрением олигоцен-миоценового комплекса малых интрузий. В пределах Соткского месторождения нижний возрастной предел малых интрузий - гранодиориты, плагиограниты, диориты, пироксеновые диорит-порфириты и плагиогранит-порфиры - определяется как послеверхнеолигоценовый, на основании факта их прорыва отложений верхнего эоцена. На Меградзорском рудном поле наиболее молодыми породами, с которыми ассоциируют золоторудные тела, являются пластообразные, дайкообразные тела граносиенитов и дайки граносиенит-порфиров, кварцевых сиенит-порфиров, диорит-порфиров и минетты. Оруденение нередко контролируется дайками сиенит-порфиров и лампрофиров. Эти породы секутся

вышеуказанными даечными породами, а для последних отмечены пересечения с кварцево-рудными жилами. Следовательно, возраст оруденения можно принимать более поздним, т.е. послеНижнеолигоцен. Верхний возрастной предел золото-серебряной подформации определяется на основании перекрытия оруденения постсреднемиоцен-плиоценовыми лавами, стерильными в отношении золотой минерализации. Активационным методом установлено, что в миоплиоценовых лавах содержание золота ниже кларковых, а в малых интрузиях, с которыми парагенитически связано золотое оруденение, оно выше кларка в несколько раз (Амирян, Фарамазян, 1974).

К вышеизложенному следует добавить, что общегеологические данные о возрасте золото-серебряной подформации в пределах Соткского и Меградзорского месторождений подкрепляются также определением абсолютного возраста. По имеющимся данным, абсолютный возраст золото-серебряного оруденения Соткского месторождения датируется 23-35 Ма (Багдасарян, 1968).

Золото-свинцово-цинковая подформация. Геохронологические предпосылки поискового прогнозирования месторождений золото-свинцово-цинковой (золото-полиметаллической) подформации трактуются по-разному, в особенности для Капанского рудного поля. В настоящее время существуют два основных направления, рассматривающих по-разному генезис эндогенного оруденения Капанского рудного поля, в связи с чем и возраст оруденения. Сторонники первого направления считают, что происхождение постмагматических месторождений связано с внедрением палеогеновых малых интрузий гранитоидного состава, и следовательно, возраст оруденения определяется как палеогеновый (Паффенгольц, 1934; Грушевой и др., 1935; Вартапетян, 1960, 1965; Мкртчян, 1960; Мовсесян, 1979). Представители второго направления полагают, что происхождение постмагматических месторождений связано с субвулканическими образованиями кварцевых плагиопорфиров и альбитофиров юрского возраста, на основании чего и возраст оруденения определяют как среднеюрский (Магакьян, 1959; Малхасян, 1975; Котляр, 1960; и др.).

Мы поддерживаем первую точку зрения, в пользу кото-

рого, по-нашему мнению, свидетельствует нижеследующее: гранитоидные интрузии прорывают отложения верхнего валанжина и баррема; пространственная близость Капанского, Цавского и Барцраванского гранитоидных массивов с Мегринским плутоном позволяет рассматривать их как краевые фации этого крупного плутона миоценового возраста; эндогенная минерализация развита во всех структурных этажах рудного поля, следовательно, возраст оруденения уже посленижнемеловой; в рудном поле установлена гипогенная зональность оруденения, которая заключается в постепенной смене с запада на восток (от Капанского гранитоидного интрузива) высокотемпературных ассоциаций минералов низкотемпературными (Вартапетян, 1960; 1965); теллуровая минерализация характерна для палеогеновой металлогении, а молибденовая - для верхнепалеогенового магматизма (Амирян, 1974); разломы дорудного возраста секут и смещают верхнеюрские образования; развитие первичных геохимических ореолов основных элементов-индикаторов оруденения в породах верхней юры, которые являются продолжением ореолов рудных тел, расположенных в среднеюрских образованиях, следовательно, возраст предположительно устанавливается как послепозднеюрский. Геохронологическими предпосылками поискового прогнозирования скрытого оруденения в пределах Капанского рудного поля является послесреднеэоценовый возраст оруденения.

Золоторудная минерализация Айгедзорского рудного поля (Личкваз-Тей, Тертерасар) приурочена к порфиратам среднеэоценового возраста и к интрузивным породам позднеэоцен-миоценового возраста и парагенетически связана с наиболее молодой фазой внедрения Мегринского плутона. Малые интрузии (габбро-диориты, гранодиориты и их жильные дериваты - гранит-порфиры, диорит-порфиры, диабаз-порфиры, керсантиты) прорывают интрузивные породы Мегринского плутона. Абсолютный возраст малых интрузий по данным Р.А.Гукасяна и Б.М.Меликсетяна (1965) датируется в 23 Ма. Следовательно, возраст оруденения будет более молодым, чем возраст интрузивных пород плутона, вмещающих оруденение (Тунян, 1971). Учитывая возраст рудовмещающих пород (20,2-35 Ма), дорудных даек (25-31±1,5 Ма), а также нахождение галек рудного кварца и керсантитов в основании новейших отложений нор-аревикской

толщи плиоцена, возраст эндогенного оруденения этих месторождений определяется как миоцен.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Геохронологическими предпосылками поискового прогнозирования скрытых рудных тел этой подформации является позднемиоценовый возраст оруденения. Рудовмещающими породами Азатекского месторождения являются вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена и прорывающие их миоценовые интрузии сиенито-монцонито-гранодиоритового состава. Все они интрудированы малыми интрузиями средней основности (гранодиорит-порфиры, диоритовые и диабазовые порфириты), с которыми парагенетически связано постмагматическое оруденение месторождения. Нахождение галек рудовмещающих граносиенитов в миоплиоценовых отложениях Сисианского района указывает на позднемиоценовый возраст оруденения, т.к. малые интрузии формировались в конечной фазе внедрения Каялинского интрузивного массива. О миоценовом возрасте оруденения на Азатекском месторождении свидетельствуют также определения абсолютного возраста.Возраст оруденения составляет 25,5±1,5 Ма.

Меднорудная формация. Геохронологическими предпосылками поискового прогнозирования скрытого медноколчеданного оруденения (Шамлуг, Капан) является его послесреднеэоценовый-доолигоценовый возраст. Возраст оруденения Капанского рудного поля установлен как послесреднеэоцен при обосновании возраста Шаумянского месторождения.

Юрские вулканогенно-осадочные образования Алавердского рудного поля прорваны разновозрастными интрузиями и их жильными дериватами, обнажающимися на значительных площадях (Шнох-Кохбский, Ахпатский и Банушский интрузивы). В пределах этих площадей располагаются известные промышленные постмагматические месторождения меди, цинка и свинца, а также молибдена. Возраст Шнох-Кохбского интрузивного массива по данным Г.П.Багдасаряна и др. (1966) равен 133±8 Ма и определяется как нижнемеловой, т.к. он прорывает юрские отложения до оксфорда включительно. Гранодиориты и кварцевые диориты этого массива в свою очередь интрудированы малыми интрузиями плагиогранитов и гранодиорит-порфиров и их жильных дериватов. Возраст Ахпатского интрузива да-

тируется как верхи позднего мела по данным Г.П.Багдасаряна и др. (1966), определившим абсолютный возраст этих пород в 142±6 Ма. Общепризнан эоценовый возраст Лалварского интрузива. Помимо геологических данных, это подтверждается также определениями абсолютного возраста - 38±2 Ма (верхний эоцен-нижний олигоцен). Банушский интрузивный массив расположен северо-восточнее Шамлугского месторождения. Абсолютный возраст интрузива равен 47±5 Ма, т.е. среднепозднеэоценовый (Багдасарян, 1966). В районе г.Ноемберян сеноманские известняки прорваны Шнох-Кохбской интрузией (Вартапетян, 1962). П.Ф Сопко (1961) относит к предолигоценовому возрасту Банушский интрузив, прорывающий на г.Лалвар отложения среднего эоцена. Послеэоценовый возраст медноколчеданного оруденения подтвержден геолого-структурными и минералого- геохимическими исследованиями В.Г.Гогишвили и др. (1976).

По С.А.Мовсесяну (1979), постмагматические месторождения Алавердского рудного района парагенетически связаны с интрузивами гранитоидов палеогенового возраста и образовались в альпийскую металлогеническую эпоху. Это мнение подтверждается данными А.З.Алтуняна (1971), который отмечает, что дайки диорит-порфиритов являются дорудными и формировались значительно позже келловейского времени. На примере Ахтальского месторождения С.А.Зограбян (1966) доказал дорудный характер габбро-диабазовых даек. При этом известно, что они прорывают вулканогенную толщу, субвулканические образования и близлежащие интрузивы гранитоидов, следовательно, габбродиабазовые дайки, как и эндогенное оруденение исследуемого района, парагенетически связаны единым глубинным гранитоидным очагом. И, наконец, по Б.С.Вартапетяну (1960, 1965), наличие колчеданного оруденения в фаунистически охарактеризованных породах среднего эоцена и отсутствие его в трансгрессивных отложениях олигоцена говорят о послесреднеэоценовом-доолигоценовом возрасте колчеданного оруденения в Армении.

Медно-молибденовая формация. По геохронологическим предпосылкам поискового прогнозирования месторождения медно-молибденовой формации подразделяются на две возрастные группы: первая - палеогеновая (позднеэоценовая) группа месторождений (Техут); вторая - миоценовая группа (Каджаран, Ага-

рак с участками Шлоркут и Кашнатап соответственно).

Техутское медно-молибденовое месторождение пространственно приурочено к Шнох-Кохбскому интрузивному массиву Алавердского рудного поля. Возраст Шнох-Кохбского интрузивного массива, расположенного в едином с Банушским и Ахпатским массивами рудном поле, установлен как палеогеновый. На наш взгляд, этот вывод обосновывается следующими данными и соображениями. Во-первых, близкое пространственное расположение и сходство их петрохимических особенностей дают основание утверждать, что указанные интрузивы являются апикальными частями единого крупного массива, залегающего на глубине. Во-вторых, Шнох-Кохбская интрузия в районе г.Ноемберян прорывает сеноманские известняки. В-третьих, апофиза Банушского интрузива, в районе г.Лалвар, прорывает фаунистически датированные отложения среднего эоцена. Следует добавить, что определение абсолютного возраста Банушского массива также указывает на его средне-позднеэоценовый возраст (47±5 Ма). Эндогенное оруденение на месторождении парагенетически связано с комплексом малых интрузий (плагиограниты и др.), секущих Шнох-Кохбский интрузивный массив и, следовательно, возраст оруденения является палеогеновым (позднеэоценовым).

Возраст медно-молибденового оруденения Каджаранского и Агаракского рудных полей миоценовый. По С.С.Мкртчяну и др. (1969), медно-молибденовая минерализация по времени моложе группы даек "регионального развития", внедрившихся в конечной стадии эоцен-миоценового интрузивного магматизма. Эти дайки представляют собой малые интрузии (диорит-порфириты, диабазы, гранодиорит-порфиры, керсантиты) и повсеместно являются дорудными.

Свинцово-цинковая формация. Возраст оруденения Ахтальского месторождения, как и других месторождений Алавердского рудного района, установлен как палеогеновый (послесреднеэоцен-доолигоценовый).

Геохронологические предпосылки поискового прогнозирования скрытых рудных тел главных рудных формаций заключается в едином возрасте эндогенного оруденения, определяемого в пределах послесреднеэоцен-поздний миоцен: золоторудная формация - послесреднеэоцен-поздний миоцен; меднорудная

формация - послесреднеэоцен-доолигоцен; медно-молибденовая формация - поздний эоцен-миоцен; свинцово-цинковая формация - послесреднеэоцен-доолигоцен (Безирганов, 2002).

2.1.1. Обоснование возраста оруденения по геохимическим данным

Преобладающее большинство месторождений золоторудной и медно-молибденовой формаций имеют близкий возраст: Соткское - послеверхнеолигоцен; Меградзорское - послеверхнеолигоцен-досреднемиоцен; Личкваз-Тейское и Тертерасарское - миоцен; Азатекское - поздний миоцен; Техутское - поздний эоцен; Каджаранское и Агаракское - миоцен. Для некоторых месторождений золоторудной (Шаумян), медноруднои (Капан, Шамлуг) и свинцово-цинковой (Ахтала) формаций рядом исследователей обосновывается среднеюрский возраст оруденения. Это 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 (Безирганов, 1984). В надрудных толщах верхнеюрских образований Шаумянского и Капанского месторождений отчетливо прослеживаются первичные геохимические ореолы, являющиеся продолжением ореолов скрытых рудных тел, залегающих в среднеюрских породах. Геохимическим опробованием коренных пород установлена общность особенностей (элементного состава, морфологии и др.) ореолов в среднеюрских и верхнеюрских образованиях. На Шаумянском месторождении в надрудной толще верхней юры обнаружены ореолы интенсивностью $K_3 \frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$ от 0,1 до $1000 \cdot 10^3$. Скртые промышленные рудные тела Капанского месторождения, расположенные под структурными экранами в среднеюрских породах, на поверхности в верхнеюрских образованиях появляются широкими и контрастными ореолами интенсивностью $K_3 \frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co} 1 \cdot 10^2$. Установлена близкая корреляционная связь одних и тех же пар элементов-индикаторов в разновозрастных породах (Безирганов, 1986). Шаумянское месторождение (коэффициент корреляции для среднеюрских и верхнеюрских образо-

ваний): 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. Капанское месторождение: 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.

Сопоставительный анализ особенностей ореолов в разновозрастных образованиях указывает на их генетическую связь (единство источника) и, следовательно, их возникновение в результате единого процесса рудообразования. Отсутствие промышленных концентраций металлов в верхнеюрских образованиях обусловлено не среднеюрским возрастом оруденения, а неблагоприятными для локализации руд физико-механическими свойствами этих пород. Для рудных тел фильтрационные и структурные экраны были непроницаемыми. Однако по ослабленным зонам через экраны проникали определенные порции рудоносных флюидов, определивших формирование ореолов в надрудных толщах.

Кроме этого, в верхнеюрских образованиях обнаружены прямые признаки оруденения в виде отдельных рудопроявлений, в которых присутствует та же ассоциация рудообразующих минералов.

Возраст оруденения Ахтала-Шамлугского рудного поля установлен на примере Шамлугского месторождения. В альбитофирах, прорывающих среднеюрские образования на месторождении и верхнеюрские - в районе, выявлены первичные геохимические ореолы рудогенных элементов (Cu-$30 \cdot 10^{-3}$, Zn-$6 \cdot 10^{-2}$, Pb-$6 \cdot 10^{-3}$, Ag-$30 \cdot 10^{-5}$% и др.). Промышленные рудные тела, расположенные под фильтрационными экранами (альбитофиры, туфопесчаники), проявляются на поверхности месторождения в альбитофирах широкими ореолами интенсивностью $K_3 = \frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co} 10 \cdot 10^2$. Ореолы в альбитофирах являются продолжением ореолов рудных тел, расположенных в кератофировых брекчиях и туфах средней юры. Альбитофиры и туфопесчаники, являющиеся непроницаемыми для концентрации промышленных руд, были доступными для проникновения по ослабленным зонам через экраны порций флюидов и формирования ореолов, направление которых совпадает с рудоподводящими и рудоконтролирующими структурами.

Возраст оруденения изученных месторождений по геохимическим данным предположительно установлен как послепозднеюрский, а не среднеюрский, как это принималось ранее. Учитывая геологические данные, возраст оруденения Капанского и Шаумянского месторождений предположительно установлен как послесреднеэоцен, Шамлугского и Ахтальского - послесреднеэоцен-доолигоцен. Месторождения главных рудных формаций имеют близкий возраст, который определяется в пределах послесреднеэоцен-поздний миоцен.

Послепозднеюрский возраст оруденения Капанского и Ахтала-Шамлугского рудных полей значительно расширяет площади поисковых работ для выявления скрытых рудных тел и месторождений. Становится возможным обнаружение промышленных концентраций металлов в верхнеюрских образованиях - в полях с возможной благоприятной для локализации оруденения средой, а также обнаружение новых скрытых рудных тел и месторождений в среднеюрских образованиях путем проведения поверхностных геохимических поисков в перекрывающих их верхнеюрских породах. Например, на обширных площадях развития верхнеюрских образований Капанского рудного района.

2.2. Структурно-тектонические предпосылки

Структурно-тектонические предпосылки заключаются в использовании тектонических структур земной коры для прогноза и поисков полезных ископаемых. Ведущими структурно-тектоническими предпосылками эндогенных месторождений являются проницаемые зоны, представляющие собой системы разрывных нарушений в земной коре, в пределах которых концентрировались интрузивы и проникали постмагматические растворы (Аристов, 1975). В основу этих предпосылок прогнозирования и поисков скрытого оруденения, как отмечает В.В.Аристов (1964), "... может положен вывод о том, что малые итрузивы и рудные тела месторождений размещаются внутри определенного "критического" горизонта, который был наиболее благоприятным для формирования интрузивов и месторождений. Положение этого горизонта в разрезе конкретного района зависит от многих факторов, но главными из них являются структурно-тектонические."

Структурно-тектонические предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения выражаются в приуроченности скрытых рудных тел к зонам трещиноватости и дробления пород, оперяющих крупные разрывные нарушения и глубинные разломы в пределах антиклинальных структур.

Золоторудная формация. *Золото-серебряная подформация.* Структурно-тектонические предпосылки прогнозирования скрытых постмагматических золоторудных месторождений данного типа характеризуются локализацией оруденения в пределах зон глубинных разломов, секущих складчатые структуры. Оруденение приручено преимущественно к сводам антиклиналей. Разрывные нарушения, интенсивно развитые в пределах золоторудных полей данного типа, контролируют локализацию и размещение как золоторудных тел, так и парагенетически связанных с ними малых интрузий. Благоприятными рудоконтролирующими структурами золоторудных месторождений данного типа являются разрывные нарушения и оперяющие их системы зон дробления, смятия, рассланцевания и трещиноватости пород. В пределах зон дробления, структур разрыва и скола самыми благоприятными местами промышленного оруденения являлись приконтактовые части безрудных кварцевых жил и зон предрудной лиственитизации, пересечения различно ориентированных структур и места их сопряжения. Благоприятными местами для образования рудных столбов являлись структуры, образованные выступами поверхностей скольжения при сколовых перемещениях. В пределах Меградзорского месторождения наиболее благоприятными рудолокализующими структурами являются поля развития разрывных нарушений, предопределивших дорудный метаморфизм, выраженный в пропилитизации рудовмещающих пород. Изгибы и раздувы рудовмещающих структур контролируют промышленные концентрации золотого оруденения.

Золото-свинцово-цинковая подформация. Структурно-тектонические предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения в пределах Шаумянского месторождения (Капанского рудного поля) заключаются в приуроченности месторождений к сводовой части Капанской антиклинальной складки, осложненной второстепенной складчатостью и крупными разрывными нарушениями. Разрывными нарушениями северо-восточное

крыло антиклинали разбито на несколько узких блоков северо-западного близмеридионального направления. Дорудные разрывные нарушения служили подводящими каналами для формирования в пределах антиклинальной складки малых интрузий и постмагматического оруденения. Разрывные нарушения с глинкой трения являлись экранирующими структурами при локализации рудных тел. Сопряженные с дорудными разломами более мелкие разрывные нарушения широтного и близширотного простираний, а также сеть мелких трещин в зонах дробления пород явились благоприятными рудовмещающими структурами оруденения в пределах рудного поля. Возникшая густая сеть трещин и полостей в хрупких и жестких кварцевых и кварц-серицитовых порфиритах определила локализацию прожилково-вкрапленных руд (Капан), а в более пластичных плагиоклазовых порфиритах выдержанные трещины обусловили благоприятную структурную среду для образования оруденения жильного типа (Шаумян, Капан). В пределах Личкваз-Тейского и Тертерасарского месторождений рудные тела приурочены к зонам трещиноватости и брекчирования, сопряженных с разрывными нарушениями зоны Дебаклинского разлома, секущих антиклинальную складку. Промышленные концентрации руд сосредоточены в зонах интенсивного дробления и окварцевания пород, а также в узлах сопряжения и пересечения разрывных нарушений.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Эндогенное оруденение Азатекского месторождения приурочено к юго-западному крылу антиклинальной складки, разбитой густой сетью разрывных нарушений. Выделяются две системы разрывов: северо-восточная и северо-западная. Рудные тела приурочены к трещинам отрыва и скола, а также к зонам брекчирования пород и межпластовых подвижек.

Меднорудная формация. Структурно-тектонические предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения данного типа заключаются в приуроченности месторождений Алавердского рудного района к антиклинали, осложненной на крыльях второстепенной складчатостью и разрывными нарушениями. В присводовой части и на северо-восточном крыле антиклинали развиты интрузии гранитоидов. Важнейшими структурными элементами отдельных рудных полей и месторождений

рудного района, определяющими направление гидротермальных процессов и локализацию оруденения, являются разрывные нарушения и зоны межформационного дробления и отслаивания пород. Промышленные концентрации возникали на участках толщ, где развивались разрывные нарушения и связанные с ними зоны повышенной трещиноватости, параллельных крыльям антиклинальной складки простирания, поперечные и диагональные к крыльям складки крутопадающие разрывные нарушения северо-восточного и северо-западного простирания, а на контакте экранирующих образований и рудоносных толщ образовались зоны межформационного отслаивания и рассланцевания.

При прогнозировании оруденения данного типа следует обращать внимание на те участки максимального развития дорудных разрывных нарушений и межформационных зон отслаивания и рассланцевания, которые оказываются приуроченными главным образом к перегибам крыльев антиклинали.

Структурные факторы определяют не только закономерности пространственного размещения оруденения, но и форму и условия залегания рудных тел. Приуроченные к зонам межформационного дробления и отслаивания рудные тела (штоки) имеют пластообразную или линзообразную форму. В зонах трещиноватости, связанных с крутопадающими разрывными нарушениями, развиваются жилообразные и жильные рудные тела.

Медно-молибденовая формация. Техутское месторождение приурочено к антиклинальной складке, в пределах которой широко развиты разрывные нарушения и выходы малых интрузий гранитоидного состава. Оруденение локализовано в сближенных трещинах различных направлений, с преобладанием северо-восточного. Наиболее выдержанными структурами являются сбросо-сдвиговые нарушения с оперяющими боковыми трещинами и зонами дробления, расположенными вдоль вытянутости интрузивного массива. Промышленное оруденение обычно концентрируется в оперяющих трещинах разрывных нарушений, особенно в их висячем боку, в пределах зон интенсивно раздробленных пород. Прожилково-вкрапленное оруденение наследует направление ранее существовавшей мелкой первичной трещиноватости интрузивных пород, развиваясь также по вновь возникшим оперяющим трещинам скалывания и разрыва. Эти особен-

ности распределения минерализации определили штокверковый характер оруденения. Шлоркутский участок Каджаранского месторождения приурочен к зоне дробления регионального Дебаклинского разлома. С указанным разломом тесно связана система оперяющих его рудоконтролирующих трещинных структур северо-западного, северо-восточного и широтного простирания, широко развитая в пределах Каджаранского рудного поля. Располагаясь в пределах Агаракского рудного поля, Кашнатапский участок приурочен к Мегринской антиклинали и заключен в массиве, ограниченном Спетринским и Агаракским (Дебаклинским) разломами близмеридионального направления. Оруденение контролируется оперяющими структурами северо-восточного простирания в пределах зон интенсивного дробления и трещиноватости пород.

Свинцово-цинковая формация. Структурно-тектонические предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения свинцово-цинковой формации заключаются в приуроченности рудных тел Ахтальского месторождения к северо-восточному пологому крылу Алавердской антиклинали, разбитой сетью крутопадающих разрывных нарушений. Рудоконтролирующими структурами являются контакты покровных порфиритов с рудовмещающими породами, а также зоны дробления, приуроченные к системам разрывных нарушений.

2.3. Магматогенные предпосылки

Магматогенные предпосылки поискового прогнозирования скрытых рудных тел отражают связи эндогенных полезных ископаемых с интрузивными и эффузивными образованиями. Эти связи могут быть геохимическими и петрологическими. Геохимические связи проявляются в повышенных кларках некоторых элементов в определенных типах магматических пород и в наличии промышленных концентраций этих же элементов в месторождениях, которые связаны с этими породами. Петрологические связи эндогенных полезных ископаемых с магматическими образованиями определяются условиями формирования магматических тел и генезисом месторождений.

В основу разработки предпосылок поискового прогнозирования скрытого оруденения автором принимаются положения,

согласно которым гидротермальные месторождения парагенетически связаны с комплексом малых интрузий единым глубинным магматическим очагом.

Золоторудная формация. *Золото-серебряная подформация.* Объектом изучения являются постмагматические золоторудные месторождения, залегающие среди вулканогенных, основных, ультраосновных и кислых интрузивных пород, с которыми они генетически не связаны, а возникли значительно позже из самостоятельных глубинных очагов рудообразования. Для таких месторождений намечается парагенетическая связь с комплексом малых интрузий гранитоидов повышенной основности, что и является магматогенной предпосылкой прогнозирования скрытых месторождений подобного типа. Размещение и локализация золоторудных тел и малых интрузий в пределах золоторудных полей данного типа контролируются единой системой разрывных нарушений.

В пользу парагенетической связи посторогенных малых интрузий и постмагматических золоторудных месторождений единым глубинным золотоносным магматическим очагом свидетельствуют следующие факты:

- тесная геохимическая связь между малыми интрузиями и оруденелыми породами - малые интрузии характеризуются вышекларковыми содержаниями золота и его элементов-индикаторов. Пробы, взятые из измененных плагиогранит-порфиров (Соткское месторождение), показали следующие содержания этих элементов - Au - 2-4 г/т, Ag - 0,0005, As - 0,2, Sb - 0,15, Bi - 0,0001, Hg - 0,001, Te - 0,001, Cu - 0,8, Zn - 0,03, Pb - 0,001%; в сиенит-порфирах и минеттах (Меградзорское месторождение) Au - $301{,}7 \cdot 10^{-6}$ и $71{,}4 \cdot 10^{-6}$, Ag - 0,004 и 0,0001, Cu - 0,2 и 0,03%;
- локальное развитие малых интрузий в пределах золоторудных полей; тесная пространственная связь золоторудных тел с малыми интрузиями как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях;
- общность в ориентировке малых интрузий и направлений основных рудоконтролирующих структур; приуроченность малых интрузий и золоторудных тел к единым разрывным нарушениям;
- развитие золотой минерализации внутри массивов ма-

лых интрузий - в плагиогранит-порфирах (Сотк) и сиенит-порфирах и лампрофирах (Меградзор), имеющих близкий возраст с оруденением; совмещение рудных тел с дайками плагиогранит-порфиров;

- пространственное совмещение первичных геохимических ореолов привносимых (Au, Ag, As, Sb, Bi, Hg, Cu, и др.) и выносимых (Ni, Co, Cr и др.) элементов вокруг рудных тел;
- минеральный состав рудных тел; окварцевание и другие гидротермальные изменения пород;
- близкий возраст.

Все это обуславливает общность глубинного магматического очага малых интрузий и золоторудной минерализации. Следовательно, прогноз скрытого эндогенного оруденения данного типа необходимо ориентировать в пределах антиклинальных складок, секущихся разрывными нарушениями, где зафиксированы выходы малых интрузий.

Золото-свинцово-цинковая подформация. Постмагматические месторождения золото-свинцово-цинковой подформации возникли из самостоятельных глубинных очагов и парагенетически связаны с комплексом малых интрузий гранитоидного состава.

В пользу парагенетической связи малых интрузий и постмагматических месторождений свидетельствуют следующие факты: приуроченность месторождений и малых интрузий к единым антиклинальным структурам и разрывным нарушениям; единые направления линейно расположенных выходов малых интрузий, рудных тел и основных разрывных нарушений; локальное развитие малых интрузий в пределах рудных полей; близость на глубине предполагаемого интрузивного тела с пониженной плотностью; горизонтальная минералогическая зональность эндогенного оруденения по отношению к гранитоидной интрузии (Капанское рудное поле): от высокотемпературной - кварц-пирит-молибденовой формации к низкотемпературной - золото-свинцово-цинковой; геохимическая близость рудных тел и малых интрузий; близкий минеральный состав рудных тел, околорудно-измененных пород и гранитоидов; близкий возраст.

Золотая минерализация в пределах Айгедзорского рудного поля установлена в дайках диорит-порфиритов, керсантитов и

диабазовых порфиритов. На единство очага золоторудной минерализации и малых интрузий (жильных дериватов) указывают повышенные концентрации рудообразующих элементов в неизмененных разностях этих пород. По данным Ш.О.Амиряна и Г.А.Туняна (1972), содержание Pb, Sb, Ag, As, Bi, Zn и Mo в неизмененных интрузивных породах палеогенового возраста в несколько раз выше кларкового (в гранодиоритах в 7 раз, в диоритах в 755 раз). А в керсантитах содержание Au составляет 0,5г/т, что превышает кларк золота в этих породах в 125 раз, концентрация Cu - в 20 раз,Pb - в 3750 раз и т.д.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Намечается парагенетическая связь данного типа оруденения с комплексом малых интрузий (гранодиорит-порфирами, диоритовыми и диабазовыми порфиритами) верхнего миоцена.

В исследуемом рудном поле выходы малых интрузий, рудные тела и рудоконтролирующие структуры расположены в пределах юго-западного крыла антиклинальной складки. Дайки диоритовых и диабазовых порфиритов и рудные тела приурочены к единым разрывным нарушениям, имея общее с ними направление. В контактах даек установлена золотая минерализация. Зональное расположение медно-молибденовых, полиметаллических, пирротин-арсенопиритовых, сульфоантимонитовых и антимонитовых руд по отношению к Каялинской интрузии свидетельствует об их парагенетической связи с единым глубинным магматическим очагом (Амирян, 1974). Тем более, что золото-серебро-сурьмяные месторождения являются продуктами поздних стадий рудообразования, локализованные в периферических участках рудного поля, где расположено Азатекское месторождение.

Меднорудная формация. Парагенетическая связь оруденения с комплексом малых интрузий была достаточно аргументирована на примере Шаумянского золото-полиметаллического месторождения, находящегося в сходных геолого-структурных условиях. По минералого-петрографическим параметрам интрузии Алавердского рудного поля формировались в две последовательные фазы: в первую внедрилась гранодиоритовая магма; во вторую - более кислая гранитная магма. В Шнох-Кохбском и Банушском массивах преобладают кварцевые диориты, в Чоч-

канском и Ахпатском - гранодиориты.

По Б.С.Вартапетяну (1962) указанные интрузивы одновозрастны (палеоген) и являются апикальными частями одного и того же крупного массива, залегающего на глубине. Этот вывод определяется петрохимическим сходством этих пород и их близким пространственным расположением. При этом на Ахтальском месторождении, относительно удаленного от выходов этих интрузивов, буровой скважиной вскрыты интрузивные породы типа гранодиоритов Ахпатского или других интрузивов.

Пространственное тяготение колчеданного оруденения к гранитоидным интрузивам, его расположение вместе с интрузивами в пределах единых антиклинальных структур и зональное размещение колчеданного оруденения по отношению к интрузивным массивам указывают на парагенетическую связь оруденения с гранитоидными интрузиями.

Медно-молибденовая формация. По С.А.Мовсесяну (1979), источником оруденения Каджаранского месторождения является глубинный металлоносный магматический очаг. С.С. Мкртчян (1958) считает, что оруденение связано с наиболее кислыми дифференциатами Мегринского плутона - интрузией порфировидных гранитов и гранодиоритов. По С.С.Мкртчяну и др. (1969), процесс формирования эоцен-миоценового интрузивного комплекса завершается внедрением даек малых интрузий (диорит-порфириты, диабазы, гранодиорит-порфиры, керсантиты), широко распространенных в пределах развития медно-молибденового оруденения.

В пределах Техутского месторождения выходы малых интрузий секут Шнох-Кохбский интрузивный массив, являясь продуктами его второй фазы формирования. При этом породы первой фазы (кварцевые диориты и др.) по-видимому играли роль вмещающих пород, а само оруденение парагенетически связано с малыми интрузиями. Эту связь определяют: пространственная близость оруденения и малых интрузий; северо-восточная направленность конфигурации и общего расположения выходов малых интрузий, совпадающая с направлением зоны прожилково-вкрапленного оруденения; минеральный состав рудных тел и малых интрузий.

Анализ геолого-структурных и минералого-геохимичес-

ких особенностей медно-молибденовых месторождений, расположенных в различных регионах бывшего Советского Союза, позволяли В.Т.Покалову (1972) сделать вывод о тесной ассоциации оруденения во времени и пространстве с малыми интрузивными телами - дайками и небольшими штоками, прорывающими крупные плутоны. Он считает, что малые интрузивные тела из-за своих размеров не могут быть источником оруденения, и потому связь между ними и оруденением рассматривается как парагенетическая, т.е. и для малых интрузий, и для оруденения в качестве источника предполагается глубинный очаг.

Свинцово-цинковая формация. На примере Ахтальского месторождения С.А.Зограбян (1966) доказал дорудный характер габбро-диабазовых даек. При этом эти дайки прорывают как юрскую вулканогенную толщу, субвулканические образования, так и близлежащие интрузивы гранитоидов. Он же отмечает приуроченность габбро-диабазовых даек, околорудно-измененных (кварцево-серицитовых) пород и оруденения к единым разрывным нарушениям. Установлено также отчетливое пересечение габбро-диабазовых даек рудными телами и развитие в них эндогенной минерализации. Следовательно, дайки габбро-диабазов и эндогенное оруденение парагенетически связаны единым глубинным магматическим очагом. На месторождении буровой скважиной вскрыты интрузивные породы - гранодиориты (Вартапетян, 1962).

2.4. Минералогические предпосылки и признаки

Сущность минералогических предпосылок и признаков заключается в использовании характера минералогических полей и аномалий для прогноза и поисков полезных ископаемых.

Ореолы гидротермально измененных пород как предпосылки и признаки поискового прогнозирования характеризуются общими и специфическими особенностями для главных рудных формаций.

Золоторудная формация. *Золото-серебряная подформация.* Минералогическими предпосылками прогнозирования скрытого эндогенного оруденения золото-серебряной подформации являются первичные минералогические ореолы, представленные зонами околорудно-измененных вмещающих пород, сопровожда-

ющих золоторудные месторождения. Они выражены ореолами серпентинизации, хлоритизации, пропилитизации, карбонатизации, отальковании, серицитизации, эпидотизации, уралитизации, лиственитизации и березитизации. Серпентинизация и пропилитизация не всегда одновременные с рудообразованием, они более характерны для дорудной стадии минерализации. Ореолы околорудно-измененных пород обладают поперечной зональностью (Соткское месторождение). *Для основных пород это:* эпидотизированные и уралитизированные габбро, хлоритизированные и карбонатизированные габбро, хлорит-карбонатные породы, кварцево-карбонатные породы, золоторудные тела, *для ультраосновных пород:* серпентинизированные и карбонатизированные перидотиты, серпентин-карбонатные, карбонат-серпентиновые породы, тальково-карбонатные породы, кварцево-карбонатные породы, золоторудные тела. Рудные тела повсеместно сопровождаются ореолами кварцево-карбонатных пород. Минеральный состав кварцево-карбонатных пород: кварц, карбонат, пирит, магнетит, золото, серебро, теллуриды, сульфиды и др.

Рудные тела Соткского месторождения создают отчетливые минералогические ореолы золота и барита в аллювиальных отложениях рудного поля. Ореолы золота и барита являются прямыми признаками эндогенного оруденения и в совокупности с другими предпосылками позволяют считать базы их питания наиболее перспективными площадями для обнаружения скрытого оруденения данного типа.

На Меградзорском месторождении скрытые тела проявляются на поверхности в виде ореолов околорудно-измененных пород. Вертикальная протяженность этих ореолов от верхней кромки рудных тел достигает 100м. На поверхности зоны измененных пород легко картируются. Околорудно-измененные породы обладают поперечной зональностью (от неизмененных пород к жиле): эпидотизированные туффиты, хлорит-карбонатные, кварцево-карбонатные, кварцево-серицитовые породы (березиты) и кварц. Березитизированные породы имеют локальное развитие, они приурочены к разрывным трещинам широтного простирания, контролирующими основную массу продуктивных золоторудных жил.

Золото-свинцово-цинковая подформация. Наибольший ин-

терес для прогнозирования и поисков скрытого оруденения в пределах Капанского рудного поля (Шаумян) представляют породы кварцево-серицитовой фации, к которой приурочено большинство золото-полиметаллических жил месторождения. Зоны кварцево-серицитовых образований отчетливо выделяются среди других типов измененных пород - карбонатизированных, серицитизированных, окварцованных, хлоритизированных и альбитизированных. По мере удаления от рудных тел кварцево-серицитовые породы сменяются хлоритизированными, карбонатизированными и альбитизированными разностями вмещающих пород и на расстоянии 3,0-7,0 м они достигают максимума преобразования. Вертикальная протяженность зон сильно осветленных на поверхности кварцево-серицитовых пород от верхней кромки скрытых рудных тел колеблется в пределах 60-80 м; при наличии фильтрационных экранов они полностью затухают. Ореолы околорудно-измененных пород и рудные тела в пределах Личкваз-Тейского и Тертерасарского месторождений контролируются едиными структурными элементами. Независимо от вмещающих пород (интрузивные или вулканогенные), конечными продуктами околорудных изменений являются кварцево-карбонатные или кварц-карбонат-серицитовые породы, которые в большинстве случаев сопровождают скрытые рудные тела. При этом кварц-карбонат-серицитовые породы выходят на поверхность, а кромка золоторудных тел находится на различной от поверхности глубине (30-80 м). Ореолы околорудно-измененных пород месторождения обладают зональным строением. Во внешних зонах изменения гранодиоритов наблюдается эпидот-хлорит-актинолит-серицит-карбонат-пиритовая ассоциация. По направлению к рудным телам остается сначала эпидот-хлорит-серицит-карбонат-пиритовая, а в непосредственной близости к рудным телам наблюдаются кварц-карбонат-серицитовые породы. Эта закономерность установлена и по вертикали, что можно использовать при оценке уровня эрозионного среза минералогических и геохимических аномалий.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Минералогическими предпосылками поискового прогнозирования являются ореолы серицитизированных, карбонатизированных, окварцованных, пиритизированных и каолинизированных пород, кото-

рые отчетливо фиксируются на фоне эпидотизированных образований дорудного метаморфизма. Зоны околорудно-измененных пород, развитые вокруг золоторудных тел, повторяют их конфигурацию и направление. Наибольший интерес для поисков представляют кварц-серицит-карбонатные породы и их интенсивно окварцованные разности, которые на поверхности создают положительные формы в рельефе.

Меднорудная формация. Практический интерес для поисков представляют ореолы кварцево-серицитовых, реже кварц-серицит-хлоритовых околорудно-измененных пород, сопровождающих рудные тела. Эти породы развиты в непосредственной близости от рудных тел и по мере удаления от них понижается степень их преобразования. В зальбандах рудных тел, как правило, преобладает крупнокристаллический кварц, в удалении от рудных тел кварцево-серицитовые изменения сменяются кварц-серицит-хлоритовыми. Указанная зональность может быть использована при оценке уровня эрозионного среза минералогических ореолов. В зонах разрывных нарушений кварцево-серицитовые породы обогащены серицитом и вкрапленностью сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит).

Ореолы измененных пород, окаймляющие штокверки и жилы на Капанском месторождении, представлены серицитизированными, кварцитизированными, окварцованными, хлоритизированными, карбонатизированными и реже альбитизированными разностями этих пород. Часть рудных тел локализована под кварцитами, являющимися прямыми признаками скрытого оруденения. Над рудными телами на поверхности развиты зоны пиритизированных пород, которые повсеместно лимонитизированы и отчетливо выделяются на фоне слабых изменений пород.

Медно-молибденовая формация. Ореолы серицитизированных пород сопровождают основные рудные стадии Каджаранского месторождения. Они развиты вокруг кварцево-сульфидных жил и зон прожилково-вкрапленной минерализации и отчетливо выделяются среди каолинизированных пород. Для оруденения Агаракского типа характерно развитие ореолов хлоритизированных, окварцованных, серицитизированных пород с вкрапленниками и прожилками сульфидов, нередко превращенных во вторичный кварцит. Наибольший интерес для поисков

скрытого оруденения представляют серицито-кварцевые породы, сменяющиеся в удалении от рудных тел карбонат-каолинитовыми разностями. Минералогические ореолы Техутского месторождения представлены окварцованными, серицитизированными и хлоритизированными породами. Рудные зоны сопровождаются кварцево-серицитовыми породами.

Верхние горизонты месторождения до глубины 30-80 м представлены зоной окисления, в которой развиты (частично и на поверхности) лимонит, малахит, хризоколла, а также минерализация алюмокремнистого фосфата меди - бирюзы, что является надежным минералогическим признаком скрытого медно-молибденового оруденения. Таким образом, наиболее важными минералогическими предпосылками и признаками поискового прогнозирования скрытого медно-молибденового оруденения являются ореолы серицитизированных, хлоритизированных, каолинизированных, окварцованных и пиритизированных околорудно измененных пород, сопровождающие наиболее важные в промышленном отношении стадии минерализации.

Свинцово-цинковая формация. Предпосылками и признаками поискового прогнозирования скрытого оруденения данного типа являются кварцево-серицитовые, реже кварц-серицит-хлоритовые околорудно-измененные породы, повсеместно окаймляющие рудные тела. Кварцево-серицитовые породы нередко пространственно совмещаются с дайками габбро-диабазов, развитыми в пределах зон разрывных нарушений. Вблизи зон разрывных нарушений породы интенсивно окварцованы и несут вкрапленность сульфидов - пирита, халькопирита и сфалерита.

2.5. Петрофизические предпосылки

Петрофизические предпосылки заключаются в использовании физико-механических свойств вмещающих пород для поискового прогнозирования скрытого оруденения.

Петрофизические предпосылки прогноза и поисков скрытого оруденения в пределах изученных рудных полей определяются локализацией слепых рудных тел в благоприятной по физико-механическим свойствам вмещающей среде, другие породы играют роль фильтрационных экранов (рис.2.1). Рудомещающие породы исследуемых месторождений характеризуются

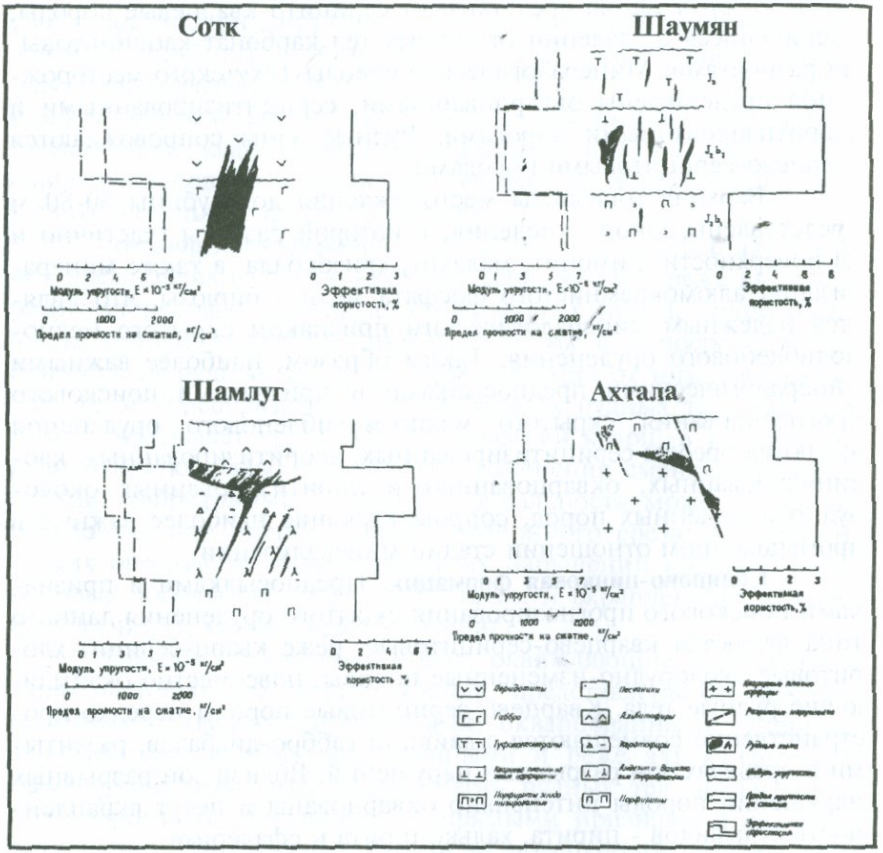


Рис. 2.1. Значение физико-механических свойств вмещающих пород при локализации эндогенного оруденения на рудных месторождениях Армении

специфическими особенностями физико-механических свойств, определивших локализацию главных рудных формаций.

Золоторудная формация. *Золото-серебряная подформация.* Интерес для поисков представляют те разности пород, которые обладают повышенной эффективной пористостью, продолжительным водонасыщением, повышенными значениями прочностных и упругих свойств. На примере Соткского золоторуд-

ного месторождения установлено, что такими породами являются габбро (эффективная пористость - 2,70%; коэффициент водонасыщения - 0,86%; модуль упругости - $7,61 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2; модуль сдвига $3,01 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2; предел прочности на сжатие - 1936 кг/см^2), в которых локализуется главная масса рудных тел; перидотиты (эффективная пористость - 1,47%; коэффициент водонасыщения -0,54%; модуль упругости - $3,44 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2; модуль сдвига - $1,22 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2; предел прочности на сжатие - 695 кг/см^2), вмещающие габбро, играют роль фильтрационных экранов. Перспективными объектами поисков скрытых золоторудных тел представляют поля развития габбро, если они залегают среди перидотитов.

Интерес для поисков скрытого оруденения Меградзорского типа представляют вулканогенные породы, в которых расположена основная масса промышленных рудных тел. При переходе в интрузивные породы мощность рудных тел понижается, нередко до полного их выклинивания.

Золото-свинцово-цинковая подформация. Петрофизические предпосылки поискового прогнозирования оруденения в Капанском рудном поле заключаются в использовании благоприятных для локализации оруденения физико-механических свойств среднеюрских образований, определивших локализацию в них промышленных концентраций золото-полиметаллических и медных руд. Такими породами являются кварцевые порфириты верхнего байоса, обладающие высокими значениями эффективной пористости - 7,48%, водонасыщения - 3,0% и соответственно - низкими величинами прочностных и упругих свойств (модуль упругости - $1,27 \cdot 10^{-5}$кг/см^2, модуль сдвига - $0,48 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2, предел прочности на сжатие - 971 кг/см^2, коэффициент относительного напряжения - $2,27 \cdot 10^{-5}$кг/см^2), а также низкой пластичностью (коэффициент Пуассона - 0,17). Менее благоприятной средой для локализации оруденения являются плагиоклазовые порфириты верхнего байоса, неблагоприятной - отложения нижнего байоса (эпидотизированные порфириты), в которых установлена слабая минерализация. Верхнеюрские образования играли роль фильтрационных экранов. Прогноз оруденения данного типа необходимо вести в полях развития образований верхнего байоса, где в пределах жестких и хрупких кварце-

вых порфиритов можно ожидать штокверковый тип оруденения, в более пластичных плагиоклазовых порфиритах - жильный тип.

Выявленные закономерности не исключают возможности обнаружения скрытого оруденения в верхнеюрских образованиях (надрудной толще) - в тех возможных полях развития этих пород, где локальные условия образования могли определить их как более благоприятную среду для концентрации промышленных руд.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Локализация промышленных концентраций руд в вулканогенно-осадочных породах определяется их высокой эффективной пористостью (4,27%), продолжительным водонасыщением (1,35%) и низкими величинами упругих ($3,93 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и прочностных (1030 кг/см^2) свойств по сравнению с неизмененными интрузивными породами, в которых расположены зоны прожилково-вкрапленной минерализации и маломощные золоторудные жилы. Среди интрузивных пород перспективными являются поля развития измененных разностей граносиенитов, обладающих высокими значениями эффективной пористости (5,68%), водонасыщения (2,96%) и низкими показателями упругих ($3,39 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) и прочностных (278 кг/см^2) свойств. Низкая пластичность (коэффициент Пуассона - 0,16) этих пород обусловила развитие в них невыдержанных по простиранию зон и жил, тогда как высокопластичные (0,31) вулканогенно-осадочные породы вмещают мощные, промышленного значения, золоторудные тела.

Меднорудная формация. Локализация промышленных концентраций медных руд Шамлугского месторождения в кератофирах и туфобрекчиях порфиритов средней юры обусловлена их повышенной эффективной пористостью (4,06 и 3,20%), низкими величинами прочностных (730 и 935 кг/см^2) и упругих ($3,23 \cdot 10^{-5}$ и $3,87 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойств. Надрудная толща песчаников и альбитофиров обладает низкой эффективной пористостью (1,70 и 0,90%) и высокими значениями прочностных (2125 и 1990 кг/см^2) и упругих ($5,36 \cdot 10^{-5}$ и $4,45 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2) свойств. Эти породы являются практически непроницаемыми и в процессе рудоотложения играли роль фильтрационных экранов. Низкая пластичность кератофиров (коэффициент Пуассона - 0,16) обусловила образование в них участков дробления и

брекчирования, что создало благоприятные условия для локализации в них крупных штокобразных и линзообразных скрытых рудных тел под фильтрационными экранами туфопесчаников и альбитофиров. Высокой пластичностью (коэффициент Пуассона - 0,22) туфобрекчий порфиритов, залегающих под кератофирами, определяется развитие трещин скола и отрыва, вмещающих скрытые рудные тела жильного типа.

В пределах Капанского месторождения наиболее благоприятными для локализации промышленных концентраций медных руд являются отложения верхнего байоса (кварцевые и плагиоклазовые порфириты). В жестких и хрупких разностях среднеюрских образований можно ожидать концентрацию скрытого оруденения штокверкового типа, в пластичных - жильного типа. Поиски необходимо ориентировать не только на площади развития образований верхнего байоса, но и в пределах распространения верхнеюрских отложений, т.к. в них возможно обнаружить участки пород, обладающих благоприятными петрофизическими параметрами для локализации скрытого оруденения.

Медно-молибденовая формация. Петрофизическими предпосылками прогноза и поисков скрытого оруденения Каджаранского типа являются низкий предел прочности на сжатие (от 753 до 817 кг/см^2) и на срез (от 324 до 388 кг/см^2), низкая упругость (модуль упругости от $3{,}14 \cdot 10^{-5}$ до $4{,}13 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2), высокая пластичность (коэффициент Пуассона от 0,22 до 0,30), водонасыщение (от 1,08 до 1,87%) и эффективная пористость (от 2,26 до 4,56%) вмещающих пород, обусловивших упруго-пластические деформации в монцонитах, что привело к образованию интенсивной трещиноватости сколового характера (сетчатая трещиноватость), инфильтрации рудоносных флюидов на большие расстояния и локализации промышленного оруденения штокверкового типа. Для месторождений Агаракского типа такими предпосылками являются высокие значения предела прочности на сжатие (от 1035 до 1200 кг/см^2), на срез (от 502 до 678 кг/см^2), упругости (модуль упругости от $4{,}19 \cdot 10^{-5}$ до $5{,}91 \cdot 10^{-5}$ кг/см^2; модуль сдвига от $2{,}08 \cdot 10^{-5}$ до $3{,}16 \times 10^{-5}$ кг/см^2), низкие величины эффективной пористости (1,49 до 2,94%), водонасыщения (от 0,80 до 1,01%) и пластичности (коэффициент Пуассона от 0,18 до 0,21) вмещающих пород, создавшие условия для

образования хрупкой деформации и зон дробления, в которых концентрируется промышленное оруденение.

Свинцово-цинковая формация. Поиски скрытого оруденения данного типа необходимо ориентировать на участки развития слабо измененных кварцевых плагиопорфиров, обладающих по сравнению с перекрывающими их порфиритами высокой эффективной пористостью (от 2,1 до 4,40%), низкими величинами упругих свойств (модуль упругости - $4,47 \cdot 10^{-5}$кг/см^2) и пластичности (коэффициент Пуассона - 0,22). Физико-механические свойства кварцевых плагиопорфиров обусловили способность их к хрупкой дефомации, что способствовало образованию под фильтрационными экранами порфиритов промышленных концентраций руды в виде мощных линз и гнезд.

2.6. Геофизические предпосылки

Геофизические предпосылки заключаются в использовании характера и интенсивности геофизических полей и аномалий для прогноза и поисков полезных ископаемых.

Для исследуемого региона характерно развитие локальных геофизических полей, в пределах которых выделяются отчетливые аномалии, связанные с постмагматическими месторождениями, характеризующимися контрастными параметрами физических свойств. Геофизические аномалии рудных полей Армении относятся к сложному типу, согласно их связи с полезными ископаемыми и по возможностям геологической интерпретации. Интерпретация геофизических аномалий региона требует учета данных нескольких геофизических методов.

Рудные тела (линзы, жилы, штокверки) месторождений главных рудных формаций проявляются на поверхности или на определенной глубине слабыми (отрицательными) магнитными аномалиями ΔZ (от -200 до +200 γ), слабыми аномалиями удельного электрического сопротивления ρ_k (10-200 Ом.м), естественного электрического поля U (13-15 мВ) и высококонтрастными аномалиями поляризуемости η_k (8-15%), которые отчетливо выделяются на фоне геофизических полей вмещающих пород. Кварцево-сульфидные жилы на поверхности проявляются слабыми пьезоэлектрическими аномалиями. Гравиметрические аномалии, связанные со скрытыми объектами, на поверхности про-

являются очень слабо, т.к. рудовмещающие породы и рудные тела отдельных месторождений трудно дифференцируются по плотности и, кроме этого, сильно расчлененный рельеф рудных полей отрицательно влияет на результаты гравиразведки.

Золоторудная формация. *Золото-серебряная подформация.* Рудовмещающие массивы основных или ультраосновных пород Соткского месторождения характеризуются магнитными аномалиями с высокими значениями ΔZ (габбро - от +400 до +800 гамм; перидотиты - от +800 до +1400 гамм), внутри которых отчетливо выделяются слабые и отрицательные магнитные аномалии (от -200 до +200 гамм), приуроченные к рудоносным зонам и зонам гидротермально измененных пород. Эти предпосылки можно использовать для оконтуривания скрытых массивов основных и ультраосновных пород, возможно, вмещающих золоторудные тела, а также для выделения потенциально рудоносных зон гидротермально измененных пород (рис.2.2). Основные и ультраосновные породы создают нормальные и электрические аномалии, на фоне которых отчетливо фиксируются скрытые рудные тела пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления - ρ_k (30-50 Ом.м) и естественного электрического поля U (13-15мВ), повышенными - поляризуемости - η_k (8-12%). Для оценки глубоких горизонтов эффективно используются электрометрические методы (ЭП, ЕП, ВП) как на поверхности, так и в подземных условиях. Кварцево-сульфидные жилы фиксируются аномалиями пьезоэлектрического эффекта (рис.2.3).

Скрытые золоторудные тела Меградзорского месторождения отчетливо проявляются на поверхности повышенными аномалиями поляризуемости - η_k (до 6-8%), пространственно совпадающими с пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления. Золоторудные тела отчетливо фиксируются аномалиями пьезоэлектрического эффекта, где пьезоактивность кварца доходит до $(4\text{-}6)\text{x}10^{-2}$ СГСЭ, при нулевом значении пьезоактивности вмещающих пород.

Рудовмещающие породы Меградзорского месторождения создают интенсивные магнитные аномалии (γ доходит до 800-1000), среди которых рудные зоны отчетливо оконтуриваются пониженными значениями ΔZ. Контрастность магнитных анома-

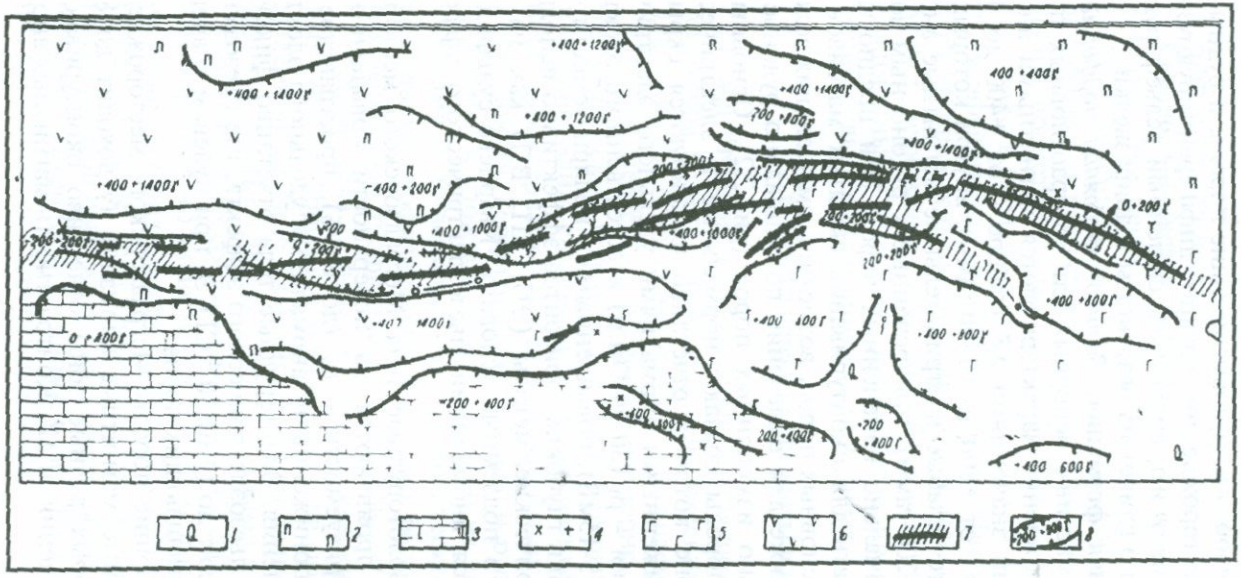


Рис.2.2. Схематическая карта магнитных аномалий Соткского месторождения (Асланян и Халатян, 1961).

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-вулканогенно-осадочная толща (туфопесчаники, порфириты). 3-карбонатная толща (мергели, мергелистые известняки). 4-комплекс малых интрузий (плагиограниты, пироксеновые диорит-порфириты). 5-габбро. 6-перидотиты. 7-рудные зоны. 8-магнитные аномалии.

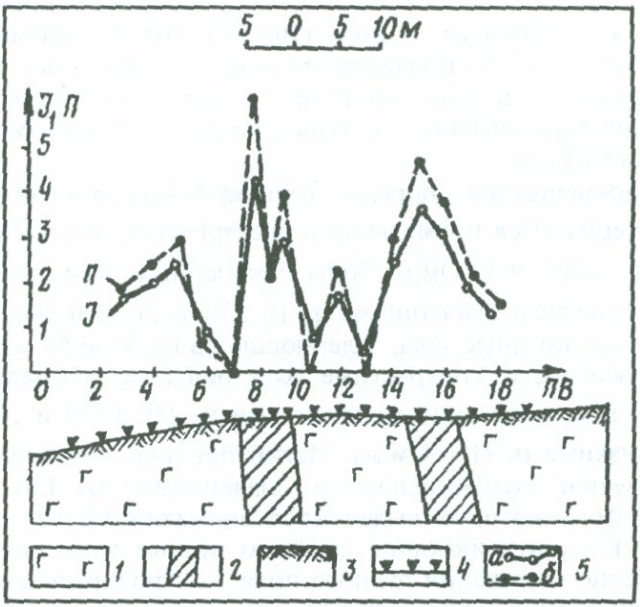


Рис.2.3. График пьезоактивности золоторудных тел Соткского месторождения (Бадалян и др., 1978).

1-габбро. 2-рудное тело. 3-делювий. 4-пункты взрыва. 5а-суммарная интенсивность. 5б-пьезоактивность.

лий, приуроченных к рудным зонам, зависит от вмещающих пород. Аномалии ΔZ более контрастны, если они расположены среди интрузивных пород, величина магнитной восприимчивости которых в два раза превышает вулканогенные образования.

Для прогнозной оценки скрытого оруденения на месторождении успешно применен метод комбинированного электропрофилирования (КЭП) и метод переходящих процессов (МПП).

Золото-свинцово-цинковая подформация. Рудные тела Шаумянского золото-полиметаллического месторождения фиксируются повышенными аномалиями поляризуемости и пониженными полями удельного электрического сопротивления, отчетливо выделяющиеся среди вмещающих пород. Эти аномалии

пространственно совмещаются с пониженными аномалиями естественного электрического поля (100-160 мВ). Аномалии силы тяжести (2,3-3,0 мГал) проявляются вокруг сближенных рудных тел. Кварцево-сульфидные жилы на месторождении выделяются аномалиями пьезоэффекта, где величина пьезоактивности достигает $4,5 \cdot 10^{-2}$ СГСЭ.

Рудовмещающие породы Ли́чкваз-Тейского месторождения характеризуются нормальными электрическими полями - η_k - 1-4%, ρ_k - 1200-3000 Ом.м. Зоны измененных пород фиксируются аномальными значениями η_k (6-8%) и ρ_k (200-300 Ом.м). Скрытые золоторудные тела, залегающие на глубине 60 м, создают на поверхности контрастные электрические аномалии, характеризующиеся высокими значениями η_k (10-12%) и соответственно низкими ρ_k (100 Ом.м). Магнитное поле месторождения характеризуется положительными значениями ΔZ (до +1100 гамм), на фоне которых выделяются аномалии ΔZ (от +50 до +100 гамм), оконтуривающие скрытые рудные зоны. Крупные тектонические нарушения рудного поля, контролирующие эндогенное оруденение, фиксируются пониженными магнитными аномалиями ΔZ (от +50 до 100 гамм).

На Тертерасарском месторождении скрытые золоторудные тела и выходящие на поверхность зоны измененных пород создают пониженные магнитные аномалии, которые отчетливо выделяются среди высокомагнитных рыхлых отложений. Рудные тела в подземных горных выработках отчетливо фиксируются аномалиями естественного электрического поля, где U достигают 200 мВ и более. Золоторудные тела, богатые сульфидами, создают контрастные аномалии η_k; маломощные бедные сульфидами тела проявляются слабо. Интенсивные аномалии η_k фиксируются в местах пересечений рудных тел, где величина η_k достигает нескольких десятков %. В зависимости от степени минерализации и условий залегания рудные тела по-разному проявляются аномалиями ρ_k. Богатые сульфидами рудные тела создают аномалии со значениями ρ_k до 20 Ом.м; рудовмещающие породы характеризуются величинами ρ_k от 400 до 600 Ом.м. Низкоомные аномалии фиксируются также в местах пересечений рудных тел.

Золото-серебро-сурьмяная подформация. Скрытые рудные тела создают на поверхности повышенные аномалии поляризуемости - η_k (12-14%), пониженные аномалии удельного электрического сопротивления ρ_k (100-150 Ом.м) и слабые магнитные аномалии ΔZ (200 γ). Вмещающие породы создают слабые аномалии η_k (6%), интенсивные ρ_k (1500-2000 Ом.м) и ΔZ (800-1200 γ).

Меднорудная формация. Основой разработки геофизических предпосылок поисков скрытого медно-колчеданного оруденения явились результаты параметрических исследований и геофизических наблюдений в подземных условиях.

Слепые рудные тела (линзы, жилы) создают повышенные аномалии поляризуемости η_k (до 14%, по данным Бадаляна и др., 1980; до 30% по данным Г.Григоряна и др., 1975) и слабые аномалии удельного электрического сопротивления ρ_k (20 Ом.м). Рудоносная толща (кератофиры и туфобрекчии порфиритов) характеризуется нормальными полями ρ_k (460-980 Ом.м). Альбитофиры, экранирующие оруденение, проявляются высококонтрастными аномалиями ρ_k (4300-5700 Ом.м) и слабыми аномалиями η_k (1,1-2,1%). Альбитофиры экранируют геофизические аномалии и "мешают" проявлению рудных тел на поверхности в виде геофизических полей и аномалий.

Медно-молибденовая формация. Штокверковые зоны Техутского месторождения оконтуриваются пониженными (отрицательными) магнитными аномалиями ΔZ (90-200 гамм). Рудовмещающие интрузивные породы (диориты) отчетливо выделяются среди вмещающих их вулканогенных пород (ΔZ до 1500-1800 гамм) слабыми аномалиями ΔZ (до 500-700 гамм). Штокверковые зоны создают слабые аномалии силы тяжести, пониженные аномалии удельного электрического сопротивления и высококонтрастные аномалии поляризуемости.

Свинцово-цинковая формация. Геофизические предпосылки поискового прогнозирования скрытых рудных тел установлены по результатам геофизических работ в подземных условиях. Скрытые рудные тела, находящиеся на небольшой глубине, создают повышенные аномалии поляризуемости η_k (12-13%). При глубине верхней кромки рудных тел до 35 м величина η_k достигает 6%. Рудные тела, залегающие на больших глубинах, аномалиями η_k не фиксируются.

Обнаженные выработкой рудные тела создают пониженные аномалии удельного электрического сопротивления ρ_k (40-80 Ом.м) и естественного электрического поля (2000 мВ).

ВЫВОДЫ

Анализ геологических, минералогических и геофизических предпосылок и признаков поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения цветных металлов и золота в пределах рудных полей Армении позволяет подразделять их на две группы: первая группа объединяет предпосылки, которые являются общими для главных рудных формаций - геохронологические, структурно-тектонические, магматогенные. Геохронологические предпосылки заключаются в едином возрасте эндогенного оруденения, определяемого в пределах послесреднеэоцен-поздний миоцен. Структурно-тектонические предпосылки заключаются в приуроченности скрытых рудных тел к зонам трещиноватости, дробления и межпластовых нарушений, оперяющих крупные разрывные нарушения и глубинные разломы в пределах антиклинальных структур. Магматогенные предпосылки отражают парагенетическую связь эндогенного оруденения с комплексом малых интрузий единым глубинным магматическим очагом (геологические предпосылки ориентируют прогноз и поиски скрытого эндогенного оруденения в пределах тех площадей, где зоны разрывных нарушений и выходы малых интрузий приурочены к единой антиклинальной складке). Во вторую группу включаются предпосылки и признаки, различные для отдельных рудных формаций - минералогические, петрофизические, геофизические. Ореолы гидротермально измененных пород, как минералогические предпосылки и признаки, обладают общими особенностями (эпидотизированные, хлоритизированные, окварцованные, серицитизированные, карбонатизированные, пиритизированные, альбитизированные и каолинизированные образования) и различиями (серпентинизированные, лиственитизированные, березитизированные и кварцево-серицитовые породы) для главных рудных формаций. Петрофизические предпосылки определяются локализацией слепых рудных тел в породах с благоприятной по физико-механическим свойствам вмещающей средой; другие породы играют роль фильтрационных

экранов. Геофизические предпосылки прогнозирования определяют перспективные объекты поисков скрытого оруденения главных рудных формаций, характеризующихся контрастными повышенными аномалиями поляризуемости и пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления и естественного электрического поля, слабыми повышенными аномалиями пьезоэлектрического эффекта, контрастными повышенными (отрицательными) магнитными аномалиями и слабыми повышенными аномалиями силы тяжести.

Совокупность предпосылок и признаков определяет прогноз и методику поисков скрытого оруденения.

3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ПРИЗНАКИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Наиболее эффективные для обнаружения скрытого оруденения геохимические предпосылки и признаки в пределах рудных полей Армении определяются специфическими особенностями состава, интенсивности, морфологии, зональности и условий образования первичных геохимических ореолов месторождений отдельных рудных формаций.

Практика геологоразведочных работ во многих рудных районах бывшего Советского Союза убедительно доказала высокую геологическую и экономическую эффективность использования геохимических методов при поисках рудных месторождений (Григорян, Янишевский, 1968; Беус, Григорян, 1975; Барсуков, Григорян, Овчинников, 1981; Григорян, 1982, 1987, 1992). В последние годы значение геохимических методов особенно возросло в связи с поисками скрытого эндогенного оруденения, что особенно актуально для освоенных горнорудной промышленностью районов, а также месторождений, находящихся в стадии разведки или эксплуатации, где основным источником прироста запасов должно служить скрытое оруденение. К числу таких относятся рудные поля и месторождения Армении.

Геохимическими предпосылками и признаками скрытого оруденения являются первичные геохимические ореолы, представляющие собой зону рудовмещающих пород, окаймляющую рудные тела и месторождения и характеризующуюся повышенным содержанием химических элементов, привнесенных в процессе рудообразования и входящих в состав рудных тел. Первичные геохимические ореолы генетически связаны с околорудными изменениями вмещающих пород и являются одной из форм проявления процесса рудообразования. Следовательно, такие параметры ореолов, как элементный состав, размеры, интенсивность, морфология и зональность в значительной мере определяются геолого-структурными и минералого-геохимическими особенностями месторождений, а также геохимическими свойствами отдельных элементов.

В пределах зоны рудоотложения формируются первичные

геохимические ореолы двух различных генетических типов: ореолы привноса рудообразующих элементов, формирование которых генетически связано с постмагматическими растворами глубинного происхождения, и ореолы выноса, образованные в результате выщелачивания элементов из вмещающих пород под воздействием тех же кислых растворов. В практическом отношении ореолы привноса имеют большое значение, тогда как ореолы выноса могут быть сформированы и под влиянием неметаллоносных кислых растворов в до- или послерудные стадии минералообразования. Вместе с тем, ореолы выноса могут использоваться как дополнительные предпосылки поискового прогнозирования скрытого оруденения.

Как известно, А.Е.Ферсман (1940) впервые обратил внимание на большое практическое значение первичных ореолов рудообразующих элементов, развитых вокруг рудных тел.

Вопросам формирования, состава и строения первичных геохимических ореолов и практического использования их при прогнозе и поиске скрытого эндогенного оруденения посвящены работы И.И.Гинзбурга (1957), А.П.Соловова (1959,1966,1985), Н.И.Сафронова (1962), Е.М.Янишевского и С.В.Григоряна (1963), А.Д.Каблукова и др. (1964), И.И.Гинзбурга и др. (1966), Е.М.Янишевского (1966), Л.Н.Овчинникова и Э.Н.Баранова (1970), Э.Н.Баранова (1971), С.В.Григоряна (1973, 1974, 1982, 1987, 1992), Л.В.Таусона (1974), А.А.Беуса и С.В.Григоряна (1975), Л.Н.Овчинникова, С.В.Григоряна, Э.Н.Баранова (1976), Л.Н.Овчинникова и С.В.Григоряна (1977), В.Л.Барсукова, С.В.Григоряна, Л.Н.Овчинникова (1981).

Геохимические исследования месторождений главных рудных формаций проводились по общепринятой методике (Григорян, 1974, 1982; Барсуков, Григорян, Овчинников, 1981; Инструкция по геохимическим методам ..., 1983).

3.1. Геохимические ореолы месторождений главных рудных формаций

Разработка геохимических предпосылок и признаков поискового прогнозирования скрытого оруденения в пределах рудных полей Армении заключалась в изучении закономерностей

состава и строения первичных геохимических ореолов вокруг известных рудных тел эталонных месторождений главных рудных формаций для их использования при оценке перспектив рудоносности геохимических аномалий, выявленных на глубоких горизонтах месторождений, их флангах и на прилегающих к ним участках.

Геохимические ореолы некоторых месторождений Армении в различной степени были изучены Св.С.Мкртчян (1963), Г.Л.Рубо (1968), С.В.Григоряном и др. (1970, 1975, 1981), В.Е.Вартанесовым (1970), Э.И.Барановым и др. (1973), К.Р.Варданяном (1972), А.З.Адамян и С.В.Григоряном (1978) и др. исследователями. На Ахтальском свинцово-цинковом месторождении Св.С.Мкртчян выявлены элементы-индикаторы оруденения - Cu, Pb, Zn, Ag, реже Ba, Mo. Г.Л.Рубо установлено: ореолы Cu, Pb, Zn и Ba развиваются в надрудной и подрудной частях разреза, с тенденцией меди к надрудной части; ореолы Co, Mo и As приурочены к подрудным сечениям разреза. На том же месторождении Э.И.Барановым и др. установлен ряд зональности элементов (от тыловых к фронтальным): Mo, Co, Cu, Zn, Pb, As, Ba, J. Ореолы Шамлугского медного месторождения изучались Э.Н.Барановым и др. - установлен ряд вертикальной зональности элементов (снизу вверх): As - Co - Cu - Mo - Zn - Pb - Ba - As - J. К.Р.Варданяном рекомендуется использование ореолов йода для поисков скрытого оруденения в пределах Шамлугского месторождения. С.В.Григоряном и др. изучены закономерности распределения элементов в первичных геохимических ореолах вокруг рудных тел Капанского месторождения, для которого установлен ряд зональности элементов (сверху вниз) - As, Ba, Pb, Zn, Ag, Sn, Cu, Co, Ni и Соткского - Pb, Zn, Cu, Sn, Bi, Mo, Be, W. На Техутском месторождении установлен комплекс ореолообразующих элементов - Cu, Mo, Ag, Zn, Pb, Sn, Co и W. На Шаумянском месторождении А.З.Адамян и С.В.Григоряном выявлены надрудные (Ag, Pb, Zn, As) и подрудные (W, Mo, Co, V) элементы-индикаторы золото-полиметаллического оруденения. На Агаракском медно-молибденовом месторождении В.Е.Вартанесовым выявлены ореолы Mo, Cu, Ag и W, установлен ряд зональности элементов (снизу вверх): Mo, W, Cu, Ag. Для выявления геохимических аномалий и рудоносных зон на месторождениях Соткского типа С.В.Григоряном и др. (1998)

предлагается мультипликативное индикаторное отношение $\frac{Ag \cdot Pb \cdot Zn}{Mo \cdot Sn^2}$.

Несмотря на положительные результаты этих исследований, геохимические ореолы отдельных месторождений изучались заново, т.к. закономерности распределения элементов установлены по ограниченному количеству проб и определяемых элементов, единичным разрезам месторождений, а главное, по результатам спектрального анализа различных аналитических лабораторий.

В результате обработки данных геохимического опробования установлены основные особенности состава и строения геохимических ореолов месторождений главных рудных формаций, на основе которых дана перспективная оценка глубоких горизонтов и флангов месторождений, а также прилегающих к ним участков.

3.1.1. Золоторудная формация
3.1.1.1. Золото-серебряная подформация
3.1.1.1.1. Соткское месторождение

В структурном отношении месторождение расположено в зоне интенсивного развития глубинных разломов и многократного дробления пород (осевая часть антиклинали). Рудные тела расположены в массиве основных и ультраосновных пород – габбро, перидотиты, дуниты, серпентиниты (рис.3.1). Оруденение парагенетически связано с комплексом малых интрузий (гранодиориты, плагиограниты и др.). Околорудные изменения выражены в серпентинизации, хлоритизации, карбонатизации, отальковании, лиственитизации, окварцевании вмещающих пород. Морфологически рудные тела относятся к жилам, реже к зонам прожилково-вкрапленной минерализации. Минеральный состав рудных тел: рудные – пирит, арсенопирит, самородное золото, халькопирит, галенит, сфалерит, теннантит, тетраэдрит, теллуровисмутит, тетрадимит, энаргит, креннерит, калаверит, сильванит, алтаит, петцит, гессит, антимонит и др.; нерудные – кварц, хлорит, серицит, кальцит, барит и др.

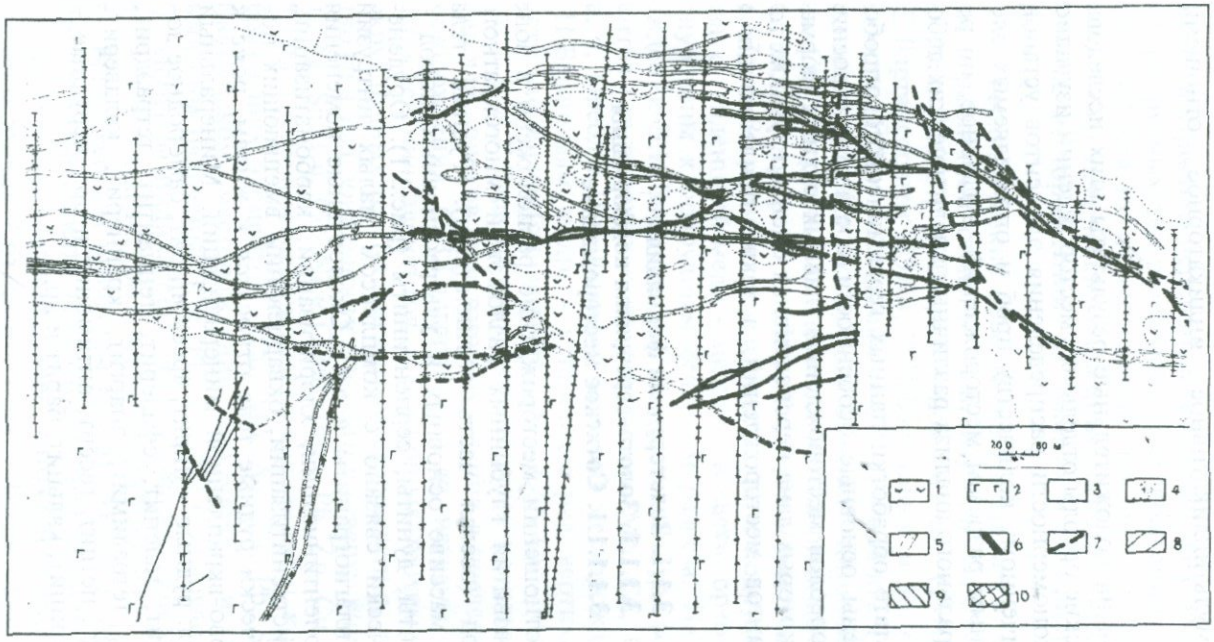


Рис.3.1. Схематическая геологическая карта Соткского месторождения (Центральный участок).

1-перидотиты. 2-габбро. 3-вулканогенно-осадочные породы. 4-плагиогранит-порфиры. 5-зоны гидротермально измененных пород. 6-рудные тела. 7-разрывные нарушения. 8-10-содержания элементов: 8-Hg - (1-10) · 10^{-5}; As - (1-6) · 10^{-2}%. 9-Hg - (10-100) · 10^{-5}; As - (6-30) · 10^{-2}%. 10-Hg - 100 · 10^{-5}; As - > 30 · 10^{-2}%.

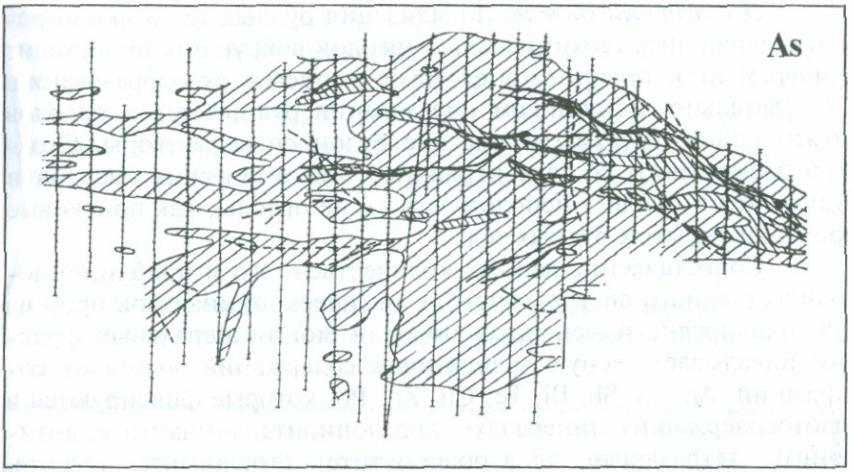


Рис.3.2. Первичные геохимические ореолы мышьяка Соткского месторождения (Центральный участок; поверхность).

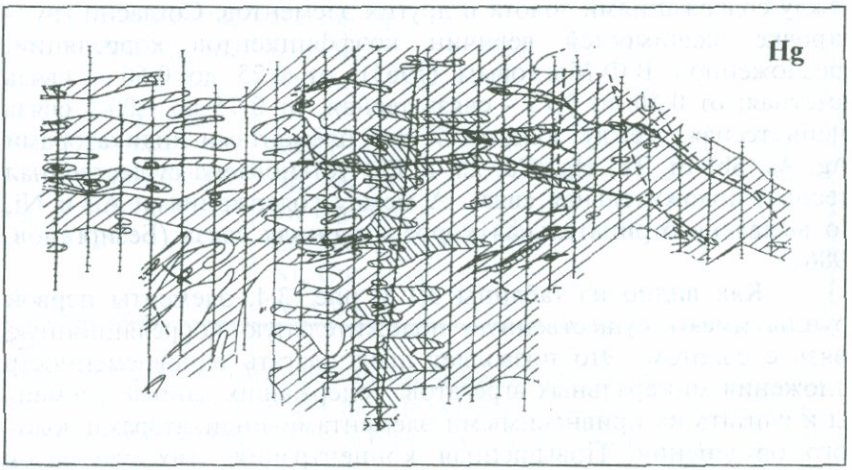


Рис.3.3. Первичные геохимические ореолы ртути Соткского месторождения (Центральный участок; поверхность).

Элементный состав. Локализация рудных тел и формирование первичных геохимических ореолов вокруг них происходит одновременно, подчиняясь единому процессу рудообразования. Следовательно, источником образования рудных тел и ореолов служат единые постмагматические рудоносные растворы. Сходство элементного состава первичных геохимических ореолов и рудных тел позволяет использовать такие ореолы, как поисковые признаки скрытых рудных тел.

Сопоставление данных количественного и приближенно-количественного спектрального и химического анализов проб из руд, околорудно-измененных пород и мономинеральных фракций показывает тесную зависимость содержаний золота от содержаний Ag, As, Sb, Bi, Te, Cu, Zn, Pb, которые фиксируются в золотосодержащих минералах - арсенопирите, теннантите, антимоните, тетраэдрите, теллуровисмутите, тетрадимите, гессите, креннерите, калаверите, халькопирите, сфалерите, галените, алтаите.

Для выбора наиболее значимых элементов-индикаторов золотого оруденения использовался корреляционный анализ между содержаниями золота и других элементов. Согласно группировке значимостей величин коэффициентов корреляции, предложенной В.Ф.Мягковым (1963): от 0,25 до 0,50 - связь заметная; от 0,50 до 0,75 - связь тесная; от 0,75 до 1,00 - связь очень тесная, между золотом и его элементами-индикаторами (Ag, As, Sb, Bi, Te, Hg, Cu, Zn и Pb) установлена существенная (тесная) положительная связь. А между содержаниями Au и Ni, Co выявлена отрицательная корреляционная связь (Безирганов, 1986).

Как видно из таблицы 3.1 и рис. 3.4, элементы первой группы имеют существенную положительную корреляционную связь с золотом. Это позволяет предполагать одновременность отложения минеральных агрегатов, содержащих данные элементы и считать их привносимыми элементами-индикаторами золотого оруденения. Повышенная концентрация этих элементов (Au, As, Hg, Zn, Pb и др.) в первичных ореолах, развитых вокруг золоторудных тел и зон околорудно-измененных пород, по сравнению с вмещающими их габбро-перидотитами, обусловлена привносом этих элементов в зоны рудоотложения и вмеща-

ющие их породы постмагматическими растворами. Существенная отрицательная корреляционная связь, установленная между содержаниями элементов двух различных генетических групп – первой (Au и др.) и второй (Ni и Co) – позволяет считать никель и кобальт элементами выщелачивания. Первичные геохимические ореолы выщелачивания, развитые вокруг золоторудных тел,

Таблица 3.1

Результаты корреляционного анализа между содержаниями элементов-индикаторов Соткского месторождения (обобщенные данные)

Группа	Элементы	Коррелируемые элементы	Количество выборок	Характер корреляционных связей	
				положительный	отрицательный
I	привноса (отложения): Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Zn, Pb, Sn	Au-Ag, As, Sb, Bi, Hg, Cu, Zn, Pb, Sn	73	69	4
II	выноса (выщелачивания): Ni, Co	Au-Ni, Co	23	1	22
		Ag, As, Sb, Bi, Hg, Pb, Zn, Sn-Ni, Cu	172	10	162
		Ni-Co	14	14	-

характеризуются нижефоновыми-нижекларковыми содержаниями Ni и Co. Эти ореолы формируются в результате выщелачивания габбро-перидотитов в пределах рудоносной зоны под воздействием кислых растворов.

Установлено, что наибольший интерес для поисков представляют ореолы тех элементов-индикаторов, которые формировались в золоторудную стадию минерализации. Используя стадийность минералообразования в рудных телах, а также резуль-

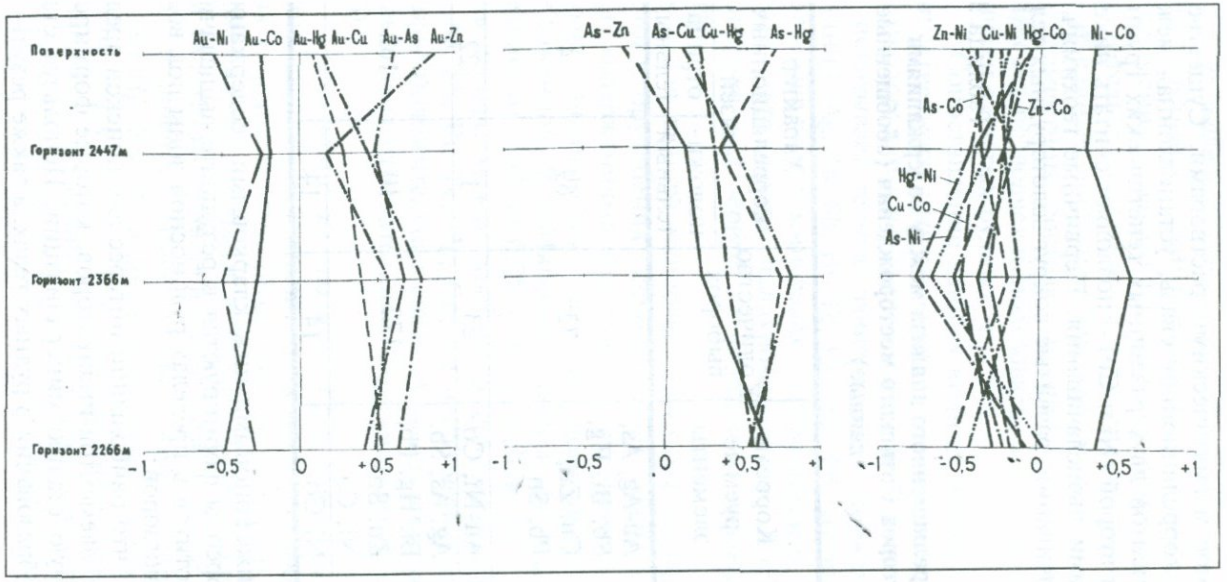


Рис.3.4. Графики корреляционных связей между содержаниями элементов-индикаторов (рудоносная зона, разрез I-I)

таты изучения геохимических ореолов, разработана схема стадийности формирования геохимических ореолов элементов-индикаторов Соткского месторождения (рис.3.5). В первую стадию формирования предрудных измененных пород происходило выщелачивание (вынос) элементов-примесей (Ni и Co), в результате которого вокруг рудных тел создавались их слабые ореолы. К этому же времени может быть отнесено образование ореолов Cu, связанных с кварцевой предрудной стадией формирования рудных тел. Во вторую стадию образуются интенсивные ореолы Au и As, а также продолжается частичное выщелачивание Ni и Co. В третью стадию формируются интенсивные ореолы Cu, Au, As, Ag, Sb, Bi, Zn и Pb; в четвертую - ореолы Au, Ag, Sb, Bi, Pb, Te и Hg; в пятую стадию - Cu, Sb и Pb. Парагенетическая ассоциация элементов в ореолах по стадиям их формирования определяется парагенетической ассоциацией минералов в рудных телах соответствующей стадии минерализации.

Аналитические исследования руд и мономинералов, корреляционный анализ между содержаниями золота и его элементов-индикаторов, а также близость геохимических свойств отдельных элементов позволяет сделать вывод о парагенетической связи привносимых элементов-индикаторов (Au, Ag, As, Sb, Bi, Te, Hg, Cu, Zn и Pb) единым магматическим очагом, и одновременность выпадания их минеральных агрегатов из постмагматических растворов. Это позволяет считать Au, Ag, As, Sb, Bi, Te, Hg, Cu, Zn и Pb основными элементами-индикаторами золотого оруденения, а их первичные ореолы привноса (отложения) - прямыми поисковыми признаками золоторудных тел, в том числе и скрытых. Первичные геохимические ореолы выноса (выщелачивания) Ni и Co являются дополнительными геохимическими предпосылками поискового прогнозирования скрытых золоторудных тел данного типа.

Интенсивность. Распределение концентраций элементов в первичных геохимических ореолах неравномерное. Рудные тела сопровождаются интенсивными (вышефоновыми) ореолами привносимых (Au, As, Zn, Pb, Hg, Cu и др.) и слабыми (нижекларковыми) выносимых (Ni, Co) элементов-индикаторов (рис. 3.2, 3.3, 3.6 - 3.13). Золото: максимальная концентрация 12-24 г/т и выше распределяется в пределах золоторудных тел; 2-12 г/т - в зоне околорудно-измененных пород, в непосредственной

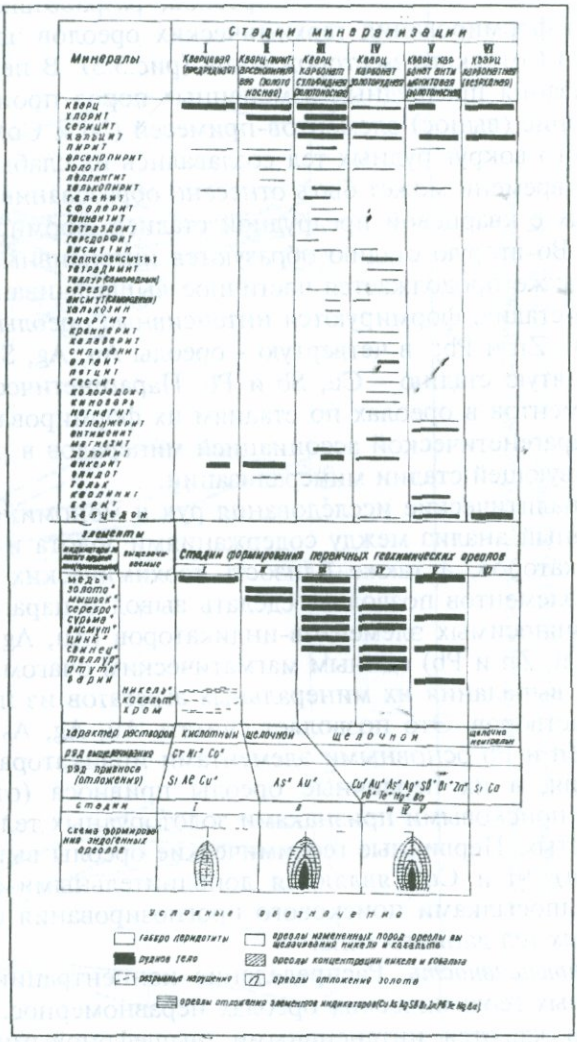


Рис.3.5. Схема последовательности выделения минералов и формирования первичных геохимических ореолов

Au^x-оконтурены первичные ореолы;
Sb^x-зафиксированы в ореолах на основе анализов;
Ba^x- предполагаемые в ореолах.

близости к рудным телам; 0,1-2г/т в околорудно-измененных породах; следы - в слабо измененных габбро-перидотитах (рис.3.7, 3.13). Мышьяк: максимальная концентрация ($2\text{-}4{,}5 \cdot 10^{-1}$) приурочена к золоторудным телам; аномальная концентрация ($8 \cdot 10^{-2}$) к зонам околорудно-измененных пород; $4{,}5 \cdot 10^{-2}$% к слабо измененным габбро-перидотитам (рис.3.2). Ртуть: максимальная концентрация ($7{,}5 \cdot 10^{-3}$) приурочена к золоторудным телам; $3{,}0 \cdot 10^{-3}$ – к зонам околорудно-измененных пород; $7{,}5 \cdot 10^{-4}$% – к зонам слабо измененных пород (рис.3.3). Медь: повышенная концентрация ($7{,}5 \cdot 10^{-1}$) приурочена к стержневой части рудных тел; $3{,}0 \cdot 10^{-1}$ – к рудным зонам; $7{,}5 \cdot 10^{-2}$ – к зонам околорудно-измененных пород; $3{,}0 \cdot 10^{-2}$ % – к слабо измененным породам (рис.3.9). Цинк: высокая концентрация $(5\text{-}10) \cdot 10^{-2}$ приурочена к рудным телам; $(1\text{-}5) \cdot 10^{-2}$ % – к зонам измененных пород. Свинец: высокая концентрация $(5\text{-}10) \cdot 10^{-2}$ приурочена к рудным телам и зонам околорудно-измененных пород; $(1\text{-}5) \cdot 10^{-2}$% – к слабо измененным породам.

Вокруг рудных тел ореолы Ni и Co характеризуются пониженными концентрациями ($7{,}5 \cdot 10^{-2}$ и $5 \cdot 10^{-4}$%), по сравнению с фоновыми и кларковыми содержаниями этих элементов в габбро-перидотитах (3.10, 3.11).

Установлено, что концентрация золота и его элементов-индикаторов в ореолах находится в прямой зависимости от величины эффективной пористости пород (рис.1.5). Развитие дорудной тектоники и метаморфизма повысило эффективную пористость рудовмещающих пород, и в момент формирования геохимических ореолов породы обладали максимальными значениями эффективной пористости, что определило высокую концентрацию привносимых элементов-индикаторов в ореолах, развитых в пределах зон околорудно-измененных пород. Установлено постепенное понижение концентрации привносимых элементов-индикаторов и, соответственно, повышение концентрации выщелачиваемых элементов (Ni и Co) по мере удаления от рудных тел.

По величине коэффициента аномальности (С/Сфон) элементов в ореолах установлен ряд контрастности: Au – Ag – Hg – Cu – As – Zn – Pb; Ni – Co (табл. 3.2).

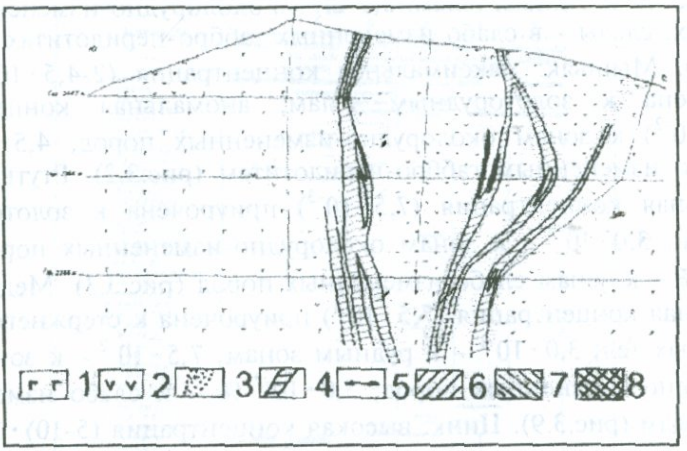


Рис.3.6. Геологический разрез по линии I-I. Соткское месторождение (Центральный участок). М 1:1000

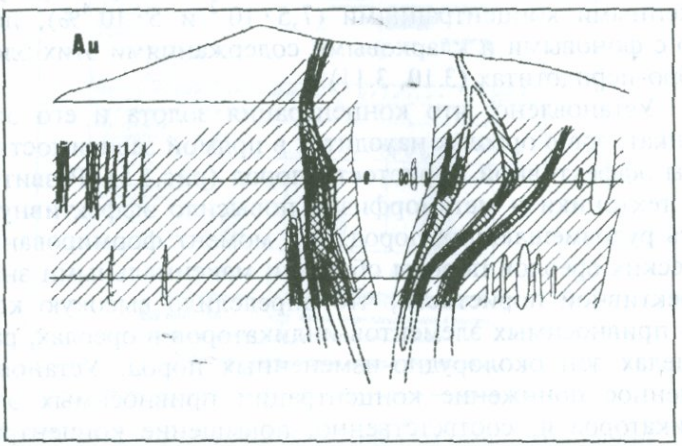


Рис.3.7. Первичные геохимические ореолы золота Соткского месторождения (Центральный участок; разрез I-I)

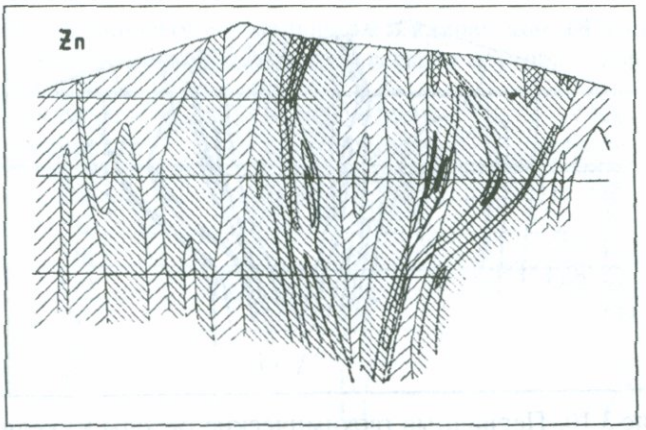


Рис.3.8. Первичные геохимические ореолы цинка Соткского месторождения (Центральный участок; разрез I-I)

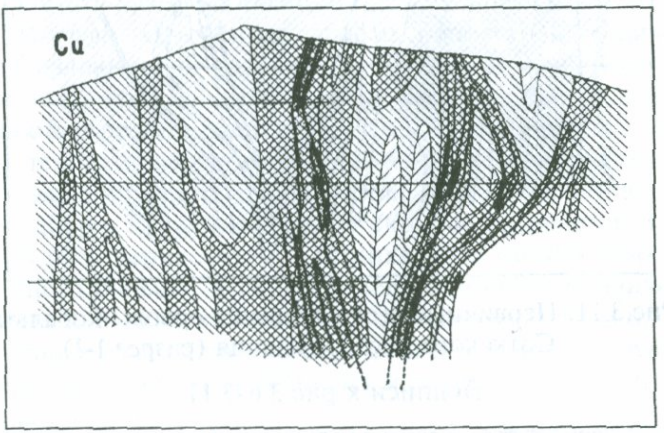


Рис.3.9. Первичные геохимические ореолы меди Соткского месторождения (Центральный участок; разрез I-I)

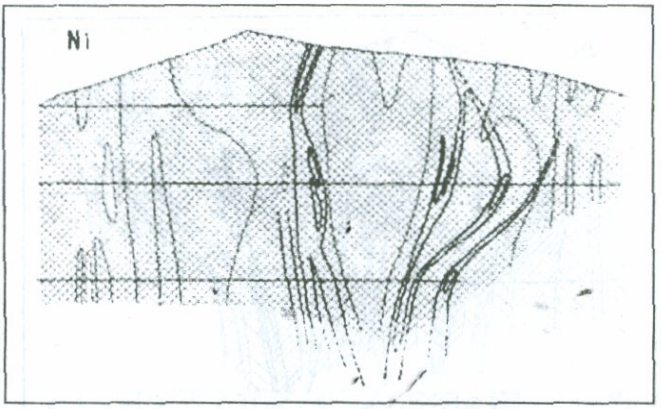


Рис.3.10. Первичные геохимические ореолы никеля Соткского месторождения (разрез I-I)

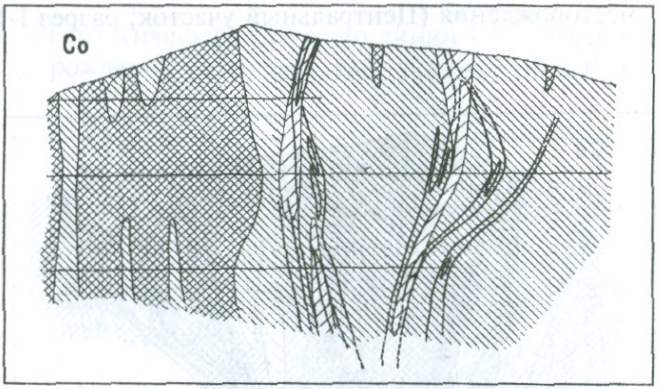


Рис.3.11. Первичные геохимические ореолы кобальта Соткского месторождения (разрез I-I)

Подписи к рис.3.6-3.11

1-габбро. 2-перидотиты. 3-зоны околорудно-измененных пород. 4-рудные тела. 5-интервалы опробования. 6-8-содержания элементов: 6-(сл.-2) г/т; Zn - (1-10) $\cdot 10^{-3}$; Cu, Co - (1-10) $\cdot 10^{-4}$; Ni - (10-100) $\cdot 10^{-4}$%; 7-Au - (2-8) г/т; Zn - (10-100) $\cdot 10^{-3}$; Cu, Co - (10-100) $\cdot 10^{-4}$; Ni - (100-1000) $\cdot 10^{-4}$%; 8.-Au - >8 г/т; Ni - >1000 $\cdot 10^{-4}$; Zn - >100 $\cdot 10^{-3}$; Cu, Co - > 100 $\cdot 10^{-5}$%.

Таблица 3.2

Коэффициенты аномальности и кларки концентрации элементов-индикаторов Соткского месторождения

Элемент-индикатор	Коэффициент аномальности	Кларк концентрации
Au	1200,0	2666,0
Ag	840,0	1590,0
Hg	80,0	480,0
Cu	77,0	28,3
As	4,4	584,6
Zn	1,6	3,6
Pb	1,0	2,8
Ni	1,1	0,75
Co	0,14	0,35

Привносимые элементы характеризуются кларком концентрации (С/Скларк) более единицы, выносимые - менее единицы, что согласуется с отложением и выщелачиванием элементов в процессе рудообразования.

Размеры. Одними из важных параметров геохимических ореолов являются их размеры, в несколько раз превосходяшие рудные тела, вокруг которых они развиты. Вертикальная протяженность ореолов зависит не только от глубины залегания рудных тел от поверхности, но и во многом определяется развитием экранирующих перидотитов, если оруденение расположено в габбро. Если вмещающие скрытое оруденение габбро не экранируются перидотитами, вертикальная протяженность ореолов намного больше, и скрытые тела отчетливо проявляются на поверхности в виде интенсивных геохимических ореолов. Массивы перидотитов не только сужают и выклинивают рудные тела при переходе в них из габбро, но и экранируют развитие ореолов по вертикали.

Вертикальная протяженность ореолов различных элементов неодинакова - максимальной протяженностью обладают ореолы Hg (>400 м) и As (>300 м), менее протяженные по вертикали ореолы создают Ag, Zn, Pb, затем Au и Cu.

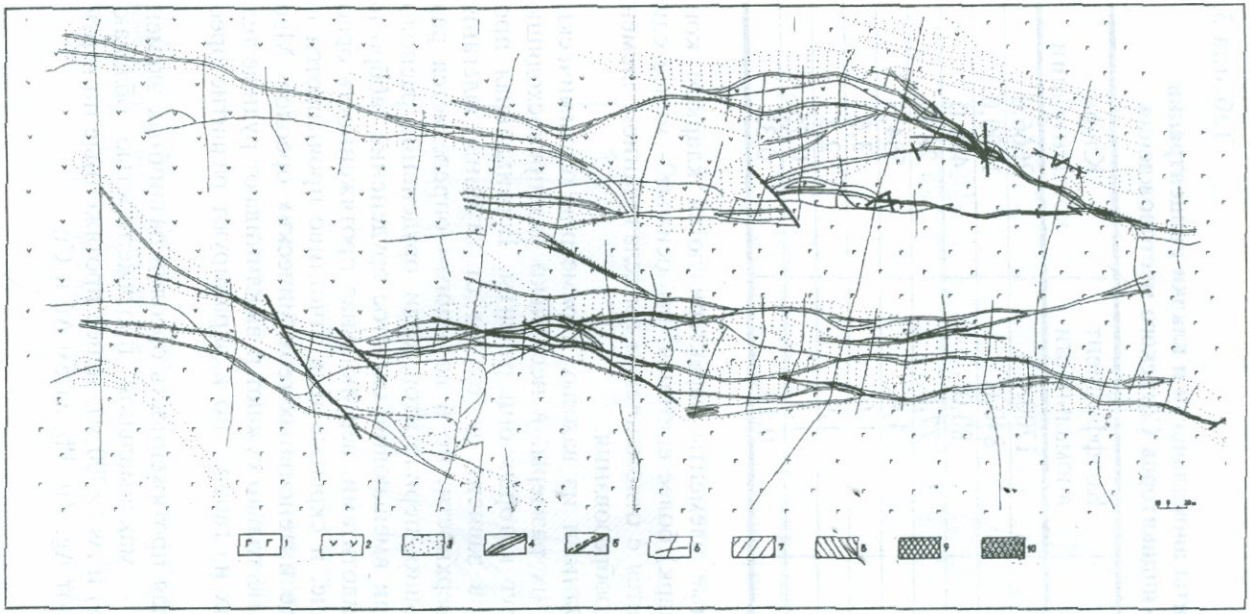


Рис.3.12. Геологический план горизонта 2366 м (Соткское месторождение; Центральный участок)

1-габбро. 2-перидотиты. 3-зоны гидротермально измененных пород. 4-рудные тела. 5-тектонические нарушения. 6-подземные горные выработки. 7-10-содержания золота: 7-(0,1-2) г/т. 8-(2-8) г/т. 9-(8-24) г/т. 10->24 г/т.

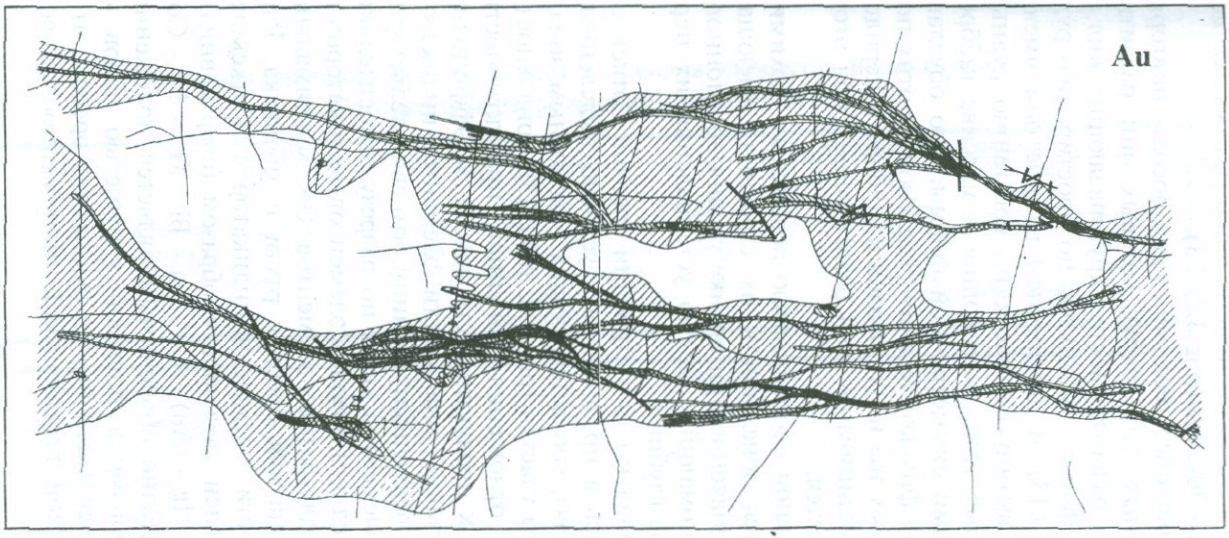


Рис.3.13. Первичные геохимические ореолы золота Соткского месторождения (Центральный участок, горизонт 2366 м).

Условные обозначения на странице 126.

Протяженность ореолов по простиранию рудных тел достигает 2300 м, ширина - 30-50 м (рис.3.2, 3.3).

Морфология. Первичные геохимические ореолы повторяют конфигурацию рудных тел, вокруг которых они развиты. Ореолы месторождения, развитые вокруг крутопадающих жил, в плане имеют овальную форму, вытянутую по простиранию рудных тел. (рис.3.2, 3.3, 3.13). В поперечном разрезе они имеют факеловидную форму, вытянутую вверх по восстанию рудных тел (рис.3.7-3.11). Рудные тела, залегающие в массиве габбро, сопровождаются ореолами симметричной формы. Это обуславливается однородностью физико-механических свойств этих пород. При переходе рудных тел и их ореолов из габбро в перидотиты происходит их выклинивание или разветвление, при этом форма ореолов осложняется.

Зональность. Важной особенностью первичных геохимических ореолов является зональность их строения, имеющая большое практическое значение при оценке уровня эрозионного среза геохимических аномалий с целью установления их перспектив рудоносности на глубину.

Вертикальная зональность в строении ореолов Соткского месторождения изучалась в пределах двух условно выделенных полос (южная и северная), соответствующих рудоносным зонам разреза I-I Центрального участка (рис.3.6, табл.3.3). Зональность определялась методом отношения линейной продуктивности элементов-индикаторов к продуктивности золота. Коэффициент контрастности вертикальной зональности элементов-индикаторов по всем горизонтам превышает единицу, что свидетельствует о сдвиге ореолов этих элементов вверх по разрезу относительно ореола золота. Степень сдвига ореолов элементов-индикаторов к ореолу золота различна для разных элементов. Она максимальна для цинка и минимальна для ореолов ртути и мышьяка. Ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов Соткского месторождения представлен следующим образом (сверху вниз): Zn - Ba - Ag - Pb - As - Hg - (Au) - Cu - Sn - Bi - Mo - Ni - Co. В данном ряду недостаточно объяснимым является положение ртути, которая характеризуется большой упругостью паров и должна создавать наиболее удаленные от рудных тел ореолы, что подтверждается и большой вертикальной протяженностью ее

Величины линейных продуктивностей ореолов элементов-индикаторов Соткского месторождения (разрез I-I)

Элементы	Горизонт, м	Южная полоса разреза					Северная полоса разреза				
		Среднее содержание, %	Коэфф. минерализации	Линейная продуктивность, м%	Отношение продуктивн. ореола к продуктив. золота	Коэфф. контрастности	Среднее содержание, %	Коэфф. минерализации	Линейная продуктивность, м%	Отношение продуктивн. ореола к продуктив. золота	Коэфф. контрастности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Au	поверх.	$838{,}3 \cdot 10^{-6}$	21,4	2,51			$250 \cdot 10^{-6}$	4,2	0,252		
	2447	$1290 \cdot 10^{-6}$	22,2	4,0			-	-	-	-	-
	2366	$743 \cdot 10^{-6}$	88,2	9,17			$157{,}5 \cdot 10^{-6}$	90	3,402		
	2266	$1851 \cdot 10^{-6}$	94,4	24,45			$993 \cdot 10^{-6}$	71,4	17,016		
Hg	поверх.	$473{,}2 \cdot 10^{-6}$	100	6,62	2,64	0,9	$195 \cdot 10^{-6}$	100	4,68	18,7	2,6
	2447	$1187 \cdot 10^{-6}$	100	16,56	4,14	1,5	-	-	-	-	-
	2366	$2961{,}7 \cdot 10^{-6}$	100	41,46	4,52	1,6	$1008{,}7 \cdot 10^{-6}$	100	24,21	7,1	0,9
	2266	$4955{,}5 \cdot 10^{-6}$	100	69,38	2,84	1,0	$5807 \cdot 10^{-6}$	100	139,37	8,1	1,0
As	поверх.	$28{,}1 \cdot 10^{-3}$	100	392,2	156,25	2,5	$38{,}2 \cdot 10^{-3}$	100	916,8	3667	29,6
	2447	$45{,}5 \cdot 10^{-3}$	100	637,8	159,25	2,5	-	-	-	-	-
	2366	$105{,}7 \cdot 10^{-3}$	82,3	1217,9	132,80	2,0	$99 \cdot 10^{-3}$	55	1306,8	384	3,1
	2266	$125{,}8 \cdot 10^{-3}$	94,4	1662,6	68,0	1,0	$102{,}5 \cdot 10^{-3}$	85,7	2108,2	124	1,0
Cu	поверх.	$148{,}3 \cdot 10^{-3}$	100	2076,2	827,0	5,0	$45{,}2 \cdot 10^{-3}$	100	1084,8	4339	49,8
	2447	$132 \cdot 10^{-3}$	100	1848,0	462,0	2,8	-	-	-	-	-
	2366	$135{,}4 \cdot 10^{-3}$	100	1895,6	206,7	1,2	$44{,}5 \cdot 10^{-3}$	100	1068,0	314	3,6
	2266	$290{,}3 \cdot 10^{-3}$	100	4064,2	166,2	1,0	$61{,}3 \cdot 10^{-3}$	100	1471,2	87	1,0

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn	поверх.	$16,7 \cdot 10^{-3}$	100	233,8	93,14	5,4	$48,6 \cdot 10^{-3}$	86,9	1013,6	4054	92,1
	2447	$17,8 \cdot 10^{-3}$	100	249,2	62,30	3,6	-	-	-	-	-
	2366	$52,8 \cdot 10^{-3}$	100	814,8	88,85	5,1	$29,3 \cdot 10^{-3}$	100	703,2	207	4,7
	2266	$30,3 \cdot 10^{-3}$	100	424,2	17,35	1,0	$31,1 \cdot 10^{-3}$	100	744,3	44	1,0
Ni	поверх.	$90 \cdot 10^{-3}$	100	1260,0	501,9	11,7	$122,8 \cdot 10^{-3}$	100	2947,2	11788	117,9
	2447	$41,1 \cdot 10^{-3}$	100	574	143,5	3,3	-	-	-	-	-
	2366	$128,6 \cdot 10^{-3}$	100	1800,4	196,3	4,5	$153 \cdot 10^{-3}$	100	3672,0	1080	108,2
	2266	$75 \cdot 10^{-3}$	100	1050,0	42,9	1,0	$70,7 \cdot 10^{-3}$	100	1696,8	99,8	1,0
Co	поверх.	$48,1 \cdot 10^{-4}$	100	67,39	26,85	13,9	57,6	100	138,2	548	183,6
	2447	$43,2 \cdot 10^{-4}$	100	60,48	15,12	7,8	-	-	-	-	-
	2366	$41,5 \cdot 10^{-4}$	100	58,10	6,34	3,3	29,4	100	70,6	21	7,0
	2266	$33,9 \cdot 10^{-4}$	100	47,46	1,94	1,0	22,0	100	52,8	3	1,0

ореолов (более 400 м от верхней кромки скрытых рудных тел); золото установлено по ограниченному количеству проб.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий проводить по мультипликативному коэффициенту геохимической зональности $K_3 \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$, а также по мультипликативному коэффициенту привноса $Kn \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$.

3.1.1.1.2. Меградзорское месторождение

Золоторудные тела месторождения приурочены к вулканогенно-осадочным образованиям среднего зоцена и к прорывающим их интрузивным породам - гранодиоритам, кварцевым диоритам и др. (рис.3.14). Оруденение контролируется близпараллельными трещинами оперения разрывных нарушений и зонами дробления пород. Основными околорудно-измененными породами, сопровождающими промышленное оруденение, являются кварцево-серицитовые образования, в меньшей степени хлоритизированные и карбонатизированные. Мощность зон измененных пород 20 м, золоторудных тел - от 0,5 до 2,5м. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, самородное золото, теннантит, тетраэдрит, висмутин, алтаит, сильванит, гессит, калаверит, арсенопирит и др.; нерудные - кварц, серицит, карбонат.

Особенности состава и строения геохимических ореолов изучались по трем поперечным разрезам - опробованию подверглись штольни №№ 10, 50, 52, 66, 69, 70, 71, 72, 73, керн ряда скважин, а также дубликаты проб Меградзорской ГРЭ из недоступных для опробования выработок. Всего по месторождению отобрано 5914 проб.

Элементный состав. Первичные геохимические ореолы месторождения являются многокомпонентными. Сопоставление элементного состава ореолов и рудных тел показало их полное сходство.

Золоторудные тела сопровождаются широкими и интенсивными геохимическими ореолами Zn, Ag, Pb, Ba, Mo, Sn, V, Co, Ni, Cu и Cr.

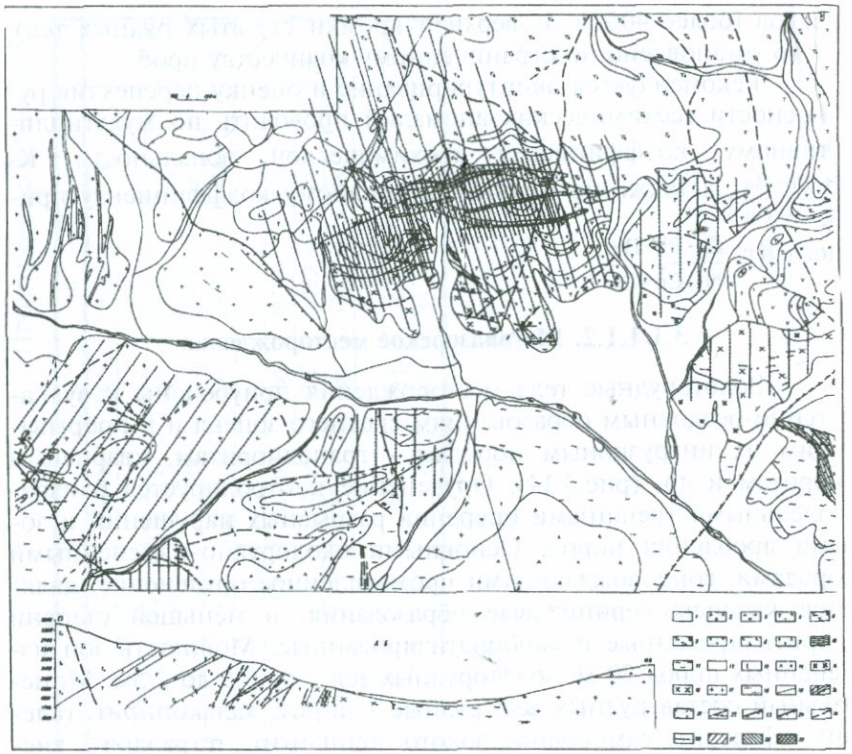


Рис. 3.14. Расположение геохимических профилей на геологической основе (Симонян, 1975) М 1:10000.

Подпись к рис.3.14

1-делювиальные отложения (Q). 2-андезито-базальты ($N_2^1 - N_2^2$). 3-пемзовые пески ($N_2^1 - N_2^2$). 4-туффиты (Р_2^2). 5-туфоалевролиты (Р_2^2). 6-туфобрекчии (Р_2^2). 7-андезиты (Р_2^2). 8-диорит-порфириты (субвулканические) (Р_2^2). 9-роговики и ороговикованные порфириты (Pt_3-PZ_1). 10-доломиты и доломитизированные известняки (Pt_3-PZ_1). 11-метаморфические сланцы (Pt_3-PZ_1). 12-нефелиновые и щелочные сиениты ($\text{Р}_3^3 - \text{Р}_3^1$). 13-сиениты, граносиениты, кварцевые сиениты

($\text{Р}_2^3 - \text{Р}_3^1$). 14-сиенит-порфиры ($\text{Р}_2^3 - \text{Р}_3^1$). 15-кварцевые сиениты и кварцевые монцониты ($\text{Р}_2^3 - \text{Р}_3^1$). 16-монцониты и сиенито-диориты ($\text{Р}_2^3 - \text{Р}_3^1$). 17-гранодиориты и кварцевые диориты (J_3-K_1). 18-плагиопорфиры и гранит-порфиры (Pz_3). 19-лампрофиры. 20-диабазы. 21-зоны гидротермально измененных пород. 22-кварцево-сульфидные жилы и жильные зоны. 23-региональные разломы. 24-поперечные разломы. 25-мелкие тектонические нарушения. 26-интервалы опробования. 27-29-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$: 27-$1{,}0 \cdot 10^3$; 28-($1{,}0$-$10{,}0) \cdot 10^3$; 29-$10{,}0 \cdot 10^3$.

Минералого-геохимические и математические методы исследований позволили выделить среди них наиболее эффективные (информативные) элементы-индикаторы золотого оруденения. Приближенно-количественный спектральный анализ мономинеральных фракций показал, что из широкого комплекса элементов наиболее эффективными являются те элементы, которые находятся в тесной связи с золотом в различных минералах. Такими элементами-индикаторами являются Zn, Pb, Ag, As, Sb и Cu. Высокие содержания Zn, Pb, Ag, As, Cu и Sb и соответственно низкие Ni, Co, Cr установлены в минералах, содержащих золото в повышенных концентрациях.

Корреляционным анализом между содержаниями золота и элементов-индикаторов установлен ряд индикаторной значимости элементов для золота: Au - Ag (+0,89); далее по мере понижения характера и силы связи с золотом следуют - 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). Величины коэффициентов корреляции усреднены по восьми выборкам, по 45-50 проб в каждой.

По усредненным данным (12 выборок, 470 проб) корреляционного анализа установлено, что Zn, Pb, Ag, Ba, As, Sb, Cu, проявившие тесную положительную связь с золотом, находятся между собой также в тесной (очень тесной) положительной корреляционной связи и, наоборот, в слабой положительной (отрицательной) связи с Sn, Mo, Ni, Co, V и Cr. A Mo, Sn, Co, Ni, V и Cr проявляют тесную положительную связь между собой.

Интенсивность. Вокруг рудных тел выявлены ореолы с

повышенными содержаниями Zn - $>10 \cdot 10^{-2}$, Ag - $>45 \cdot 10^{-5}$, Pb и Cu - $>45 \cdot 10^{-3}$, а также Ba-$>10 \cdot 10^{-2}$%. Sn, Mo и V создают ореолы средней интенсивности, а элементы, обладающие на нижних горизонтах высокими концетрациями, на поверхности проявляются очень слабо - Ni $(0,5\text{-}1,5) \cdot 10^{-3}$, Co $(5\text{-}15) \cdot 10^{-4}$, Cr $(1\text{-}3) \cdot 10^{-3}$% (рис.3.15, 3.16). Интенсивные ореолы Zn, Pb, Ag и Ba на поверхности сопровождают зоны измененных пород, и по мере удаления от них концентрация элементов в ореолах понижается, достигая минимальных содержаний - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$, $(5\text{-}15) \cdot 10^{-3}$, $(5\text{-}15) \cdot 10^{-5}$ и $(1\text{-}3) \cdot 10^{-2}$%. Пространственно эти поля совпадают с ореолами Ni, Co и Cr, для которых по мере удаления от скрытых рудных тел (на разведочных горизонтах) и зон измененных пород (на поверхности) установлено повышение содержаний.

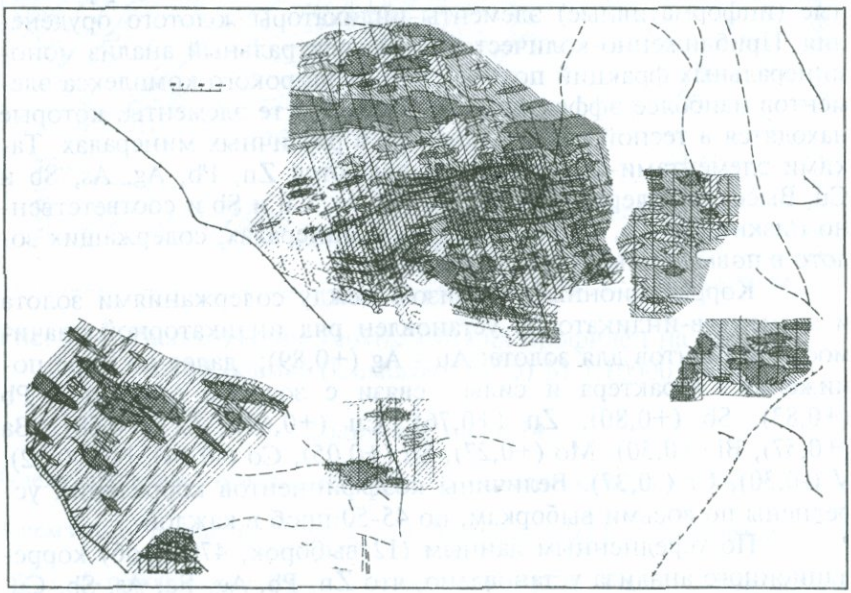


Рис.3.15. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ Меградзорского месторождения (поверхность)

Размеры ореолов во много раз превышают рудные тела, вокруг которых они развиты. Вертикальная протяженность ореолов от верхней кромки скрытых рудных тел достигает 100-200 м. Наиболее протяженные ореолы по вертикали создают Zn, Ag, Ba и Pb. В плане интенсивные ореолы надрудных элементов протягиваются по простиранию до 1000-1200 м, ореолы со средней интенсивностью - до 2500-3000 м. Ширина ореолов различна - от первых метров до 50-60. Установлено, что ореолы, развитые в вулканогенных породах, по своим размерам превышают ореолы, приуроченные к интрузивным породам (рис.3.15).

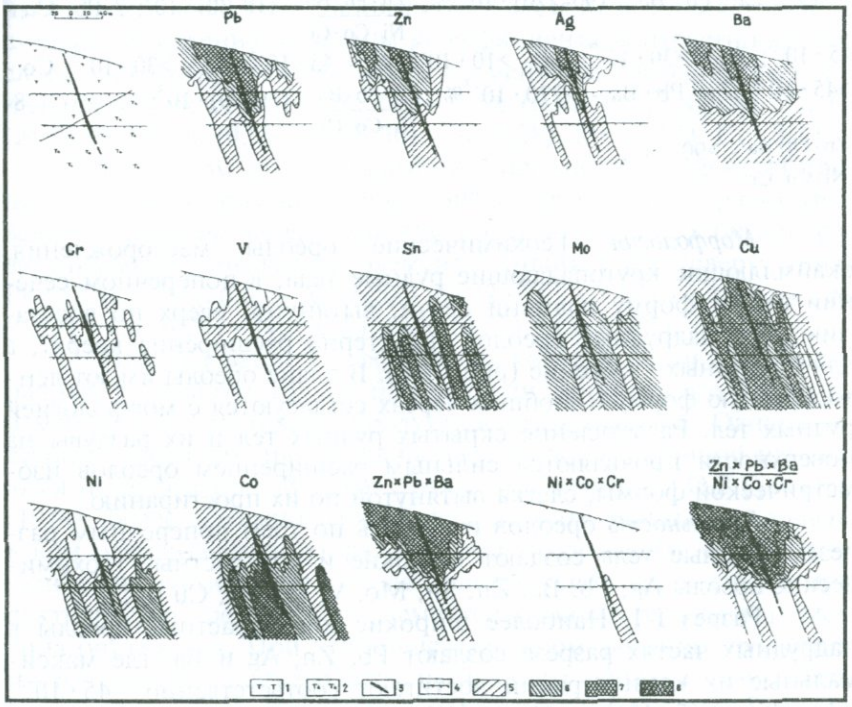


Рис.3.16. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Мегрздзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Подписи к рис.3.16

1-агломератовые и грубообломочные туфы андезито-дацитов, туфобрекчии. 2-туффиты. 3-кварцево-сульфидная жила. 4-интервалы опробования. 5-8-содержания элементов: 5-Ni (0,5-1,5)·10^{-3}; Pb, Cu - (5-15)·10^{-3}; Zn - (3-10)·10^{-2}; Ba - (1-3)·10^{-2}; Ag - (5-15)·10^{-5}; V - >30·10^{-3}; Sn - (3-10)·10^{-4}; Co - (5-15)·10^{-4}; Mo - (1-3)·10^{-4}; Cr - 1·10^{-3}%; Zn·Pb·Ba - (30-90)·10^{-7}; Ni·Co·Cr - >270·10^{-10}%; $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - (1-10)·10^3; 6-Ni - >1,5·10^{-3}; Pb, Cu - (15-45)·10^{-3}; Zn - (10-30)·10^{-2}; Ba - (3-10)·10^{-2}; Ag - (15-45)·10^{-5}; Sn - (10-30)·10^{-4}; Co - (15-45)·10^{-4}; Mo - 3·10^{-4}; Zn·Pb·Ba - (90-270)·10^{-7}%; $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - (10-30)·10^3; 7-Pb, Cu - 45·10^{-3}; Zn - >30·10^{-2}; Ba - >10·10^{-2}; Ag - 45·10^{-5}; Sn - >30·10^{-2}; Co - >45·10^{-4}; Zn·Pb·Ba - >270·10^{-7}%; $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - (30-90)·10^3; 8- $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - >90·10^3.

Морфология. Геохимические ореолы месторождения, окаймляющие крутопадающие рудные тела, в поперечном сечении имеют форму пламени свечи, вытянутой вверх по восстанию. Для надрудных ореолов характерно расширение кверху, а для подрудных - сужение (рис. 3.16). В плане ореолы имеют лентообразную форму и в общих чертах согласуются с морфологией рудных тел. Разветвление скрытых рудных тел и их раздувы на поверхности проявляются сильным расширением ореолов изометрической формы, слегка вытянутой по их простиранию.

Зональность ореолов изучалась по трем поперечным разрезам. Рудные тела создают широкие и контрастные геохимические ореолы Ag, Pb, Ba, Zn, Sn, Mo, V, Co, Ni, Cu и Cr.

Разрез I-I. Наиболее широкие и контрастные ореолы в надрудных частях разреза создают Pb, Zn, Ag и Ba, где максимальные их концентрации достигают соответственно >45·10^{-3}, >30·10^{-2}, >45·10^{-5} и 10·10^{-2}%. С глубиной размеры ореолов уменьшаются, интенсивность слабеет. Нижние части разрезов характеризуются развитием контрастных ореолов Ni(>4,5·10^{-3}), Co(>45·10^{-4}), Mo(>4,5·10^{-4}) и Sn (10·10^{-4}%). Cu, V и Cr создают интенсивные ореолы в средних – нижних горизонтах. Следовательно, определенная группа элементов (Pb, Zn, Ag, Ba) из-

бирательно накапливается в надрудных частях ореолов, другая группа - (Sn, Mo, Cu, Ni, Co) - в нижних (подрудных) сечениях разреза.

Выбор наиболее эффективных элементов-индикаторов зональности требует сравнительной оценки зональности различных элементов. Для этой цели был использован метод составления рядов элементов-индикаторов зональности с помощью коэффициента контрастности зональности, который представляет собой отношение значений параметра ореола данного элемента на верхнем (числитель) и нижнем (знаменатель) сечениях исследуемых разрезов (Беус, Григорян, 1975). В первом случае параметром ореола элемента было принято среднее содержание в процентах (табл.3.4). Установлен ряд элементов-индикаторов по степени понижения величины коэффициента контрастности, где слева направо происходит смена элементов в соответствии с зональностью их ореолов: Pb (9,4) - Zn (6,0), Ba (3,8), Ag (2), Cr (2), V (0,96), Sn (0,50), Ni (0,30), Cu (0,28), Mo (0,25), Co (0,14).

Во втором случае параметром ореола элемента была принята линейная продуктивность в м% (табл.3.5). По порядку убывания величины коэффициента контрастности составлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): Pb (32,9) - Zn (26,0) - Ag (6,5) - Ba (4,07) - Cr (1,0) - V (0,6) - Sn (0,53) - Cu (0,29) - Ni (0,28) - Mo (0,27) - Co (0,15).

Использование коэффициента контрастности дает однозначные результаты только при условии монотонного характера изменения по вертикали продуктивностей ореолов. Однако величины линейных продуктивностей ореолов с глубиной изменяются неравномерно. В связи с этим, как отмечают С.В.Григорян (1974), более надежно можно использовать показатель зональности элемента-индикатора, который представляет собой отношение продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов-индикаторов исследуемого типа оруденения. При этих подсчетах нормирование продуктивностей ореолов производится следующим образом: максимальные значения продуктивностей ореолов по исследуемому разрезу выражаются в единых порядках и в соответствии с этим уточняются остальные.

Среди всех элементов (табл. 3.6) наиболее высокое значе-

Таблица 3.4

Величины средних содержаний элементов-индикаторов Мегрдзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Уровни ореолов	Величины средних содержаний элементов-индикаторов в %%										
	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo
Поверхность	0,076	0,002	0,030	0,0006	0,0007	0,02	0,0002	0,3	0,047	0,0007	0,0001
Гор.шт. 66 (1971,2 м)	0,056	0,001	0,030	0,0005	0,001	0,04	0,0001	0,11	0,018	0,0007	0,0003
Гор.шт.52 (2014,0 м)	0,02	0,001	0,031	0,002	0,005	0,07	0,0001	0,05	0,005	0,0014	0,0004
Коэффициент контрастности	3,8	2	0,96	0,3	0,14	0,28	2	6	9,4	0,5	0,25

Таблица 3.5

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов Мегрдзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Уровни ореолов	Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%										
	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo
Поверхность	11,4*	0,04	1,2	0,072	0,105	2,6	0,026	39,0	6,58	0,105	0,015
Гор.шт. 66 (1971,2 м)	7,84	0,08	4,2	0,04	0,14	5,6	0,006	8,8	2,16	0,1	0,042
Гор.шт.52 (2014,0 м)	2,8	0,04	2,2	0,26	0,7	9,1	0,004	1,5	0,2	0,2	0,056
Коэффициент контрастности	4,07	1,0	0,6	0,28	0,15	0,29	6,5	26,0	32,9	0,53	0,27

* Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности

Таблица 3.6

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Меградзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Элементы	Кн	Нормированное значение линейной продуктивности			Показатель зональности		
		Горизонт, м			Горизонт, м		
		поверх.	Гор.шт.66 1971,2	Гор.шт.52 2014,0	поверх.	Гор.шт.66 1971,2	Гор.шт.52 2014,0
Ba	1	11,4	7,84	2,8	0,043*	0,03	0,01
Cr	1000	40,0	80,0	40,0	0,152	0,27	0,12
V	10	12,0	42,0	22,0	0,05	0,14	0,07
Ni	100	7,2	4,0	26,0	0,03	0,014	0,08
Co	100	10,5	14,0	70,0	0,04	0,05	0,21
Cu	10	26,0	56,0	91,0	0,098	0,192	0,27
Ag	1000	26,0	6,0	4,0	0,098	0,02	0,012
Zn	1	39,0	8,8	1,5	0,15	0,03	0,004
Pb	10	65,8	21,6	2,0	0,25	0,074	0,006
Sn	100	10,5	10,0	20,0	0,04	0,034	0,06
Mo	1000	15,0	42,0	56,0	0,06	0,14	0,17
Сумма		263,4	292,2	335,3	-	-	-

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения показателя зональности

ние характерно для цинка. Нормирующий коэффициент (Кн) для него будет равен единице. Для остальных получим следующие нормирующие коэффициенты, равные разности порядков максимальных значений пары цинк-элемент: Ba - (1), Cr - (1000), V - (10), Ni - (100), Co - (100), Cu - (10), Ag - (1000), Pb - (10), Sn - (100), Mo - (1000). Из таблицы следует, что максимальное относительное накопление Pb, Zn, Ag и Ba наблюдается на верхнем уровне ореолов, Cr и V - на среднем, а Sn, Mo, Cu, Ni и Co - на нижнем. Таким образом, по результатам расчета показателя зональности можно составить следующий ряд элементов (сверху вниз): (Ba, Ag, Zn, Pb) - (V, Cr) - (Ni, Co, Cu, Sn, Mo). Для уточнения местоположения элементов, заключенных в скобки (максимальные значения их показателя зональности установлены на одних и тех же горизонтах ореолов) в ряду зональности, использована изменчивость величины показателя зональности по вертикали (Григорян, 1974). После соответствующих расчетов ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов примет вид (сверху вниз): Pb - Zn - Ag - Ba - Cr - V - Sn - Mo - Cu - Ni - Co. Методом показателя зональности элемента-индикатора установлены ряды геохимической зональности элементов и по другим разрезам: разрез II-II - Zn - Ag - Pb - Ba - Cu - Co - Ni - Sn - Cr - V - Mo ; разрез III-III - Zn - Ag - Pb - Ba - Mo - Sn - V - Co - Ni - Cu - Cr (Безирганов, Гареян, 1983).

Анализ рядов зональности, установленных на различных участках Меградзорского месторождения, показывает, что, несмотря на удаленность объектов (разрезы I-I и II-II расположены на Центральном участке; III-III - на Аджаридзорском) ореолы определенных групп элементов по вертикали располагаются одинаково. Например, надрудные элементы располагаются следующим образом (сверху вниз): - разрез I-I - Pb - Zn - Ag - Ba; разрез II-II - Zn - Ag - Pb - Ba; разрез III-III - Zn - Ag - Pb - Ba. Обобщенный ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов Меградзорского месторождения представлен следующим образом (сверху вниз): Zn - Pb - Ag - Ba - Sn - V - (Au) - Cu - Mo - Cr - Co - Ni.

Место золота определено по ограниченному количеств проб. Установленный ряд согласуется с единым рядом вертикалькальной зональности элементов-индикаторов гидротермаль-

ных месторождений (Овчинников, Григорян, 1970).

Вертикальная зональность элементов-индикаторов имеет большое практическое применение, так как на ее основе определяются наиболее эффективные элементы-индикаторы зональности ореолов, используемые для оценки уровня среза геохимических анамалий. Для Меградзорского месторождения такими будут элементы, максимально удаленные один от другого в ряду зональности: Pb - Zn - Ag - Ba (надрудные) и Mo - Cr - Co - Ni (подрудные), поскольку отношения подобных пар элементов с глубиной меняются более контрастно и поэтому надежнее в практическом отношении. Установленная зональность особенно четко проявляется в строении мультипликативных ореолов. При их построении резко усиливается контрастность зональности ореолов и, благодаря большим размерам, применение этих ореолов дает более стабильные результаты (рис.3.16). При выборе наиболее эффективного коэффициента зональности применен метод вариантов, т.е. различные комбинации надрудных и подрудных элементов. Ореолы надрудных элементов сужаются на глубину и на нижнем горизонте доходят до своих минимальных концентраций; обратная картина характерна для подрудных элементов.

Результаты расчетов средних мультипликативных показателей надрудных $Zn \cdot Pb \cdot Ba$ и подрудных $Ni \cdot Co \cdot Cr$ элементов, а также мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ сведены в таблицу 3.7 и по ним составлены графики изменения с глубиной этих показателей (рис.3.17). Как видно, средний мультипликативный показатель надрудных элементов от $11876{,}4 \cdot 10^{-7}$ на поверхности понижается до $14{,}5 \cdot 10^{-7}$% на нижнем горизонте (1971,0 м), т.е. на глубину в 90-100 м уменьшается в 800 раз, а для подрудных элементов, наоборот, с глубиной увеличивается от $3{,}7 \cdot 10^{-10}$ до $45{,}6 \cdot 10^{-10}$%. Для каждой пробы были рассчитаны величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности (отношение мультипликативных величин надрудных элементов к подрудным) и по этим значениям оконтурены их ореолы. Они характеризуются высокой контрастностью, развитием в верхних сечениях разреза (рис.3.16). Для достоверного (в методическом отношении) ис-

пользования мультипликативного коэффициента зональности (Кз) при оценке перспектив рудоносности геохимических аномалий составлен график изменения средней величины данного коэффициента на глубину (рис.3.17). Эта величина от $12254{,}9 \cdot 10^3$ на поверхности понижается до $1{,}1 \cdot 10^3$ на горизонте 1971,0 м и, таким образом, на глубину 90-100 м уменьшается приблизительно в 11000 раз. Следовательно, исследуемый участок отрицательно оценивается на глубину, что было заведомо известно результатами геологоразведочных работ. Высокое значение коэффициента контрастности (отношение средней величины Кз верхнего горизонта к нижнему) - 11140,8 - указывает на правильность его выбора.

Таблица 3.7

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Мегрздзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, % $Zn \cdot Pb \cdot Ba$	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, % $Ni \cdot Co \cdot Cr$	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$
Поверхность	$11876{,}4 \cdot 10^{-7}$	$3{,}7 \cdot 10^{-10}$	$12254{,}9 \cdot 10^3$
Гор.шт. № 52 (2014,03 м)	$1465{,}1 \cdot 10^{-7}$	$3{,}3 \cdot 10^{-10}$	$414{,}8 \cdot 10^3$
Гор.шт. № 66 (1971,0 м)	$14{,}5 \cdot 10^{-7}$	$45{,}6 \cdot 10^{-10}$	$1{,}1 \cdot 10^3$
Коэффициент контрастности	819,06	0,08	11140,8

Первичные геохимические ореолы, окунтуренные по величине Кз интенсивностью $90 \cdot 10^3$, окаймляют зоны околорудных изменений пород, рудные сечения в подземных горных выработках, а также фиксируют на поверхности скрытые рудные тела, залегающие на глубине более 100 м.

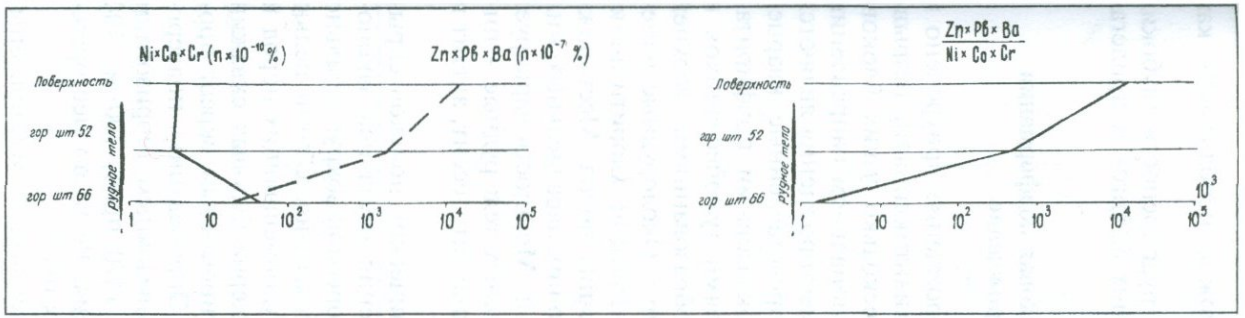


Рис.3.17. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей элементов и коэффициента геохимической зональности Мегрaдзорского месторождения (разрез I-I; Пятое рудное тело)

Таким образом, Кз $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ можно использовать как надежный критерий оценки перспектив рудоносности глубоких горизонтов месторождения, его ближайших флангов и прилегающих к нему участков.

3.1.1.2. Золото-свинцово-цинковая подформация

3.1.1.2.1. Шаумянское месторождение

В структурном отношении месторождение приурочено к северо-восточному пологому крылу брахиантиклинали; разрывными нарушениями оно разбито на несколько узких блоков, вытянутых в северо-западном близмеридиональном направлении (рис.3.18). Рудовмещающими породами месторождения являются вулканогенные породы средней юры, представленные кварцевыми, плагиоклазовыми и кварц-плагиоклазовыми порфиритами, вулканическими брекчиями, прослоями туфопесчаников и туфов, перекрытые вулканогенными образованиями верхней юры (песчаники, туфоконгломераты и др.). Околорудные изменения выражены в окварцевании, серицитизации, хлоритизации, карбонатизации и альбитизации вмещающих пород. Месторождение представлено системой крутопадающих параллельных жил широтного и близширотного простираний. Мощность варьирует от 0,6 до 3,5 м. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, теннантит, гессит, алтаит и др.; нерудные - кварц, карбонат, серицит.

Для разработки методики геохимических поисков скрытого золото-полиметаллического оруденения изучались закономерности формирования геохимических ореолов вокруг детально разведанных скрытых рудных тел месторождения. С этой целью проведено геохимическое опробование рудовмещающих пород и руд в подземных горных выработках и керна буровых скважин по заранее выбранным разрезам, ориентированным вкрест простирания рудолокализующих структур. Опробованию подверглись подземные выработки по всем разведочным георизонтам (860 м-70 проб, 820 м -770 проб, 780 -1470 проб, 700 м -700 проб), а также поверхность месторождения. Всего по месторождению было отобрано 4885 геохимических проб.

В результате геохимических исследований установлены

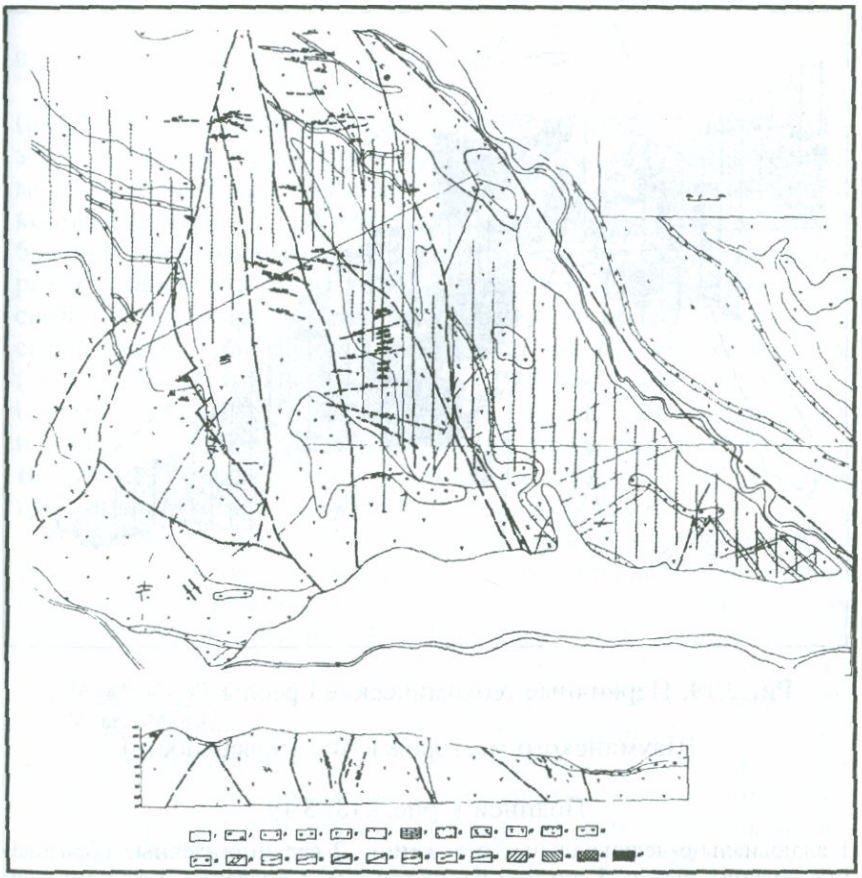


Рис.3.18. Геологическая карта Шаумянского месторождения (Саркисян, Зограбян, Ачикгезян, 1975)

закономерности состава и строения первичных геохимических ореолов месторождения.

Элементный состав. Первичные геохимические ореолы месторождения являются многокомпонентными. Сопоставление элементного состава ореолов и рудных тел позволило установить их полное сходство.Золоторудные тела сопровождаются ореолами Au, Pb, Ba, Zn, Ag, As, Cu, Cd, Sn, Mo, Co, Ni, Cr и V

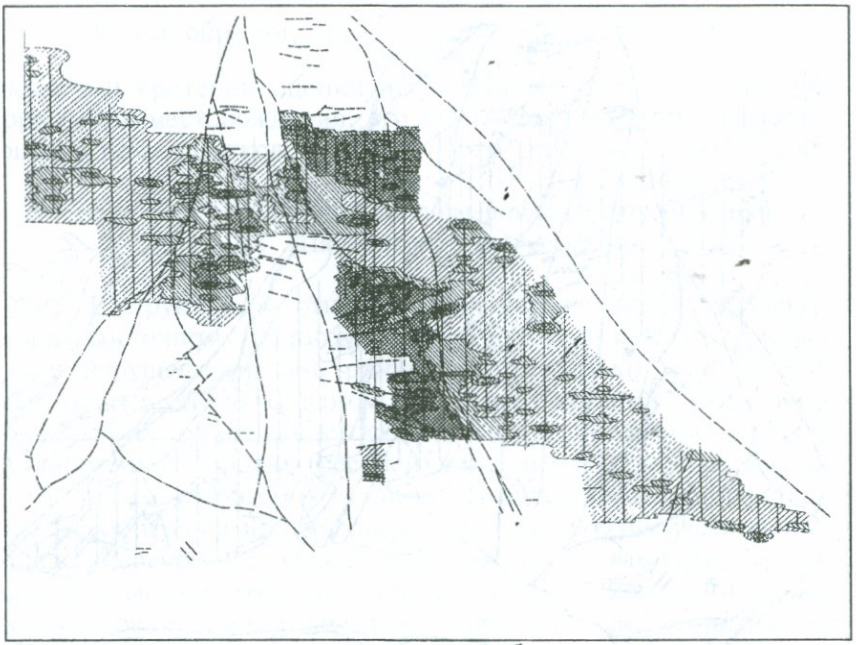


Рис.3.19. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Co \cdot Mo \cdot Sn \cdot V}$ Шаумянского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.18, 3.19

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-валунногалечные образования древних террас. 3.-потоки базальтов (Q). 4-андезиты и андезито-базальты (J_3ox_2-km). 5-туфоконгломераты (J_3ox_2-km). 6-вулканомиктовые песчаники и туфопесчаники (J_3ox_2-km). 7-известняки (J_3ox-km). 8-вулканомиктовые песчаники и туфопесчаники с конгломератами в основании (J_3ox_2-km). 9-лавобрекчии и туфы кварцевых андезито-дацитов (J_2b_2). 10-кварцевые андезито-дациты (J_2b_2). 11-эффузивно-пирокластические образования смешанного состава (J_2b_2). 12-лавы и лавобрекчии эпидотизированных андезитов и андезито-базальтов (J_2b_1). 13-кварцевые андезито-дациты (алуниты) (J_2b_2). 14-габбро-диабазы. 15-диабазы - диабазовые порфириты. 16-андезиты. 17-крупные разрывные нарушения. 18-мелкие разрывные нарушения. 19-проекции рудных тел на поверхности. 20-жилы кварц-пиритового состава. 21-интервалы опробования.

22-25-величины коэффициента зональности $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Co \cdot Mo \cdot Sn \cdot V}$: 22-(0,0001-0,01) $\cdot 10^3$; 23-(0,01-10,0) $\cdot 10^3$; 24-(10,0-1000,0) $\cdot 10^3$; 25->1000 $\cdot 10^3$.

(рис.3.20). Приближенно-количественным спектральным анализом мономинеральных фракций установлено, что основные элементы-индикаторы оруденения фиксируются повышенными концентрациями в золотосодержащих минералах. Наиболее близким элементом-индикатором Au является Cu, между которыми установлена очень тесная положительная корреляционная связь (+0,90), затем по степени убывания силы корреляционной связи между содержаниями Au и других элементов идут Ag (+0,84), Zn (+0,71), As (+0,68), Pb(+0,65), Ba (+0,50), Cd (+0,38), Ni (+0,27), V (+0,18), Sn (+0,18), Mo (+0,13), Cr (+0,11) и наиболее слабая связь установлена между Au и Co (+0,10). Величины коэффициентов корреляции усреднены по 17 выборкам, из общего числа 760 геохимических проб.

Интенсивность. В непосредственной близости от рудных тел в пределах зон интенсивного гидротермального изменения вмещающих пород установлены максимальные концентрации Ag (более $45 \cdot 10^{-5}$), Zn (>$45 \cdot 10^{-2}$), Pb и Cu (>$45 \cdot 10^{-3}$), As (>$9 \cdot 10^{-2}$), Ba ($6 \cdot 10^{-2}$), Sn ($20 \cdot 10^{-4}$), Mo (>$4{,}5 \cdot 10^{-4}$), Ni ($3 \cdot 10^{-3}$), Co (>$45 \cdot 10^{-4}$), Cr (>$9 \cdot 10^{-3}$), Cd (>$9 \cdot 10^{-4}$) и V (>$15 \cdot 10^{-3}$) (рис.3.20). По мере удаления от рудных тел концентрация элементов в ореолах понижается и на далеких флангах месторождения доходит до их фоновых содержаний. Интенсивные ореолы обнаружены и в верхнеюрских образованиях, в которых величина Кз достигает (10-1000) $\cdot 10^3$ (рис.3.19). Эти ореолы являются продолжением ореолов, развитых вокруг рудных тел, расположенных в породах средней юры (рис.3.20 - 3.22).

Размеры. Рудные тела, несмотря на свою небольшую мощность, создают широкие и протяженные геохимические ореолы (рис.3.19). Вертикальная протяженность ореолов Ag, Zn, Ba, Pb, As и Cu достигает 60-120 м от верхней кромки скрытых рудных тел. Ширина ореолов равна 100-180 м, что отчетливо фиксируется на разведочных горизонтах. По простиранию ореолы протягиваются на несколько сот метров, некоторые из них по зонам трещиноватости и дробления пород сливаются и прослеживаются от западных до восточных флангов месторождения

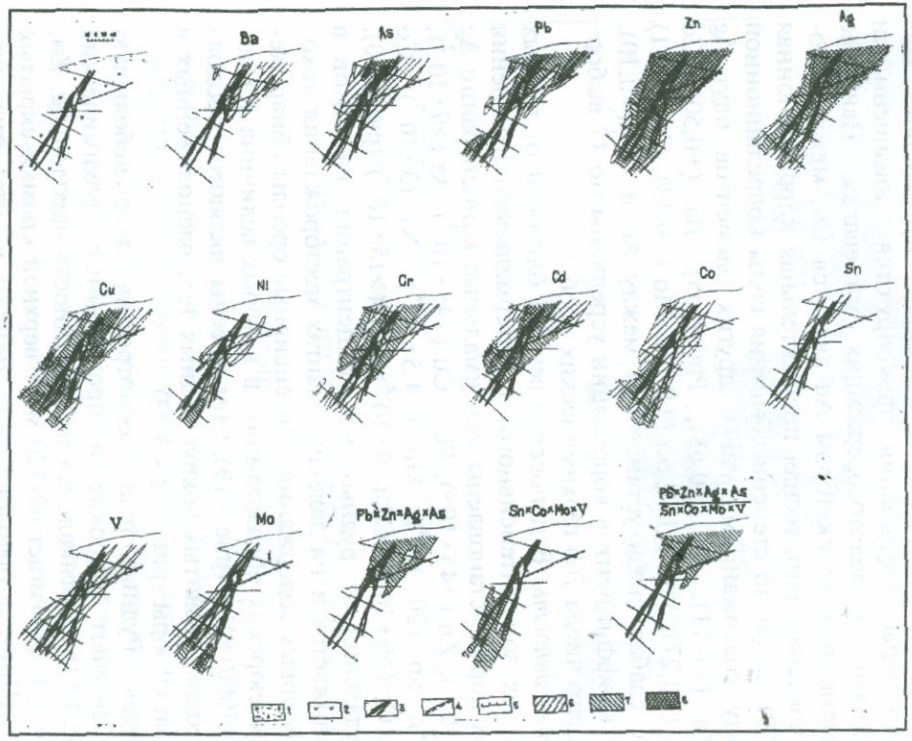


Рис.3.20. Первичные геохимические ореолы Шаумянского месторождения (разрез I-I)

Подпись к рис.3.20

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-кварцевые андезито-дацитовые порфириты. 3-рудные тела. 4-тектонические нарушения. 5-интервалы опробования. 6-8-содержания элементов: 6-Ba - $(1\text{-}3)\cdot10^{-2}$; As - $(1\text{-}3)\cdot10^{-2}$; Pb, Cu - $(5\text{-}15)\cdot10^{-3}$; Zn - $(5\text{-}15)\cdot10^{-2}$; Ag - $(5\text{-}15)\cdot10^{-5}$; Ni - $(0{,}5\text{-}1{,}5)\cdot10^{-3}$; Cr - $(1\text{-}3)\cdot10^{-3}$; Cd - $(1\text{-}3)\cdot10^{-4}$; Co - $(5\text{-}15)\cdot10^{-4}$; Sn - $>3\cdot10^{-4}$; V - $>15\cdot10^{-3}$; Mo - $(0{,}5\text{-}1{,}5)\cdot10^{-4}$%; 7-Ba - $>3\cdot10^{-2}$; As - $(3\text{-}10)\cdot10^{-2}$; Pb, Cu - $(15\text{-}45)\cdot10^{-3}$; Zn - $(15\text{-}45)\cdot10^{-2}$; Ag - $(15\text{-}45)\cdot10^{-5}$; Ni - $>1{,}5\cdot10^{-3}$; Cr - $>3\cdot10^{-3}$; Cd - $(3\text{-}9)\cdot10^{-4}$; Co - $(15\text{-}45)\cdot10^{-4}$; Mo - $(1{,}5\text{-}4{,}5)\cdot10^{-4}$; $Pb\cdot Zn\cdot Ag\cdot As$ - $>100000\cdot10^{-12}$; $Sn\cdot Co\cdot Mo\cdot V$ - $>1000\cdot10^{-15}$%; $\frac{Pb\cdot Zn\cdot Ag\cdot As}{Co\cdot Mo\cdot Sn\cdot V}$ - $>1000\cdot10^{3}$; 8.-As - $>10\cdot10^{-2}$; Pb, Cu - $>45\cdot10^{-3}$; Zn - $>45\cdot10^{-2}$; Ag - $>45\cdot10^{-5}$; Cd - $>9\cdot10^{-4}$; Co - $>45\cdot10^{-4}$; Mo - $>45\cdot10^{-4}$%.

(рис.3.19).

Формирование на поверхности широких ореолов объясняется тем, что скрытые рудные тела часто разветвляются, сопрягаются, образуя зоны сближенных крутопадающих жил.

Морфология. Крутопадающие рудные тела на месторождении в плане создают ореолы овальной формы, вытянутой по простиранию рудных тел. Обычно на поверхности формируются ореолы лентообразной формы, местами расширяясь, что соответствует сочленению рудных тел на глубине (рис.3.19, 3.22). Эта особенность ореолов имеет большое практическое значение, т.к. оконтуривая геохимические ореолы на поверхности или на глубоких горизонтах месторождения можно судить о морфологических особенностях скрытых тел, находящихся на глубине 60-120 м от исследуемого среза геохимической аномалии.

В поперечном разрезе ореолы имеют форму развернутого веера, расширяющегося кверху для надрудных ореолов и книзу для подрудных (рис.3.20). Ореолы Cu, Cd и Cr повторяют форму рудных тел по всему восстанию.

Зональность. Вертикальная зональность в строении первичных геохимических ореолов месторождения изучалась по трем поперечным разрезам: I-I, II-II, III-III (Безирганов, 1981). Наиболее широкие и интенсивные ореолы в верхних частях разрезов создают Pb, Zn, Ag и As, где максимальные содержания

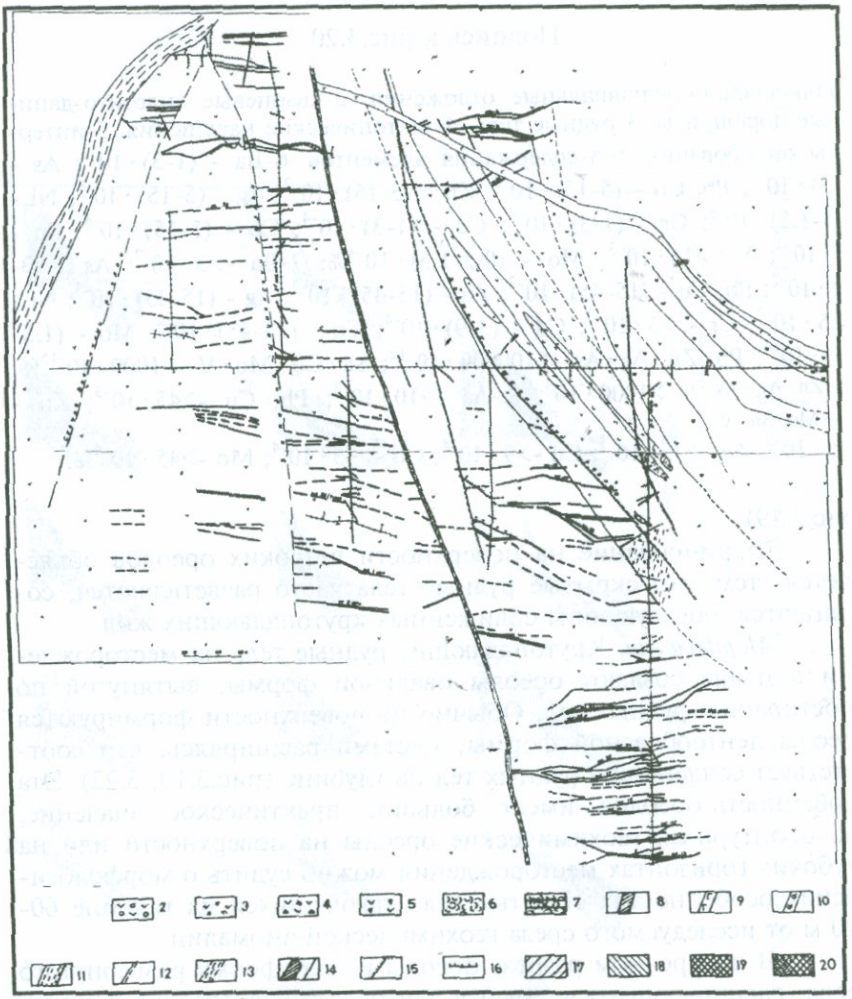


Рис.3.21. Геологический план горизонта 820 м Шаумянского месторождения

соответственно равны $>45 \cdot 10^{-3}$, $>45 \cdot 10^{-2}$, $>45 \cdot 10^{-5}$ и $>9 \cdot 10^{-2}$%. С глубиной размеры ореолов этих элементов сокращаются, интенсивность слабеет. По расположению в пространстве и разме-

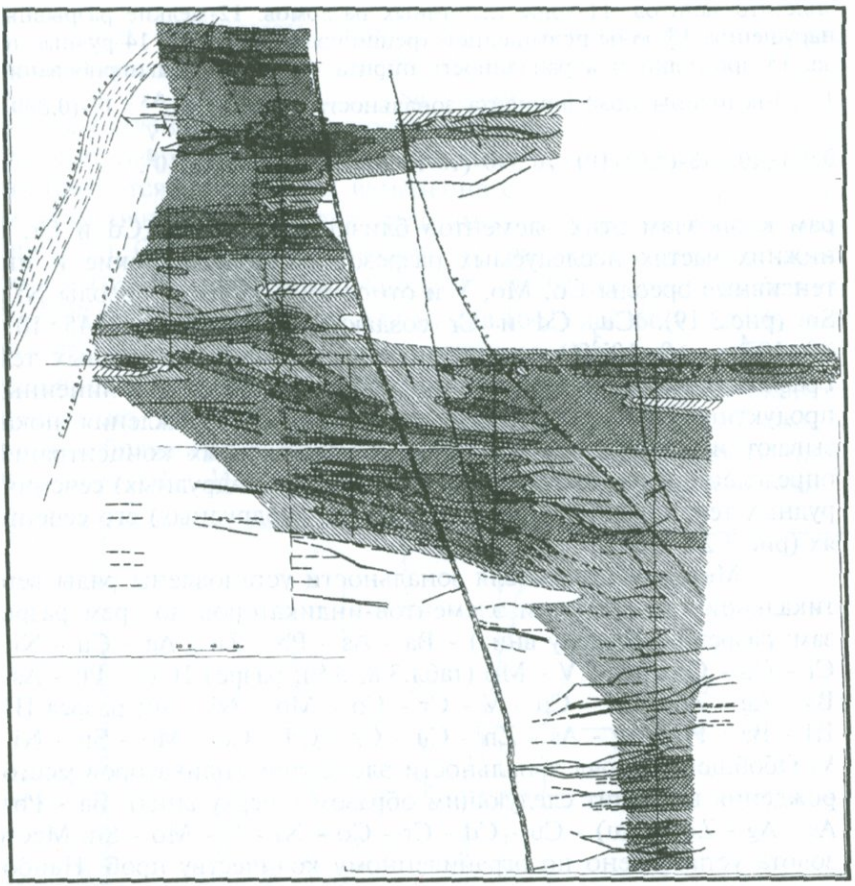


Рис.3.22. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Co \cdot Mo \cdot Sn \cdot V}$ Шаумянского месторождения (горизонт 820 м)

Подписи к рис.3.21, 3.22

2-туфоконгломераты с прослоями диабазовых порфиритов. 3-кварцевые андезито-дациты. 4-гидротермальные брекчии (псевдобрекчии) кварцевых андезито-дацитов. 5-вулканические брекчии кварцевых андезито-дацитов. 6-туфы нерасчлененные, неслоистые. 7-туфы нерасчлененные, слоистые. 8-дайки диабаза. 9-дайки габбро-диабаза. 10-дайки кварцевых

андезито-дацитов. 11-зоны глубинных разломов. 12-мелкие разрывные нарушения. 13-зоны повышенной трещиноватости пород. 14-рудные тела. 15-прожилки и вкрапленность пирита. 16-интервалы опробования. 17-20-величины коэффициента зональности $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Co \cdot Mo \cdot Sn \cdot V}$: 17-(0,0001-0,01) $\cdot 10^3$; 18-(0,01-10) $\cdot 10^3$. 19-(10-1000) $\cdot 10^3$. 20->1000 $\cdot 10^3$.

рам к ореолам этих элементов близки ореолы Ba, Cd и Cr. В нижних частях исследуемых разрезов развиты широкие и интенсивные ореолы Co, Mo, V и относительно узкие ореолы Ni и Sn (рис.3.19). Cu, Cd и Cr создают интенсивные (>45 $\cdot 10^{-3}$, >9 $\cdot 10^{-4}$ и >9 $\cdot 10^{-3}$%) ореолы по всему восстанию рудных тел. Графики изменения с глубиной средних содержаний и линейных продуктивностей элементов-индикаторов месторождения показывают избирательное накопление повышенных концентраций определенной группы элементов в верхних (надрудных) сечениях рудных тел, другой группы - в нижних (подрудных) его сечениях (рис.3.23, 3.24).

Методом показателя зональности установлены ряды вертикальной зональности элементов-индикаторов по трем разрезам: разрез I-I (сверху вниз) - Ba - As - Pb - Zn - Ag - Cu - Ni - Cr - Cd - Co - Sn - V - Mo (табл.3.8, 3.9); разрез II-II - Pb - As - Ba - Ag - Zn - Cd - Cu - V - Cr - Co - Mo - Ni - Sn; разрез III-III - Ba - Pb - Ag - As - Zn - Cu - Cr - Cd - Co - Mo - Sn - Ni - V. Обобщенный ряд зональности элементов-индикаторов месторождения выглядит следующим образом (сверху вниз): Ba - Pb - As - Ag - Zn - (Au) - Cu - Cd - Cr - Co - Ni - V - Mo - Sn. Место золота установлено по ограниченному количеству проб. Наиболее важными элементами-индикаторами зональности ореолов, используемыми для оценки уровня эрозионного среза геохимических аномалий, будут элементы, максимально удаленные друг от друга в ряду зональности, Ba - Pb - Zn - Ag - As (надрудные) и Sn - Co - Ni - Mo - V (подрудные), поскольку отношения параметров ореолов подобных пар элементов с глубиной меняются более контрастно и поэтому более надежны в практическом отношении. Таким образом, надрудными элементами-индикаторами являются Ba, Pb, Zn, Ag и As , подрудными - Sn, Co, Ni, Mo и V.

Эта зональность более четко проявляется в строении мультипликативных ореолов $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$, которые характеризуются усилением контрастности зональности ореолов (рис.3.20). Сужение надрудных ореолов на глубину и подрудных кверху иллюстрируется на графиках изменения с глубиной средних мультипликативных показателей надрудных и подрудных элементов (рис.3.25). С глубиной, например, по разрезу I-I средняя мультипликативная величина надрудных элементов уменьшается от $1704090{,}0 \cdot 10^{-12}$% (горизонт 850 м, скв.1643) до $766{,}9 \cdot 10^{-12}$% (горизонт 660 м, скв.1655), а для подрудных элементов, наоборот, увеличивается от $48{,}5 \cdot 10^{-15}$% до $1215 \cdot 10^{-15}$%. Ореолы, оконтуренные по величине Кз, характеризуются высокой контрастностью, большими размерами и развитием в верхних частях разрезов (рис.3.20). Изменение с глубиной (190 м) средней величи-

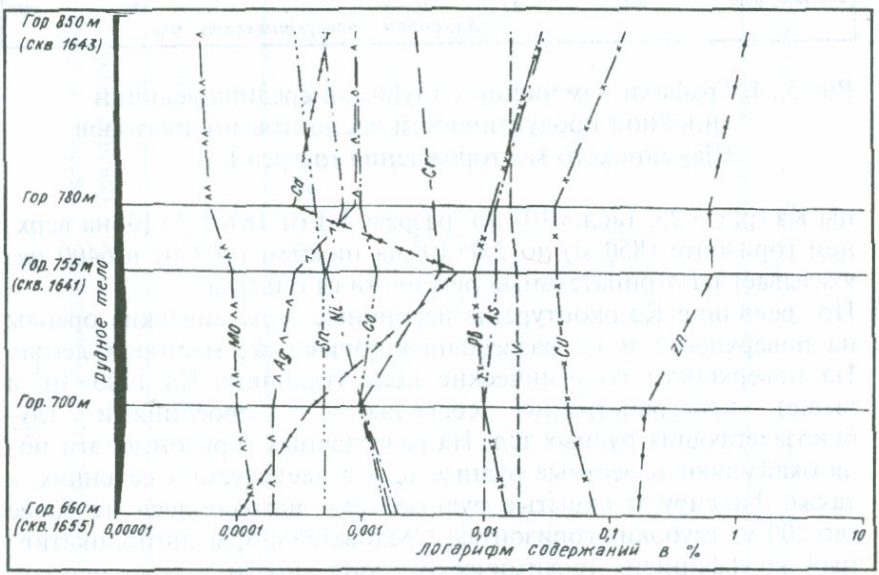


Рис.3.23. Графики изменения с глубиной средних содержаний элементов-индикаторов Шаумянского месторождения (разрез I-I)

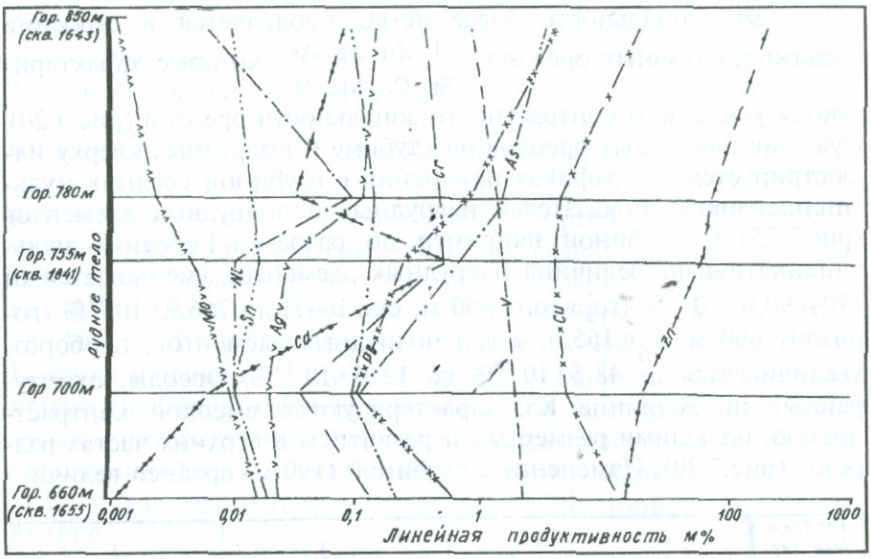


Рис.3.24. Графики изменения с глубиной средних величин линейной продуктивности элементов-индикаторов Шаумянского месторождения (разрез I-I)

ны Кз (рис.3.25, табл.3.10) по разрезу I-I от $18741{,}7 \cdot 10^3$ на верхнем горизонте (850 м) до $2{,}9 \cdot 10^3$ на нижнем (660 м) в 6400 раз указывает на отрицательные перспективы объекта.

По величине Кз оконтурены первичные геохимические ореолы на поверхности и на разведочных горизонтах месторож-дения. На поверхности геохимические поля (величина Кз $1000 \cdot 10^3$ и выше) пространственно совпадают с проекциями глубокозалегающих рудных тел. На разведочных горизонтах эти поля окаймляют известные рудные тела в исследуемых сечениях, а также фиксируют скрытые рудные тела, находящиеся на более (до 200 м) глубоких горизонтах. Следовательно, мультипликативный коэффициент геохимической зональности можно использовать как надежный критерий для оценки перспектив рудоносности геохимических аномалий при поисках скрытого эндогенного оруденения данного типа, а также оценки уровня эрозионного среза рудных тел и определения на этой основе их перспек-

Таблица 3.8

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов Шаумянского месторождения (разрез I-I)

Уровни ореолов	Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%												
	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Cd	Pb	As	Sn	Mo
Гор.850 м (скв.1643)	1,8	0,35	0,8	0,005	0,086	20,8	0,14	201,3*	0,084	4,5	3,75	0,009	0,001
Гор.780 м (шт.1, ствол, южный квершлаг)	0,4	0,47	1,28	0,084	0,12	4,44	0,104	72,5	0,032	0,88	1,32	0,012	0,0024
Гор.755 м (скв.1641)	-	0,45	1,52	0,01	0,12	3,99	0,029	61,8	0,57	0,24	0,65	0,015	0,004
Гор.700 м (скв.2301)	-	0,035	1,9	0,01	0,09	4,94	0,02	21,0	0,006	0,1	0,1	0,01	0,009
Гор.660 м (скв.1655)	-	0,135	2,20	0,07	0,22	12,1	0,025	13,6	0,001	0,6	0,08	0,02	0,016
Коэффициент контрастности	-	2,59	0,36	0,07	0,39	1,72	5,6	14,8	84	7,5	46,87	0,45	0,06

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности

Таблица 3.9

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Шаумянского месторождения (разрез I-I)

Элементы	Нормированное значение линейной продуктивности						Показатель зональности				
	Горизонт, м						Горизонт, м				
	Кн	850, скв. 1643	780, шт. 1, ствол	755, скв. 1641	700, скв. 2301	660, скв. 1655	850, скв. 1643	780, шт.1, ствол	755, скв. 1641	700, скв. 2301	660, скв. 1655
Ba	100	180	40	-	-	-	0,078	0,018	-	-	-
Cr	1000	350	470	450	35	135	0,152	0,212	0,25	0,049	0,072
V	100	80	128	152	190	220	0,035	0,058	0,084	0,263	0,118
Ni	10000	50	840	100	100	700	0,022	0,379*	0,056	0,139	0,376
Co	1000	86	120	120	90	220	0,037	0,054	0,067	0,125	0,118
Cu	10	208	44,4	39,9	49,4	121	0,09	0,02	0,022	0,069	0,065
Ag	1000	140	104	29	20	25	0,061	0,047	0,016	0,028	0,013
Zn	1	201,3	72,5	61,8	21,0	13,6	0,087	0,033	0,034	0,029	0,007
Cd	1000	84	32	570	6	1	0,037	0,015	0,316	0,008	0,001
Pb	100	450	88	24	10	60	0,195	0,04	0,13	0,014	0,032
As	100	375	132	65	10	8	0,163	0,06	0,036	0,014	0,004
Sn	10000	90	120	150	100	200	0,039	0,054	0,083	0,137	0,107
Mo	10000	10	24	40	90	160	0,004	0,011	0,022	0,125	0,086
Сумма		2304,3	2214,9	1801,7	721,4	1863,6					

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения показателя зональности

Таблица 3.10

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Шаумянского месторождения (разрез I-I)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, % $Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As$	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, % $Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V$	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$
Гор.850 м (скв.1643)	$1704090{,}0 \cdot 10^{-12}$	$48{,}5 \cdot 10^{-15}$	$18741{,}7 \cdot 10^{3}$
Гор.780 м (шт.1, ствол)	$68070{,}0 \cdot 10^{-12}$	$186{,}5 \cdot 10^{-15}$	$526{,}7 \cdot 10^{3}$
Гор.755 м (скв.1641)	$2458{,}0 \cdot 10^{-12}$	$523{,}5 \cdot 10^{-15}$	$9{,}75 \cdot 10^{3}$
Гор.700 м (скв.2301)	$480{,}5 \cdot 10^{-12}$	$375{,}3 \cdot 10^{-15}$	$1{,}86 \cdot 10^{3}$
Гор.660 м (скв.1655)	$766{,}9 \cdot 10^{-12}$	$1215{,}0 \cdot 10^{-15}$	$2{,}9 \cdot 10^{3}$
Коэффициент контрастности	2222	0,03	6462,65

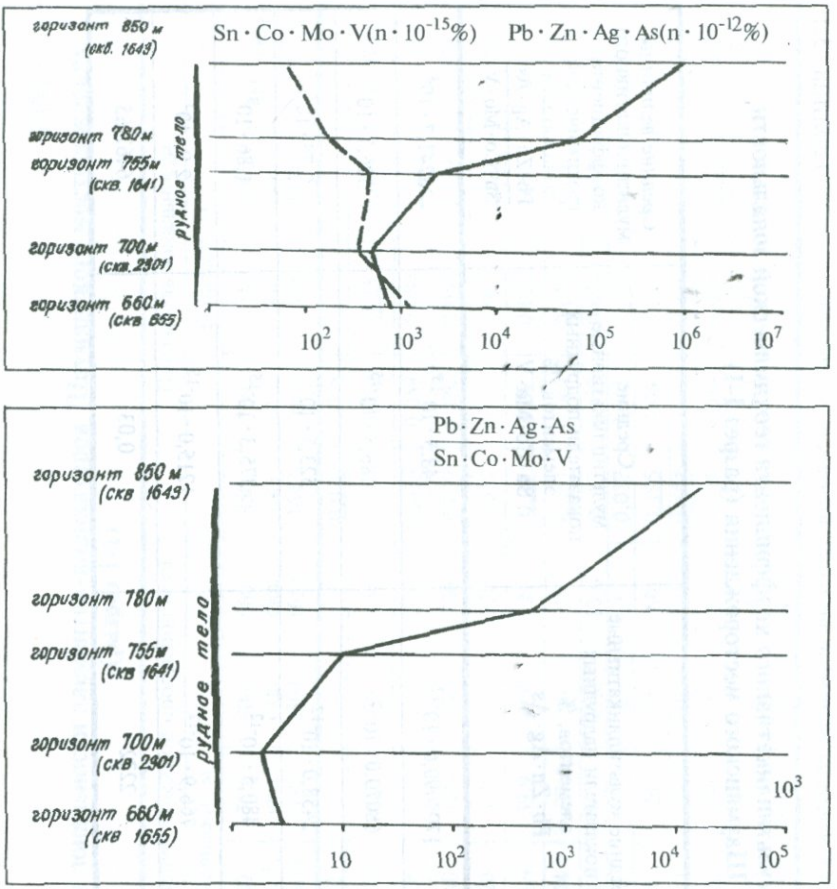


Рис.3.25. Графики изменения с глубиной средних мультипликативых показателей и коэффициента геохимической зональности Шаумянского месторождения (разрез I-I)

тив на глубину.

Установленный критерий использован для оценки перспектив рудоносности глубоких горизонтов (ниже 700 м) месторождения и его ближайших флангов.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий производить по величине

мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$.

3.1.1.2.2. Личкваз-Тейское месторождение

Рудовмещающими породами месторождения являются андезито-дацитовые порфириты и гранодиориты (рис.3.26). Оруденение контролируется зонами трещиноватости и дробления пород, оперяющих разрывные нарушения. Рудные тела представлены крутопадающими жилами скрытого типа, реже зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Мощность рудных зон, вмещающих золоторудные жилы, колеблется в пределах 2-7 м. Околорудные изменения выражены в окварцевании, карбонатизации и серицитизации вмещающих пород. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, теннантит, тетраэдрит, самородное золото, марказит, пирротин, молибденит и др.; нерудные - кварц, кальцит.

Особенности геохимических ореолов изучались на поверхности месторождения и на горизонте штольни 25. Всего отобрано 513 проб.

Элементный состав. На месторождении выявлены геохимические ореолы широкого круга элементов-индикаторов - Zn, Pb, Ag, Cu, Ba, Sn, Mo, Ni, Co и Mn (рис.3.27-3.30). Выбор наиболее эффективных элементов для оценки перспектив рудоносности геохимических аномалий проводился по результатам минералого-геохимических исследований руд и корреляционного анализа между содержаниями элементов-индикаторов.

Спектральным и химическим анализами установлено, что основными привносимыми элементами-индикаторами оруденения являются Au, Ba, Ag, Cu, Zn, Pb, Te и др., выносимыми - Co, Mn, Ni.

Результатами корреляционного анализа установлено, что наиболее тесную положительную связь проявляет пара Au - Pb (+0,98), далее по степени уменьшения силы и изменения характера связи идут Au - Cu (+0,94), Au - Zn (+0,78), Au - Ag (+0,72), Au - Ba (+0,12), Au - Mo (-0,10), Au - Sn (-0,12), Au - Mn (-0,20), Au - Co (-0,47), Au - Ni (-0,58). Учитывая храктер корреляционных связей элементов с золотом, составлен ряд ин-

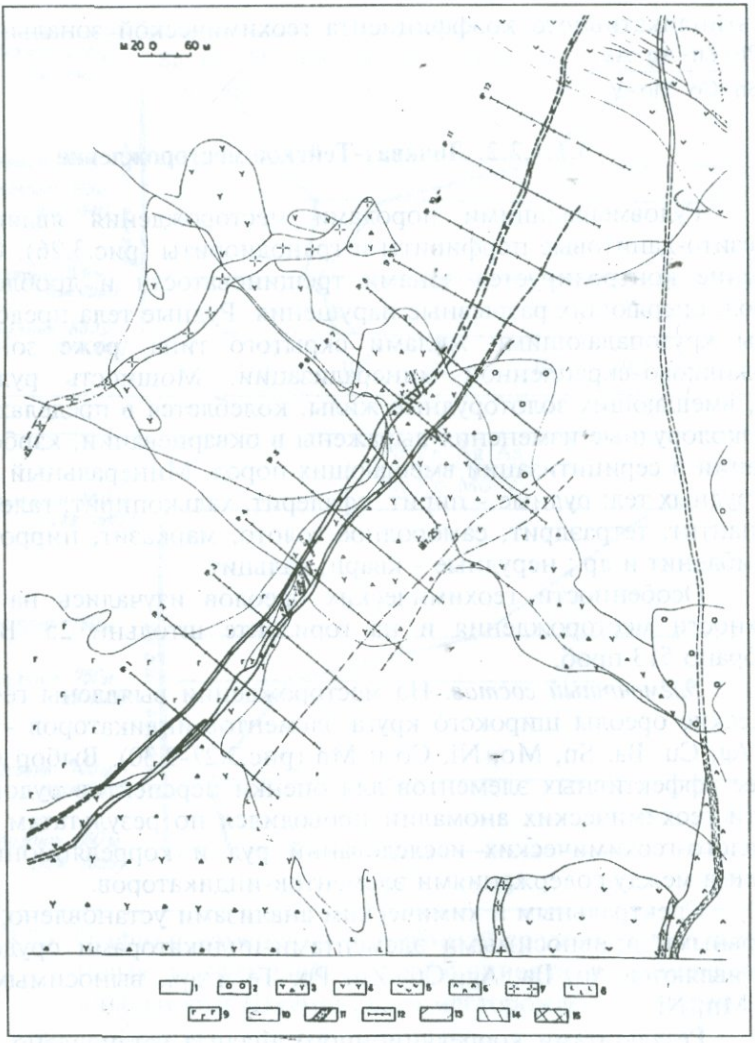


Рис.3.26. Геологическая карта Личкваз-Тейского месторождения (Тунян, 1980)

дикаторной значимости элементов: Au, Pb, Cu, Zn, Ag, Ba, Mo, Sn, Mn, Co и Ni. Наиболее тесно Au связано с Pb, Cu, Zn и Ag;

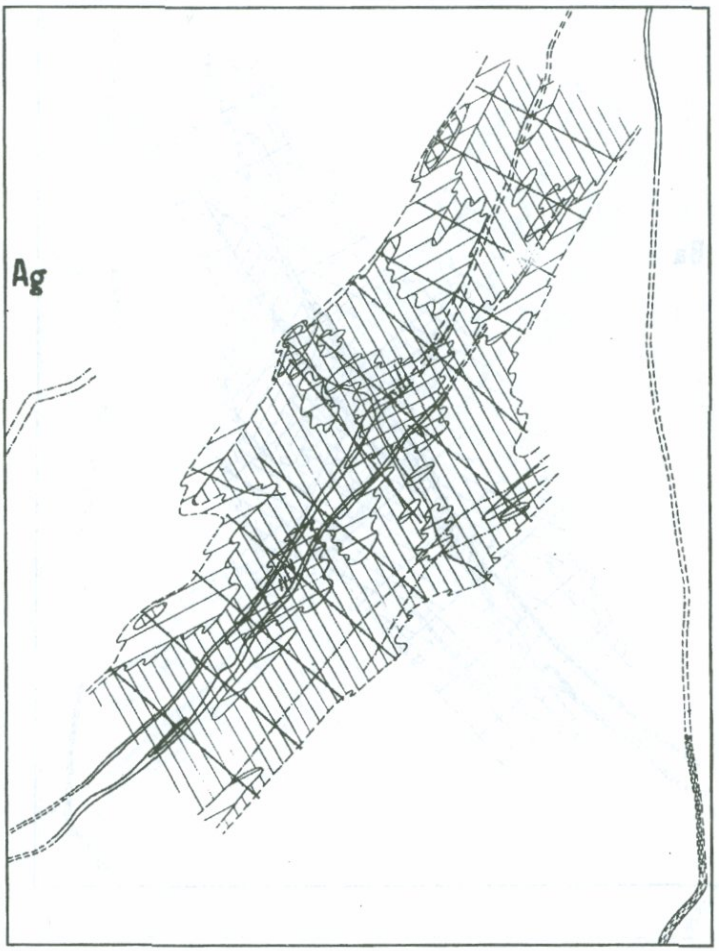


Рис.3.27. Первичные геохимические ореолы серебра Личкваз-Тейского месторождения (поверхность)

очень слабая положительная связь установлена для пары Au - Ba; тесная отрицательная связь между Au и элементами выщелачивания - Mn, Co и Ni. Привносимые элементы-индикаторы проявляют между собой очень тесную положительную корреляционную связь, за исключением бария; тесная положительная

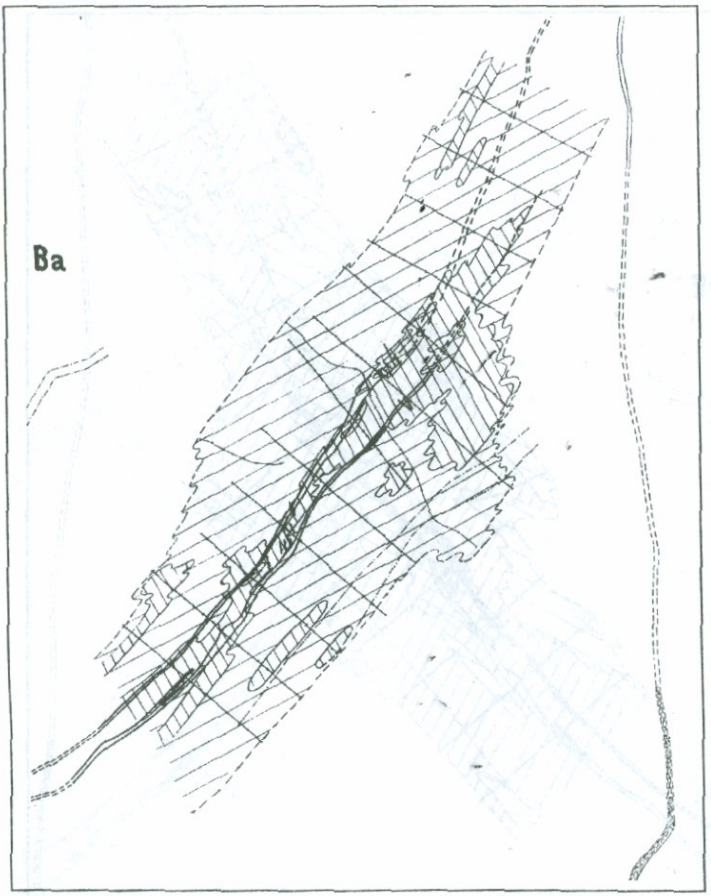


Рис.3.28. Первичные геохимические ореолы бария Личкваз-Тейского месторождения (поверхность)

связь установлена между содержаниями выщелачиваемых элементов (Mn, Co, Ni). Обратная (отрицательная) связь установлена между элементами двух групп - привносимых и выщелачиваемых. Таким образом, основными привносимыми элементами-индикаторами золотого оруденения являются Au, Pb, Cu, Ag, Zn и Ba, выносимыми (выщелачиваемыми) - Mn, Co, Ni.

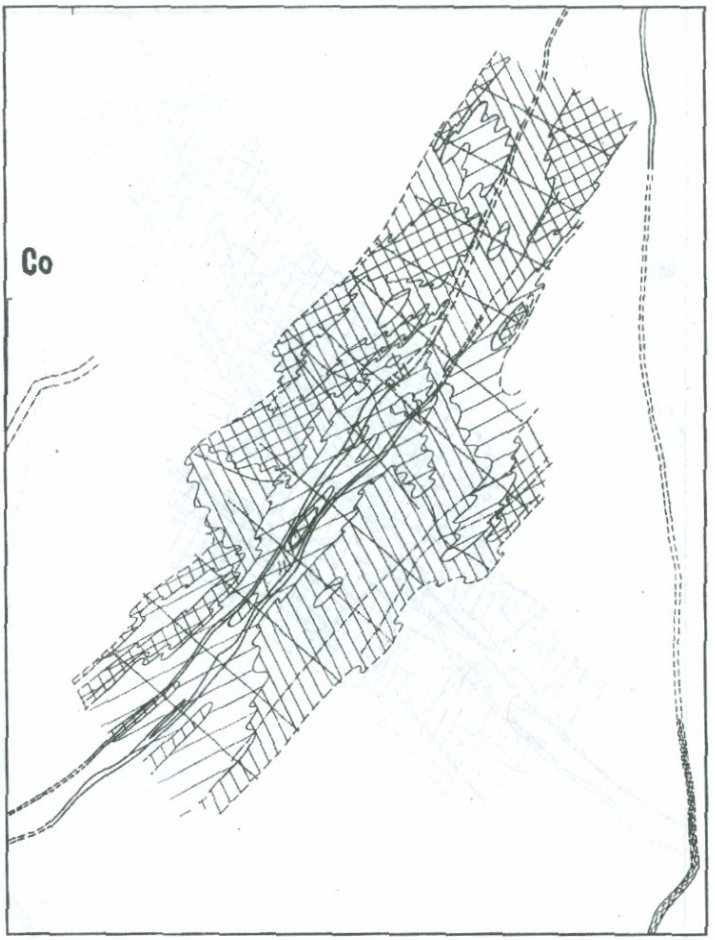


Рис.3.29. Первичные геохимические ореолы кобальта Личкваз-Тейского месторождения (поверхность)

Интенсивность. Концентрация элементов в геохимических ореолах характеризуется неравномерным распределением. Ореолы привносимых элементов-индикаторов окаймляют скрытые золоторудные тела и на поверхности проявляются высокими содержаниями Ag - $>10 \cdot 10^{-5}$ (рис.3.27), Cu - $>50 \cdot 10^{-3}$, Zn -

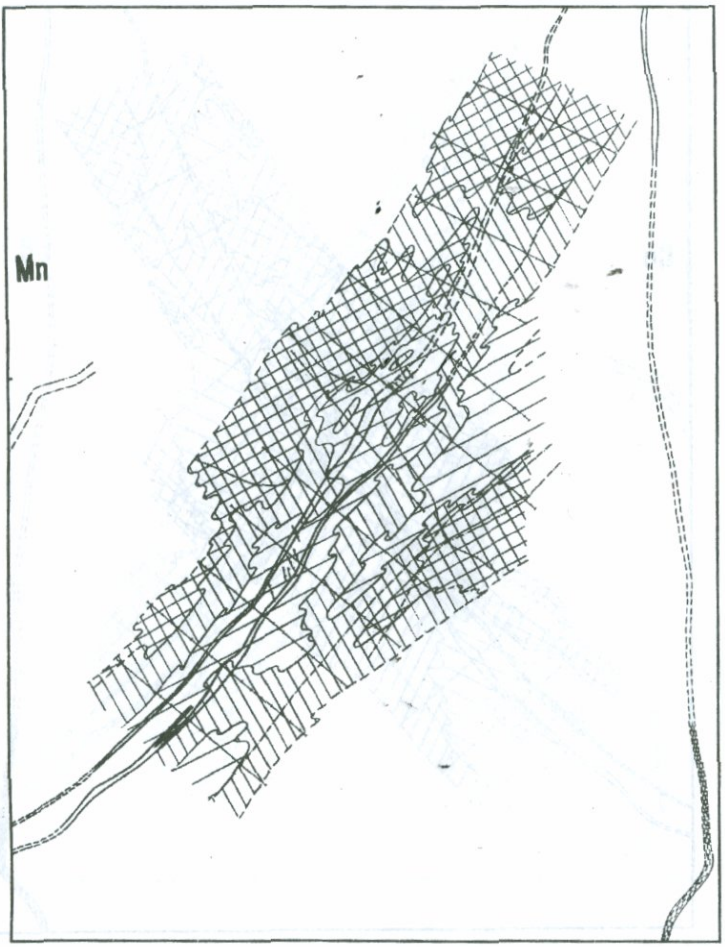


Рис.3.30. Первичные геохимические ореолы марганца Личкваз-Тейского месторождения (поверхность)

$>5 \cdot 10^{-2}$, Pb - $>10 \cdot 10^{-3}$, Ba - $>10 \cdot 10^{-2}$% (рис.3.28). Выносимые элементы в пределах тех же зон характеризуются нижефоновыми содержаниями: Mn - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$ (рис.3.30), Ni - $(0{,}1\text{-}1) \cdot 10^{-3}$, Co - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$% (рис.3.29).

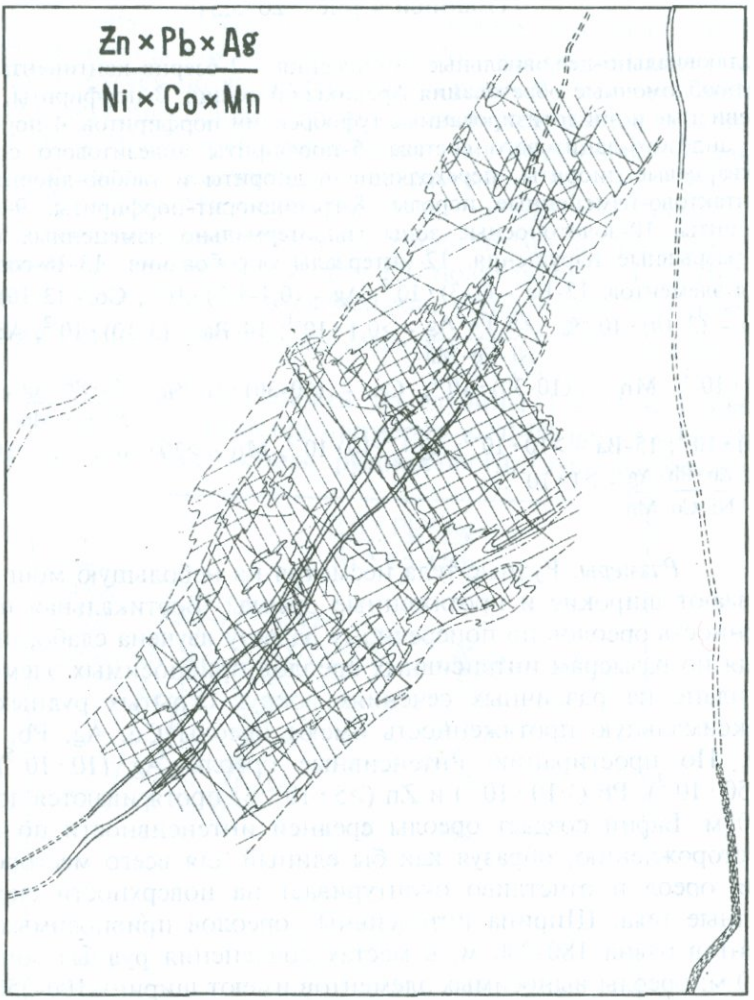


Рис.3.31. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$
Личкваз-Тейского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.26-3.31

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-озерно-континентальные грубообломочные образования Аревикской толщи. 3-порфириты, брекчиевидные и эпидотизированные туфобрекчии порфиритов. 4-порфириты андезито-дацитового состава. 5-порфириты андезитового состава. 6-кварцевые диориты, переходящие в диориты и габбро-диориты. 7-контактово-измененные породы. 8-гранодиорит-порфириты. 9-гранодиориты. 10-золотоносные зоны гидротермально измененных пород. 11-разрывные нарушения. 12-интервалы опробования. 13-16-содержания элементов: 13-Ba - $(1\text{-}3)\cdot10^{-2}$; Ag - $(0{,}1\text{-}1{,}0)\cdot10^{-5}$; Co - $(3\text{-}10)\cdot10^{-4}$; Mn - $(3\text{-}10)\cdot10^{-2}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ - $>0{,}1\cdot10^{-1}$; 14-Ba - $(3\text{-}10)\cdot10^{-2}$; Ag - $(1\text{-}10)\cdot10^{-5}$; Mn - $(10\text{-}30)\cdot10^{-2}$; Co - $(10\text{-}30)\cdot10^{-4}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ - $(0{,}1\text{-}1{,}0)\cdot10^{-1}$; 15-Ba - $>10\cdot10^{-2}$; Ag - $>10\cdot10^{-5}$; Mn - $>30\cdot10^{-2}$; Co - $>30\cdot10^{-4}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ - $>1\cdot10^{-1}$.

Размеры. Рудные тела несмотря на небольшую мощность, создают широкие и протяженные ореолы. Вертикальная протяженность ореолов по поперечному разрезу изучена слабо, однако судя по размерам интенсивных ореолов привносимых элементов в плане на различных сечениях вокруг скрытых рудных тел, максимальную протяженность имеют ореолы Cu, Ag, Pb, Zn и Ba. По простиранию интенсивные ореолы Ag ($10\cdot10^{-5}$), Cu ($>50\cdot10^{-3}$), Pb ($>10\cdot10^{-3}$) и Zn ($>5\cdot10^{-2}$%) протягиваются до 200-250 м. Барий создает ореолы средней интенсивности по всему месторождению, образуя как бы единый для всего месторождения ореол и отчетливо оконтуривает на поверхности скрытые рудные тела. Ширина интенсивных ореолов привносимых элементов равна 180-200 м, в местах сочленения рудных зон - до 300 м; ореолы выносимых элементов имеют ширину 100-250 м.

Морфология. Форма ореолов согласуется с конфигурацией рудных тел, вокруг которых они развиты. В плане ореолы имеют овальную форму, вытянутую по простиранию рудных тел. Это выражается развитием ореолов в форме узких полос протяженностью до 1000-1200 м.

Зональность. Повышенные концентрации Ba - более $(3\text{-}10)\cdot10^{-2}$, Zn - более $5\cdot10^{-2}$, Pb - более $10\cdot10^{-3}$ и Ag - более

$10 \cdot 10^{-5}$% фиксируются в верхних сечениях разреза и, наоборот, интенсивные ореолы Mn, Mo, Ni и Co - в нижней части разреза; Cu фиксируется по всему восстанию рудных тел с тенденцией к увеличению интенсивности на глубоких горизонтах. По методу показателя зональности установлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): Ag - Ba - Zn - Pb - (Au) - Sn - Cu - Mn - Mo - Ni - Co, где золото установлено по ограниченному количеству проб. Надрудными элементами-индикаторами являются Ag, Ba, Zn, Pb; подрудными - Cu, Mn, Mo, Ni, Co. Используя метод вариантов, установлено, что наиболее контрастно на глубину изменяется Кз $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$, средняя величина которого с поверхности до глубины 1520,0 м (горизонт штольни 25) увеличивается примерно в 80-90 раз (рис.3.32). По этим данным перспективы рудоносности глубоких горизонтов

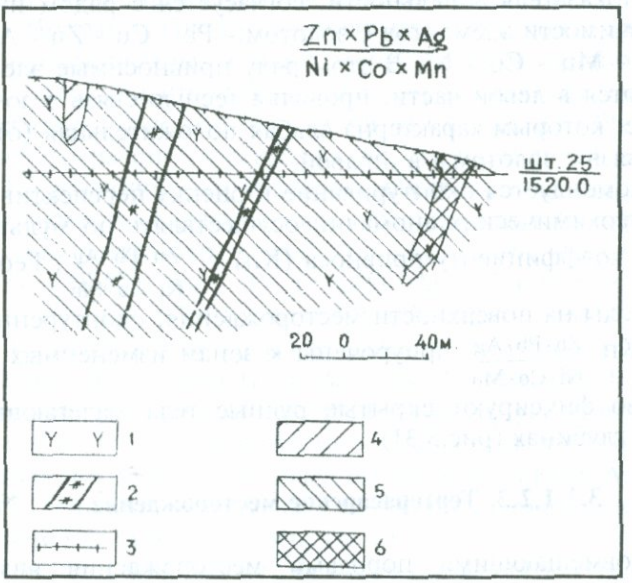


Рис.3.32. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ Личквазтейского месторождения (разрез I-I).

Подпись к рис.3.32

1-порфириты слабо измененные. 2-золотоносные зоны гидротермально измененных раздробленных пород. 3-интервалы опробования. 4-6-величины коэффициента привноса $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$: 4. $0{,}1 \cdot 10^{-1}$, 5. $(0{,}1\text{-}1) \cdot 10^{-1}$, 6. $>1 \cdot 10^{-1}$.

исследуемой рудоносной зоны оцениваются положительно. Коэффициент зональности представлен здесь как коэффициент привноса (Кп), т.к. он отражает мультипликативное отношение привносимых (Zn, Pb, Ag) и выносимых (Ni, Co, Mn) элементов-индикаторов.

Для Личкваз-Тейского месторождения установлено, что ряд вертикальной зональности элементов, установленный по величине показателя зональности, согласуется с рядом индикаторной значимости элементов с золотом - Pb - Cu - Zn - Ag - Ba - Mo - Sn - Mn - Co - Ni. В этом ряду привносимые элементы располагаются в левой части, проявляя тесную связь с золотом; выносимые, которым характерна слабая положительная (отрицательная) связь с золотом - в правой.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий осуществлять по мультипликативному коэффициенту привноса (Кп) - $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$. Геохимические ореолы на поверхности месторождения, оконтуренные по величине Кп $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ приурочены к зонам измененных пород и отчетливо фиксируют скрытые рудные тела, залегающие на различных глубинах (рис.3.31).

3.1.1.2.3. Тертерасарское месторождение

Рудовмещающими породами месторождения являются порфириты, гранодиориты, монцониты (рис.3.33). Оруденение контролируется сопряженными с разрывными нарушениями зонами трещин скола, отрыва и брекчирования пород. Околорудные изменения выражены в серицитизации, каолинизации, хлоритизации и эпидотизации, карбонатизации, турмалинизации,

окварцевании и пиритизации вмещающих пород. В морфологическом отношении рудные тела представлены крутопадающими зонами прожилково-вкрапленной минерализации, вмещающие маломощные скрытые жилы. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, самородное золото, теннантит, тетраэдрит, висмутин, теллуровисмутит, тетрадимит, гессит, сильванит, алтаит; нерудные - кварц, карбонат, серицит и др.

Геохимические исследования проводились на поверхности месторождения и на горизонтах штолен №№1, 4. В результате обработки данных геохимического опробования установлены основные параметры первичных геохимических ореолов.

Элементный состав. Несмотря на небольшую мощность, рудные тела (жилы и зоны) сопровождаются широкими и интенсивными первичными геохимическими ореолами Au, Pb, Ag, Zn, Ba, Sn, Mo, Mn и Ni. В рудах полиметаллической и арсенопиритовой промышленных стадий минерализации установлены основные элементы-индикаторы; Au - от нескольких десятков г/т; Ag - десятки-сотни г/т; Te - 10-30г/т; Cu - до 2%; Pb, Bi и Zn - высокие содержания, а также As, Sb, Ni, Co и др. (Амирян и др., 1982). Корреляционным анализом между содержаниями золота и других элементов установлена следующая связь (в порядке убывания силы и характера связи): Au - Ag (+0,99), Au - Cu (+0,92), Au - Zn (+0,85), Au - Pb (+0,45), Au - Ba (+0,08), Au - Sn (+0,06), Au - Mo (-0,12), Au - Mn (-0,42), Au - Ni (-0,56), Au - Co (-0,61). По силе и характеру связи с золотом установлен ряд индикаторной значимости элементов: Ag, Cu, Pb, Ba, Sn, Mo, Mn, Ni, Co. Этот ряд согласуется с рядом, установленным для Личкваз-Тейского месторождения. Среди этих элементов наиболее тесная положительная связь проявляется между Au и Ag, Cu, Zn и Pb. Отрицательная связь установлена между содержаниями Au и элементами выноса (Mn, Ni и Co).

Установлено также, что элементы каждой генетической группы находятся в положительной связи, различных групп - отрицательной связи.

Наиболее эффективными привносимыми элементами-индикаторами являются Ag, Cu, Zn, Pb и в меньшей степени - Ba; выносимыми - Mn, Ni, Co.

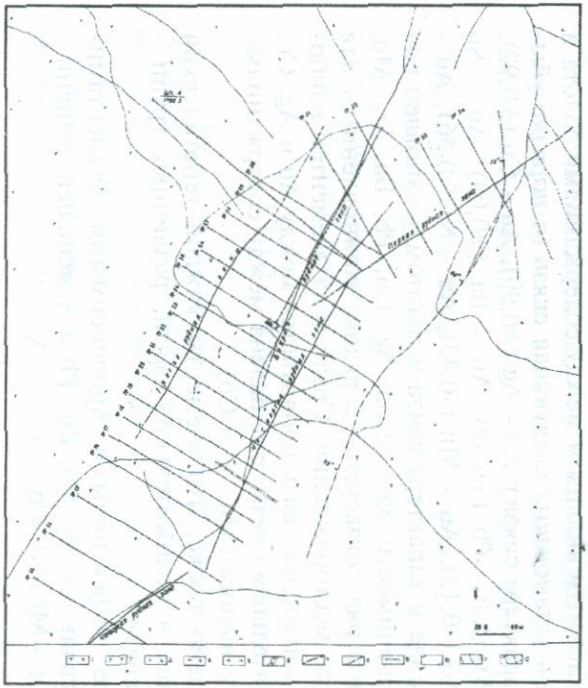


Рис.3.33. Геологическая карта Тертерасарского месторождения (Туманян, 1980)

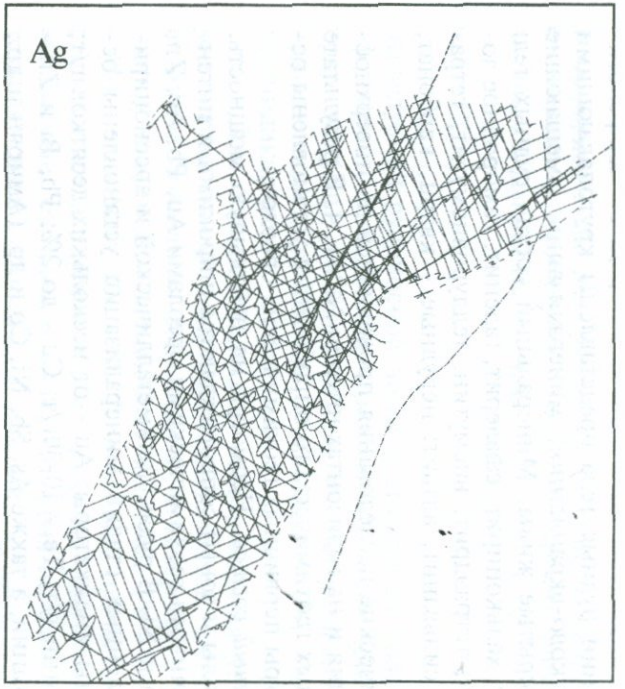


Рис.3.34. Первичные геохимические ореолы серебра Тертерасарского месторождения (поверхность)

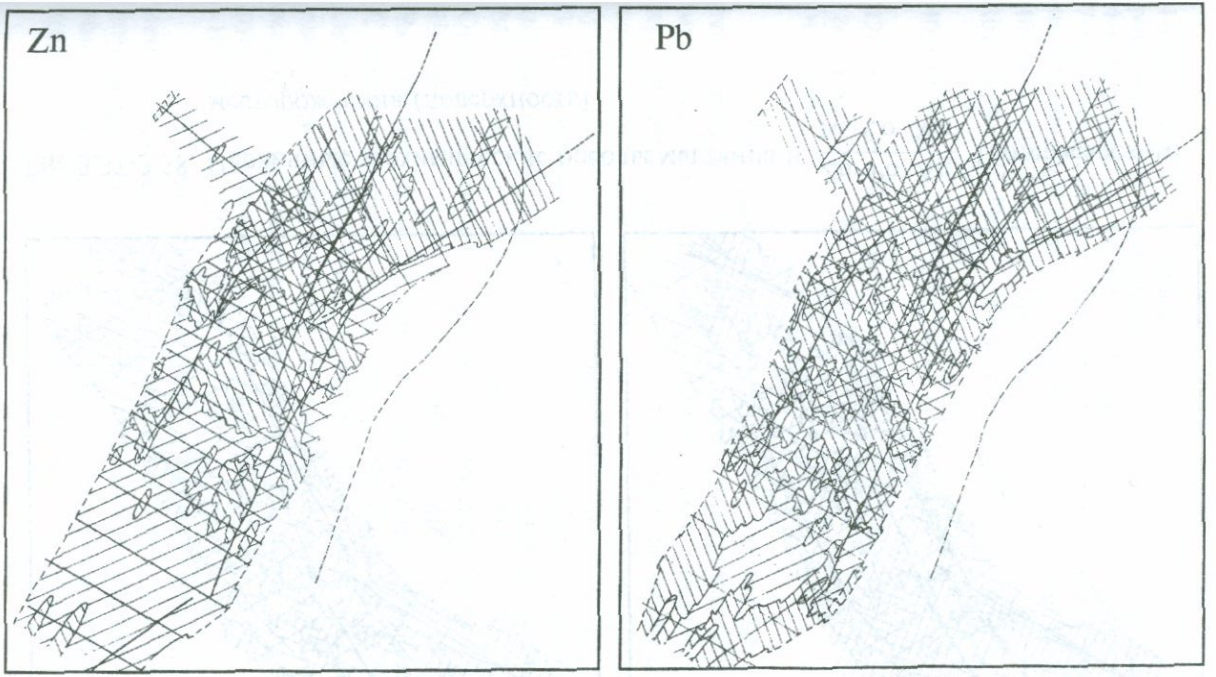


Рис.3.35-3.36. Первичные геохимические ореолы цинка и свинца Тертерасарского месторождения (поверхность)

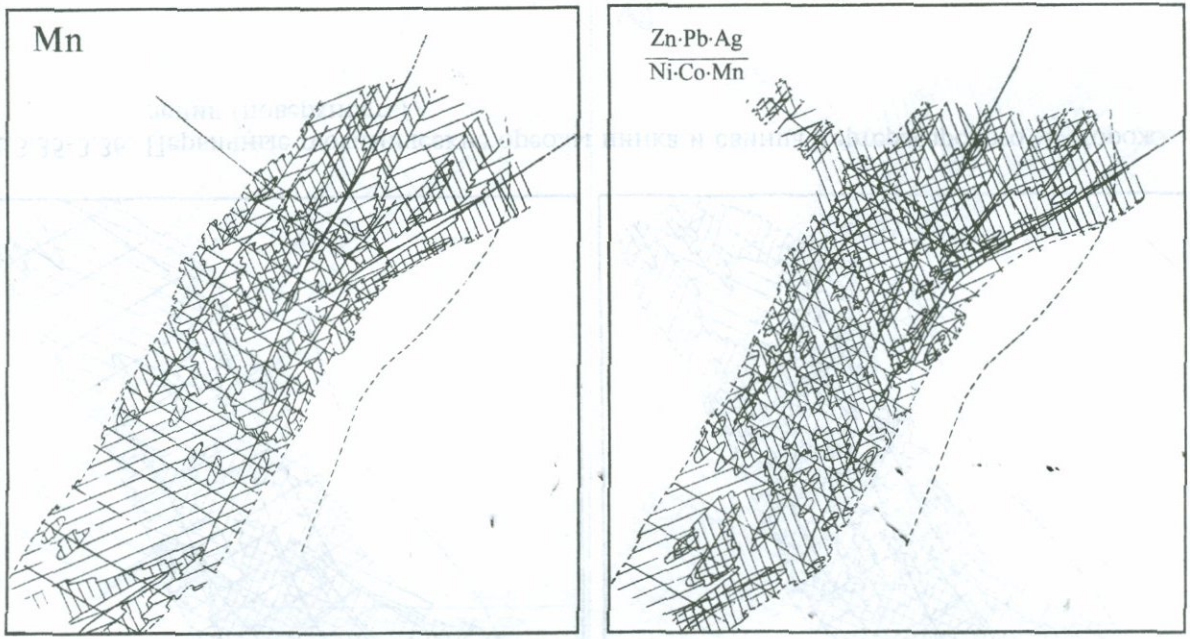


Рис.3.37-3.38. Первичные геохимические ореолы марганца и $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ Тертерасарского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.31-3.38

1-порфириты измененные, частично окварцованные. 2-граниты порфировидные. 3-гранит-гранодиорит-порфиры, турмалинизированные. 4-монцониты. 5-габбро. 6-дайки. 7-дайки диабазовых порфиритов. 7-оруденелые зоны гидротермально измененных пород. 8-разрывные нарушения. 9-интервалы опробования. 10-12-содержания элементов: 10-Zn - $(0,5\text{-}1,5)\cdot 10^{2}$; Ag -$(0,1\text{-}1,0)\cdot 10^{-5}$; Pb - $(1\text{-}3)\cdot 10^{-3}$; Mn - $(3\text{-}10)\cdot 10^{-2}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ ->$0,1\cdot 10^{-1}$. 11.-Zn - $(1,5\text{-}5,0)\cdot 10^{-2}$; Ag - $(1\text{-}10)\cdot 10^{-5}$; Pb - $(3\text{-}10)\cdot 10^{-3}$; Mn - $(10\text{-}30)\cdot 10^{-2}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ - $(0,1\text{-}1,0)\cdot 10^{-1}$. 12-Zn - $>5\cdot 10^{-2}$; Ag - $>10\cdot 10^{-5}$; Pb - $10\cdot 10^{-3}$; Mn - $>30\cdot 10^{-2}$%; $\frac{Zn\cdot Pb\cdot Ag}{Ni\cdot Co\cdot Mn}$ - $>1\cdot 10^{-1}$.

Интенсивность. Концентрация элементов-индикаторов в геохимических ореолах варьирует в широких пределах. Максимальные концентрации привносимых элементов-индикаторов приурочены к рудным зонам, и их ореолы развиты в непосредственной близости от них: Ag - $>10\cdot 10^{-5}$ (рис.3.34); Zn - $>5\cdot 10^{-2}$ (рис.3..35); Pb - $>10\cdot 10^{-3}$ (рис.3.36); Cu - $>50\cdot 10^{-3}$; Ba - $>10\cdot 10^{-2}$ %. В пределах тех же зон развиты слабые с нижефоновыми концентрациями ореолы выносимых (выщелачиваемых) элементов: Mn $(3\text{-}10)\cdot 10^{-2}$ (рис.3.37); Ni - $(0,1\text{-}1)\cdot 10^{-3}$; Co - $(3\text{-}10)\cdot 10^{-4}$%. Ореолы привносимых элементов средней интенсивности Ag - $(1\text{-}10)\cdot 10^{-5}$, Zn - $(1,5\text{-}5,0)\cdot 10^{-2}$, Pb - $(3\text{-}10)\cdot 10^{-3}$, Cu - $(15\text{-}50)\cdot 10^{-3}$, Ba - $(3\text{-}10)\cdot 10^{-2}$% располагаются во внешних контурах этих зон. С ними пространственно совпадают интенсивные ореолы выносимых элементов (Mn, Ni, Co), повышение концентрации которых происходит за счет их выщелачивания из зоны рудоотложения и перераспределения в удалении от них. Здесь фиксируются повышенные концентрации Mn - $>30\cdot 10^{-2}$ (рис.3.37), Ni -$10\cdot 10^{-3}$, Co - $30\cdot 10^{-4}$%.

Размеры. Вертикальная протяженность ореолов установлена путем сопоставления размеров ореолов в плане - на горизонтах штолен №1 и 4 и на поверхности. Наблюдается увеличение размеров одних и тех же ореолов снизу вверх, т.е. расширение их кверху. Максимальную протяженность имеют Pb (80-

100м) интенсивностью $10 \cdot 10^{-3}$, затем Ag ($>10 \cdot 10^{-5}$), Zn ($>5 \cdot 10^{-2}$) и Cu ($>50 \cdot 10^{-3}$%). В плане ореолы имеют большую протяженность, достигая 1000-1100 м. Максимальные размеры имеют ореолы Pb, затем Ag, Zn, Cu и Ba. Ореолы средней интенсивности протягиваются с юго-западных флангов месторождения до северо-восточных.

Морфология. В плане ореолы имеют овальную форму, вытянутую по простиранию рудных тел. Местами ореолы сужаются и расширяются, повторяя морфологические особенности рудных тел. На участках сближения рудных зон ореолы сильно расширяются, достигая ширины 200-250 м.

Зональность. Установлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): Ag - Zn - Pb - Ba - (Au) - Cu - Sn - Mo - Mn - Ni - Co, который согласуется с рядом индикаторной значимости элементов с золотом - Ag, Cu, Zn, Pb, Ba, Sn, Mo, Mn, Ni, Co. Согласно ряду зональности выделяются верхнерудные (надрудные) элементы-индикаторы - Ag, Zn, Pb, Ba и нижнерудные (подрудные) Mo, Mn, Ni, Co, Sn. Мультипликативный коэффициент зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ отражает отношение верхнерудных (привносимых) к нижнерудным (выносимым) элементам-индикаторам и, следовательно, Кз может быть представлен мультипликативным коэффициентом привноса элементов-индикаторов (Кп). Ореолы Кп более контрастны (рис.3.38), и их средняя величина на глубину в 160 метров увеличивается на несколько порядков, что позволяет перспективы рудоносности глубоких горизонтов исследуемой зоны оценивать положительно.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий производить по мультипликативному коэффициенту привноса - Кп $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$. Ореолы, оконтуренные по величине Кп, сопровождают зоны измененных пород и отчетливо фиксируют на поверхности известные скрытые рудные тела.

3.1.1.3. Золото-сурьмяная подформация
3.1.1.3.1. Азатекское месторождение

Рудовмешающими породами месторождения являются вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена и прорывающие их интрузивные породы миоценового возраста (рис.3.39, 3.41). Основными рудовмещающими структурами месторождения являются зоны интенсивной трещиноватости и дробления пород, оперяющие разрывные нарушения. В морфологическом отношении оруденение представлено маломощными жилами (0,5 м), жильными зонами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации (до 30 м). Околорудные изменения выражены в серицитизации, каолинизации и пиритизации вмещающих пород. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, сфалерит, буланжерит, антимонит, тетраэдрит, марказит, пирротин, арсенопирит, борнит, халькопирит, халькозин, алтаит, гессит, самородное золото, самородное серебро и др.; нерудные - кварц, карбонат, барит, халцедон.

Для изучения геохимических ореолов месторождения отобрано 1695 проб, в т.ч. на Правобережном участке - 1253 пробы, Левобережном - 342, на фоновых участках - 100 (Безирганов, 1984).

Элементный состав. Рудные тела месторождения сопровождаются узкими интенсивными геохимическими ореолами Zn, Pb, Ag, Cu, Sb, Ba, Sn, Mo, Bi, Ni и Co. Спектральным анализом в основных рудообразующих минералах установлены высокие концентрации Pb, Zn, Ag, Sb, Bi, As, Hg и Cu и низкие содержания Sn, Ni и Co. Выявлена зависимость содержаний элементов-индикаторов от концентрации золота в пирите. Например, в четырех пробах, содержащие золото до 0,0015-0,003%, фиксируются повышенные концентрации Ag, Zn, Pb, Sb, As и низкие - Sn и Mo. Корреляционным анализом между содержаниями Ag, Zn, Pb, Cu, Sb, Bi и As установлена очень тесная положительная связь: Ag - Zn (+0,85), Ag - Pb (+0,90), Ag - Cu (+0,98), Ag - Sb (+0,78), Ag - Bi (+0,88), Ag - As (+0,90), Zn - Pb (+0,98), Zn - Cu (+0,95), Zn - Sb (+0,78), Zn - Bi (+0,87), Zn - As (+0,96), Pb - Cu (+0,90), Pb - Sb (+0,78), Pb - Bi (+0,86), Pb - As (+0,98), Cu - Sb (+0,78), Cu - Bi (+0,88), Cu - As (+0,98), Sb - Bi (+0,96), Sb - As (+0,78), Bi - As (+0,86). Эти элементы с Mo и Sn проявляют сла-

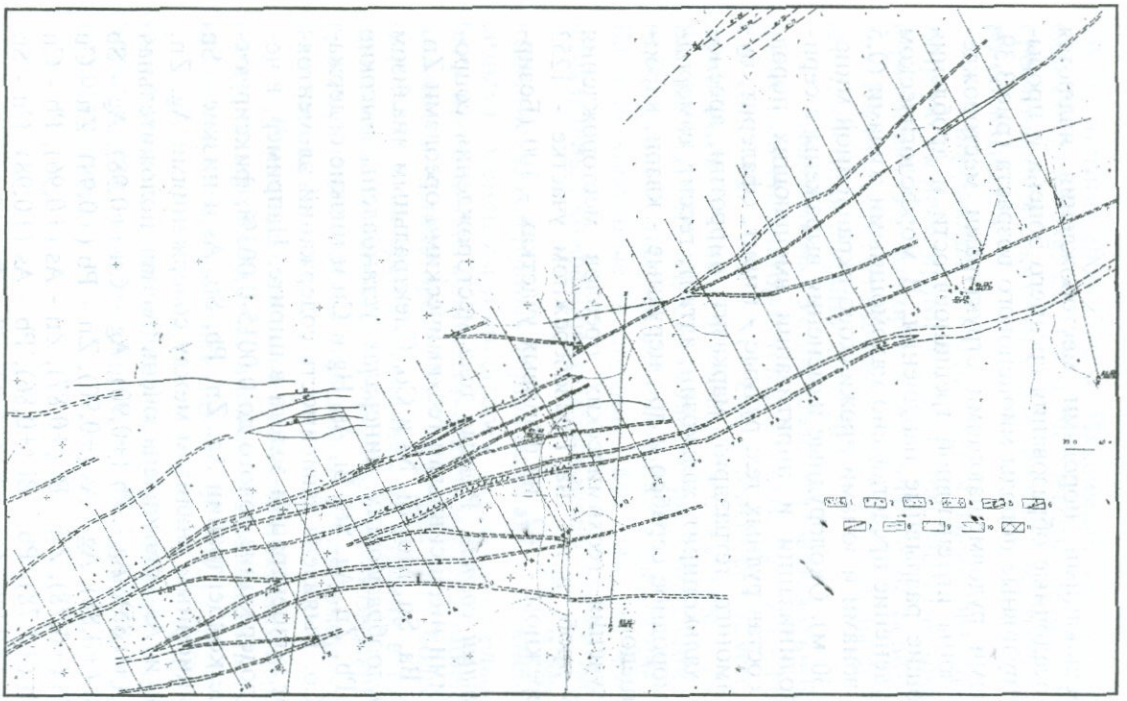


Рис. 3.39. Расположение геохимических профилей на Правобережном участке Азатекского месторождения. Масштаб 1:2000.

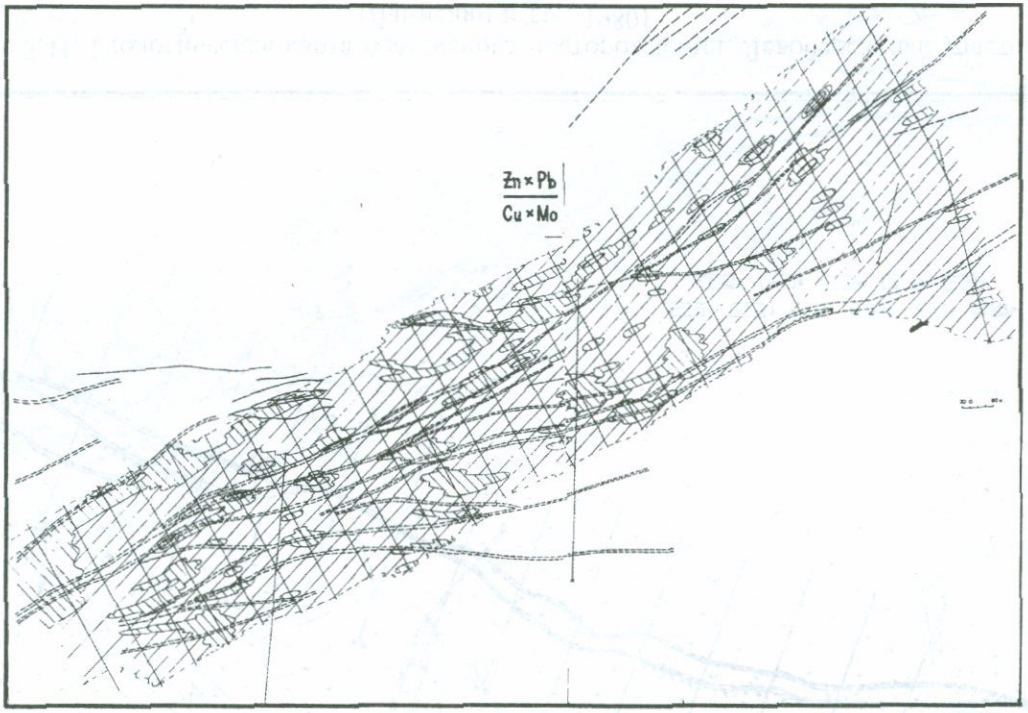


Рис.3.40. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ Азатекского месторождения

(Правобережный участок; поверхность)

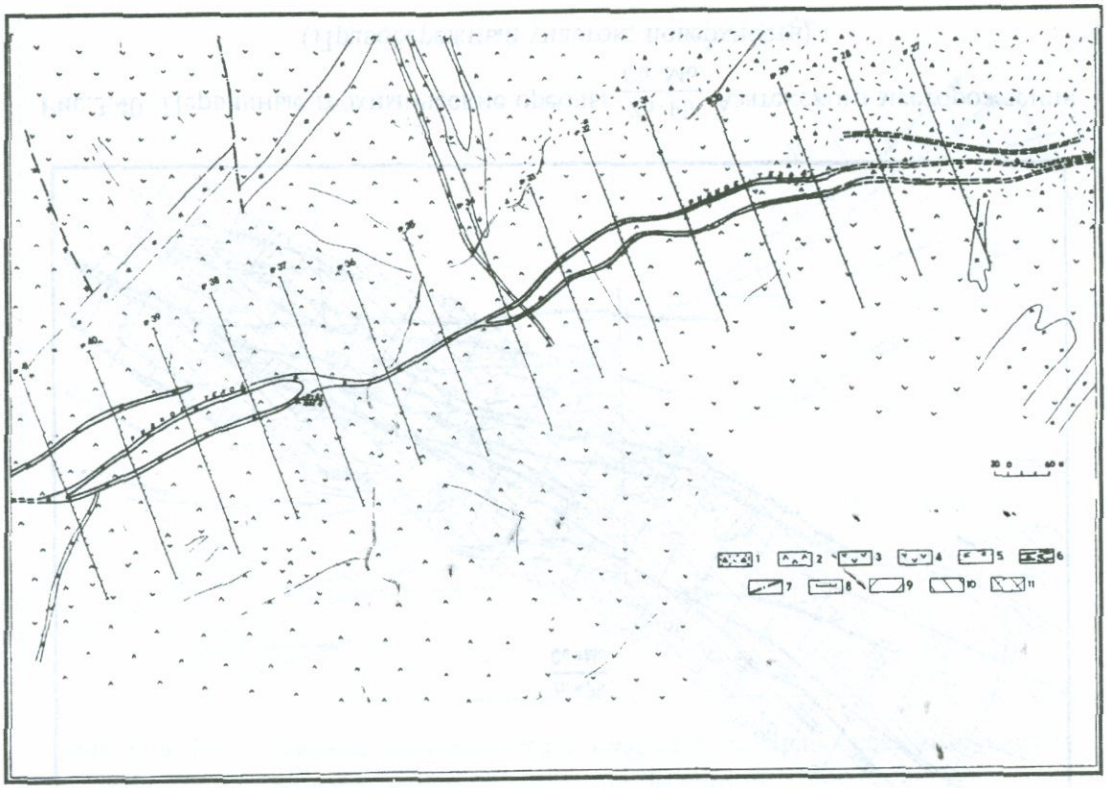


Рис.3.41. Геологическая карта Азатекского месторождения, Левобережный участок (Даниелян и др., 1980)

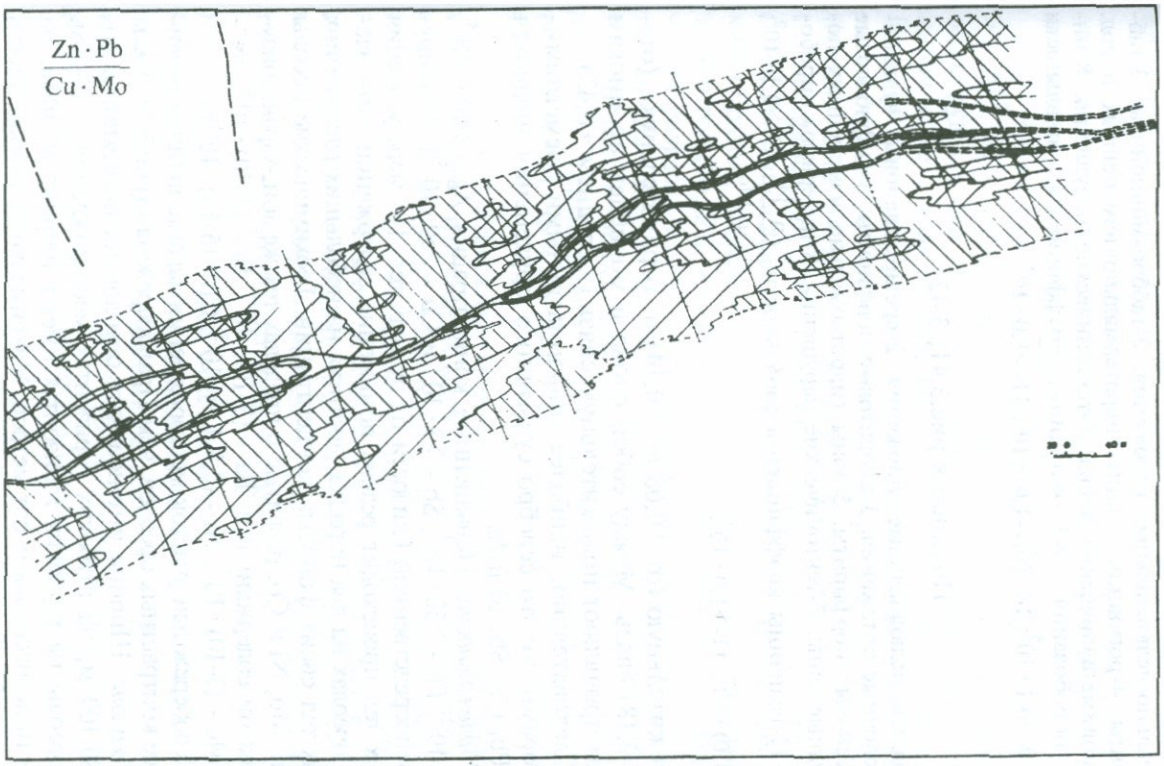


Рис.3.42. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ Азатекского месторождения
(Левобережный участок; поверхность)

Подписи к рис.3.39, 3.40

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-габбро-монцониты. 3-габбро-сиениты. 4-роговики. 5-зоны гидротермально измененных пород. 6-кварц-полиметаллические жилы. 7-тектонические нарушения. 8-интервалы опробования. 9-11-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$: 9->$0,1 \cdot 10^2$; 10- $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^2$; 11->$1,0 \cdot 10^2$.

Подписи к рис.3.41, 3.42

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-среднеэоценовые вулканогенно-осадочные отложения. 3-диоритовые порфириты. 4-амфиболовые и пироксеновые порфириты. 5-зоны гидротермально измененных пород. 6-рудные зоны. 7-тектонические нарушения. 8-интервалы опробования. 9-11-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$: 9->$0,1 \cdot 10^2$; 10- $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^2$; 11->$1,0 \cdot 10^2$.

бую положительную (от +0,08 до +0,14) и отрицательную (от -0,02 до -0,18) связь. Между собой олово и молибден по многим выборкам проявляют положительную связь (в среднем +0,42).

Следовательно, наиболее информативными элементами-индикаторами золото-серебро-сурьмяного оруденения являются Ag, Zn, Pb, Cu, Sb, Bi и As.

Интенсивность. Повышенные концентрации Ag - >$10 \cdot 10^{-5}$, Zn - >$5 \cdot 10^{-2}$, Pb - >$50 \cdot 10^{-3}$, Sb - >$3 \cdot 10^{-2}$ и Cu - >$50 \cdot 10^{-3}$% фиксируются в непосредственной близости от рудных тел. По мере удаления от рудных тел происходит резкое понижение содержаний этих элементов в ореолах на два порядка, достигая на небольших расстояниях от рудных тел своих фоновых концентраций. Геохимические ореолы Ba, Bi, Sn, Mo, Ni и Co, развитые в пределах тех же зон, характеризуются низкими содержаниями: Ba - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$, Bi - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$, Sn - >$3 \cdot 10^{-4}$, Mo - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$, Ni - $(0,5\text{-}1,5) \cdot 10^{-3}$, Co - $(5\text{-}15) \cdot 10^{-4}$%.

Левобережный участок месторождения характеризуется развитием более контрастных ореолов, чем Правобережный (рис.3.40, 3.42).

Размеры. Ширина интенсивных ореолов на поверхности достигает 80-100 м, на глубоких горизонтах месторождения - 40-50м. Слабые ореолы на глубоких горизонтах имеют ширину 80-100м, на поверхности до нескольких сот метров. Максимальная протяженность ореолов равна 50-80 м.

В плане ореолы прерывисты, общая протяженность их по простиранию рудных зон достигает 200-400 м.

Морфология. Ореолы в поперечном разрезе имеют форму узких полос. На поверхности форма ореолов осложнена пострудной тектоникой и разветвлением рудных зон.

Зональность. Интенсивные ореолы Sb - $>3 \cdot 10^{-2}$, Zn - $>5 \cdot 10^{-2}$, Ag - $>10 \cdot 10^{-5}$ и Pb - $>50 \cdot 10^{-3}$% развиты в верхних сечениях рудных тел (рис.3.43). Ореолы этих элементов сужаются книзу и, не доходя до горизонта 1288,69 м, полностью исчезают. Нижний горизонт разреза характеризуется развитием контрастных ореолов Cu - $>50 \cdot 10^{-3}$%, которые выклиниваются кверху. Обладая средней интенсивностью, ореолы Ba, Bi, Sn, Mo, Ni и Co не проявляют избирательного накопления на определенных сечениях и прослеживаются по всему восстанию рудных зон. Таким образом, выделяются три группы элементов: первая группа элементов (Sb, Zn, Ag, Pb) накапливается в верхних (надрудных) частях разреза, вторая - Cu - в нижних (подрудных) сечениях, а третья (Ba, Bi, Sn, Mo, Ni, Co) - по всему восстанию рудных зон. Методом показателя зональности (табл.3.11, 3.12) установлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): Sb - Zn - Ag - Pb - (Au) - Bi - Ni - Ba - Sn - Co - Mo - Cu.

Для Азатекского месторождения наиболее важными в практическом отношении элементами-индикаторами будут элементы, максимально удаленные друг от друга в ряду зональности. Sb, Zn, Ag и Pb являются надрудыми элементами, Sn, Co, Mo, Cu - подрудными, поскольку отношения параметров ореолов элементов подобных групп меняются более контрастно и, следовательно, более надежны в практическом отношении. При построении мультипликативных ореолов $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ эта контрастность проявляется более отчетливо (рис.3.40, 3.42, 3.43). С глубиной средняя мультипликативная величина надрудных элементов ($Zn \cdot Pb$) по исследуемому разрезу от $116{,}82 \cdot 10^{-5}$ на поверхности уменьшается до $8{,}14 \cdot 10^{-5}$% на горизонте шт.57 и, наоборот, для подрудных элементов увеличивается от $223{,}21 \cdot 10^{-7}$ до $1477{,}5 \cdot 10^{-7}$%.

Геохимические ореолы, оконтуренные по величине Кз -

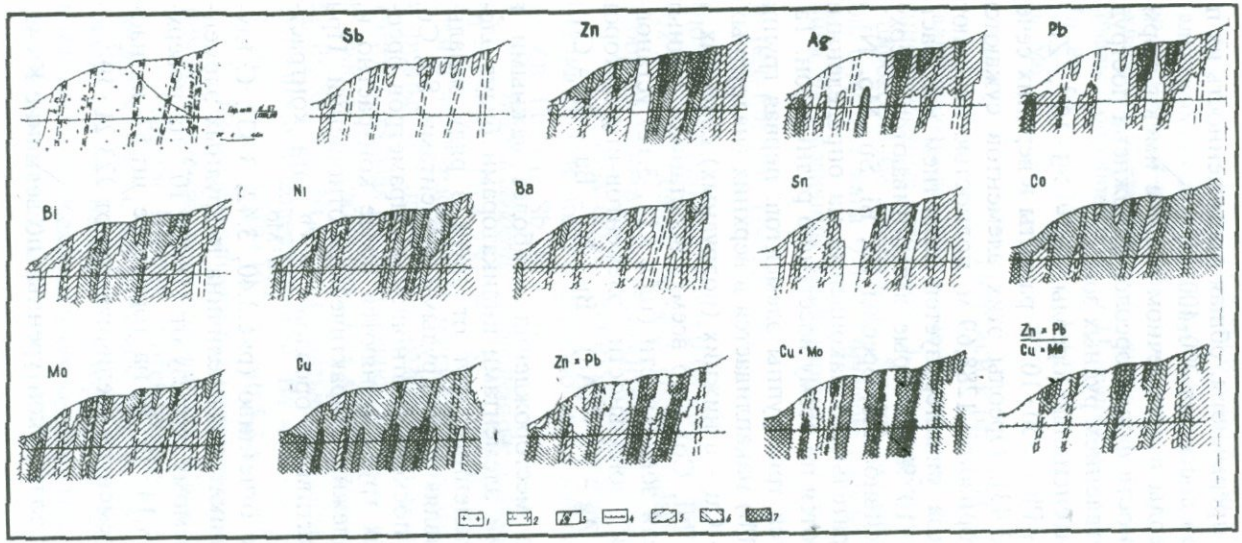


Рис.3.43. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Азатекского месторождения (Правобережный участок, разрез I-I)

Таблица 3.11

Величины средних содержаний и линейной продуктивности элементов-индикаторов Азатекского месторождения (разрез I-I)

Величины средних содержаний элементов-индикаторов в %%											
Уровни ореолов	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Bi	Sb	Sn	Mo
Поверхность	0,055	0,0014	0,0022	0,022	0,00032	0,1	0,02	0,00054	0,008	0,0005	0,001
Гор.шт.57 (1288,69м)	0,05	0,0011	0,0032	0,056	0,00006	0,024	0,01	0,00034	0,003	0,00041	0,0015

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%											
Уровни *ореолов*	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Bi	Sb	Sn	Mo
Поверхность	19,8	0,52	0,79	7,04	0,016	19,0	3,0	0,06	1,04	0,125	0,41
Гор.шт. 57 (1288,69 м)	16,0	0,41	0,96	19,6*	0,0024	1,44	1,3	0,031	0,045	0,115	0,54
Коэффициент контрастности	1,23	1,10	0,82	0,35	6,66	13,19	2,30	2	41,6	1,08	0,76

* Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности

Таблица 3.12

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Азатекского месторождения (разрез I-I)

Элементы	Кн	Нормированное значение линейной продуктивности		Показатель зональности	
		Горизонт, м		Горизонт, м	
		поверх.	1288,7	поверх.	1288,7
Ba	1	19,8	16,0	0,057	0,06
Ni	100	52,0	41,0	0,15	0,14
Co	100	79,0	96,0	0,23	0,34
Cu	1	7,04	19,6	0,02	0,07
Ag	1000	16,0	2,4	0,046*	0,008
Zn	1	19,0	1,44	0,055	0,005
Pb	10	30,0	13,0	0,09	0,045
Bi	1000	60,0	31,0	0,173	0,11
Sb	10	10,4	0,45	0,03	0,002
Sn	100	12,5	11,5	0,036	0,04
Mo	100	41,0	54,0	0,12	0,19
Сумма		346,7	286,4		

* Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения показателя зональности

Подписи к рис.3.43

1-монцониты. 2-роговики. 3-зоны гидротермально измененных пород, рудные тела. 4-интервалы опробования. 5-7-содержания элементов: 5-Sb $->3 \cdot 10^{-2}$; Zn - $(0{,}5\text{-}1{,}5) \cdot 10^{-2}$; Ag - $(1\text{-}3) \cdot 10^{-5}$; Pb, Cu - $(5\text{-}15) \cdot 10^{-3}$; Bi - $(1\text{-}3) \cdot 10^{-4}$; Ni - $(0{,}5\text{-}1{,}5) \cdot 10^{-3}$; Ba - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$; Sn $->3 \cdot 10^{-4}$; Co - $(5\text{-}15) \cdot 10^{-4}$; Mo - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}\%$; $Zn \cdot Pb$ $->5 \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Mo$ $->50 \cdot 10^{-7}\%$; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ $-<0{,}1 \cdot 10^{2}$; 6-Zn - $(1{,}5\text{-}5) \cdot 10^{-2}$; Ag - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-5}$; Pb, Cu - $(15\text{-}50) \cdot 10^{-2}$; Bi - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$; Ni $->1{,}5 \cdot 10^{-3}$; Ba - $10 \cdot 10^{-2}$; Co - $(15\text{-}50) \cdot 10^{-4}$; Mo - $(10\text{-}30) \cdot 10^{-4}\%$; $Zn \cdot Pb$ - $(5\text{-}15) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Mo$ - $(50\text{-}150) \cdot 10^{-4}\%$; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ - $(0{,}1\text{-}1{,}0) \cdot 10^{2}$; 7-Zn $->5 \cdot 10^{-2}$; Ag $->10 \cdot 10^{-5}$; Pb, Cu $->50 \cdot 10^{-3}$; Bi $->10 \cdot 10^{-4}$; Co $->50 \cdot 10^{-4}$. Mo $-> 30 \cdot 10^{-4}\%$; $Zn \cdot Pb$ $->15 \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Mo$ $->150 \cdot 100^{-7}\%$; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ $->1{,}0 \cdot 10^{2}$.

$59{,}55 \cdot 10^{2}$, более контрастны, и их максимальные величины приурочены к верхним сечениям разреза. Средняя величина Кз - $59{,}55 \cdot 10^{2}$ с глубиной уменьшается и на горизонте штольни достигает $0{,}046 \cdot 10^{2}$, что определяет отрицательные перспективы зоны на глубину. Ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ отчетливо фиксируют на поверхности зоны измененных пород и приуроченные к ним скрытые рудные тела.

3.1.2. Меднорудная формация

3.1.2.1. Шамлугское месторождение

Месторождение сложено в основном вулканогенно-осадочными породами (3.44). Вмещающими линзо- и штокообразные рудные тела породами являются кератофировые брекчии и туфы, а также порфириты, в которых располагаются рудные тела жильного типа. Они перекрыты туфопесчаниками, которые с прорывающими их альбитофирами играют роль фильтрационных экранов. Оруденение локализовано непосредственно под фильтрационными экранами. Рудоконтролирующими структурами являются участки пересечения крутопадающих трещин, зон

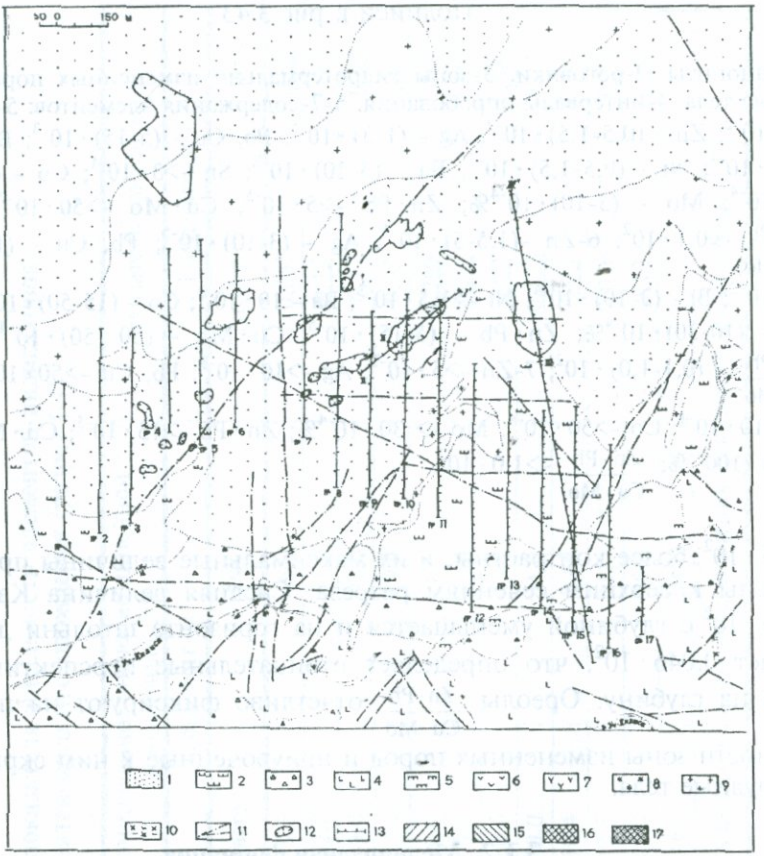


Рис.3.44. Геологическая карта Шамлугского месторождения (Сопко, Лачинян, Чернышев, Монахов, 1968)

дробления и экранирующих контактов. На верхних горизонтах месторождения развиты линзо- и штокообразные рудные тела, в нижних - жилы. Минеральный состав рудных тел: рудные - пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, борнит, самородное золото, марказит, станнин, аргентит, самородное сереб-

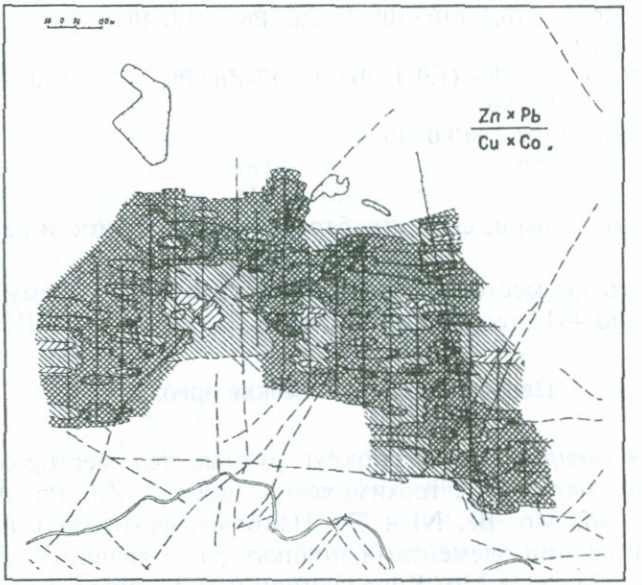


Рис.3.45. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ Шамлугского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.44-3.45

1-туфогенные и полимиктовые песчаники с прослоями конгломератов (J_2b-bt). 2-кератофиры, их туфы и вулканические брекчии (J_2b_2). 3-туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов ($J_2b_1^2$). 4-андезитовые порфириты, вулканические брекчии, туфы, туффиты ($J_2b_1^1$). 5-кератофиры. 6-силлы альбитофиров. 7-дацитовые порфиры (жильные). 8-андезитовые порфириты (жильные). 9-альбитофиры (плагиогранит-порфиры, альбитофиры). 10-кварцевые диорит-порфиры. 11-разрывные нарушения. 12-проекции рудных тел на поверхности. 13-интервалы опробования. 14-17-величины мультипликативных показателей и коэффициента зональности: 14-$Zn \cdot Pb$ - $(0,01\text{-}0,1) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - $(0,01\text{-}0,1) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - $(0,01\text{-}0,1) \cdot 10^{2}$; 15-$Zn \cdot Pb$ - $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - (0,1-

$1,0) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^{2}$; 16-Zn · Pb - $(1,0\text{-}10,0) \cdot 10^{-5}$; Cu · Co - $(1,0\text{-}10,0) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - $(1,0\text{-}10,0) \cdot 10^{2}$; 17-Zn · Pb - $>10,0 \cdot 10^{-5}$; Cu · Co - $>10,0 \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - $>10,0 \cdot 10^{2}$.

ро; нерудные - кварц, серицит, барит, ангидрит, гипс и карбонаты.

Всего по месторождению и прилегающим к нему участкам отобрано 4813 геохимических проб.

Первичные геохимические ореолы

Элементный состав. Вокруг рудных тел месторождения установлены первичные геохимические ореолы Zn, Pb, Ag, Ba, As, Bi, Cu, Sn, Mo, Be, Ni и Co. Наиболее важными в практическом отношении элементами-индикаторами являются: Zn, Pb, Ag, Cu, Ba, Co, Ni и Mo. Корреляционным анализом установлена количественная связь между содержаниями этих элементов. В очень тесной положительной связи находятся Zn, Pb, Ag, Cu, которые с Co и Mo проявляют очень слабую положительную связь, тогда как Co и Mo проявляют тесную положительную связь.

Интенсивность. На месторождении установлены повышенные концентрации Zn - > $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$; Pb - > $(3\text{-}10) \cdot 10^{-3}$; Cu - > $(15\text{-}45) \cdot 10^{-3}$; Ag - > $(15\text{-}45) \cdot 10^{-5}$; Ba - > $(1\text{-}3) \cdot 10^{-2}$; As - более $3 \cdot 10^{-2}$; Co - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$; Mo - > $(10\text{-}30) \cdot 10^{-4}$; Ni - > $(1,5\text{-}4,5) \cdot 10^{-3}$; Bi - > $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$ и Sn - > $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$% (рис.3.47). Высокие содержания надрудных элементов-индикаторов (Zn, Pb, Ag, Ba, As) фиксируются не только в пределах рудовмещающих пород - кератофиров и туфобрекчиях порфиритов, но и на поверхности, которые "пробивают" непроницаемые альбитофиры и туфопесчаники, играющие, как известно, роль фильтрационных экранов при локализации под ними промышленных концентраций руд. Ореолы надрудных элементов-индикаторов своих максимумов содержания достигают вокруг линз, в околожильном пространстве содержания этих элементов относительно ниже. На поверхности месторождения аномальные концентрации

надрудных элементов-индикаторов фиксируют глубокозалегающие (до 100-200 м) скрытые рудные тела, локализованные под "непроницаемой" толщей пород (рис.3.45, 3.46).

Размеры. Ореолы надрудных элементов-индикаторов месторождения обладают большой вертикальной протяженностью, что обуславливает их развитие через мощные "непроницаемые" толщи на поверхности. Максимальной протяженностью обладают ореолы Zn, Pb, Ag, Ba и As. По фактическим данным (рис.3.47) их протяженность равна 60-80 м, а восстановлением эродированной части ореолов эта величина достигает 400-600 метров. Ширина ореолов повышенных концентраций элементов достигает 100-250 м. Установлено: ореолы Zn с содержанием $>10 \cdot 10^{-2}$% на поверхности имеют ширину 120-140 м; Pb - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-3}$ - 200-240 м; Ba - $3 \cdot 10^{-2}$ - 250-300 м; Ag - $>(15\text{-}45) \cdot 10^{-5}$ - 100-160м; As - $3 \cdot 10^{-2}$ - 80-100 м. Эти размеры обуславливаются размерами линз, а главным образом, расширением ореолов в околорудном пространстве под влиянием тех же фильтрационных экранов, расположенных непосредственно над линзами. По сравнению с ними ширина ореолов в околожильном пространстве намного меньше, достигая в среднем на горизонтах 32-90 м - 60-120 метров. Длина интенсивных ореолов надрудных элементов на поверхности и на разведочных горизонтах достигает 400-500 м, для средних концентраций - 1000-1500 м. Размеры ореолов надрудных элементов с глубиной уменьшаются и на нижнем горизонте достигают своих минимальных размеров - 20х40 м, 40х60 м.

Морфология. В поперечном разрезе ореолы надрудных элементов имеют тенденцию к расширению кверху, и достигая мощных линз, они резко увеличивают свою ширину, расширяются и на верхних горизонтах месторождения приобретают грибообразную форму. Резкие изменения конфигурации ореолов снизу вверх по разрезу объясняются различными физико-механическими свойствами рудовмещающих и перекрывающих их толщ. В плане ореолы, развитые вокруг жил, имеют овальную форму, вокруг линз - изометрическую. Форма ореолов может быть использована для прогноза морфологического типа оруденения.

Зональность. Разрез I-I является типичным для Шамлуг-

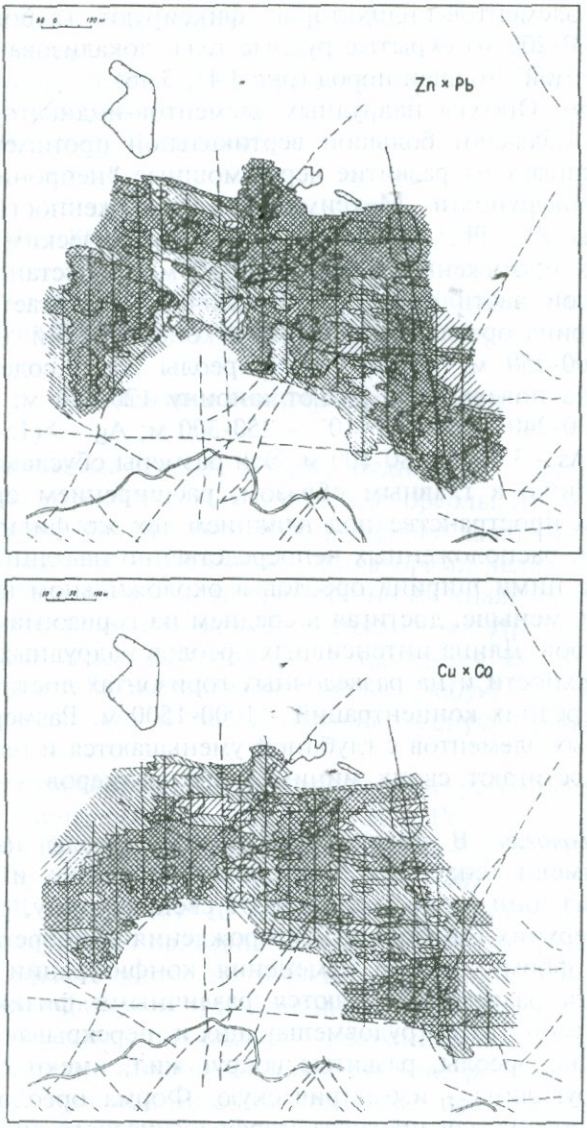


Рис.3.46. Первичные мультипликативные ореолы Zn · Pb и Cu · Co Шамлугского месторождения (поверхность)

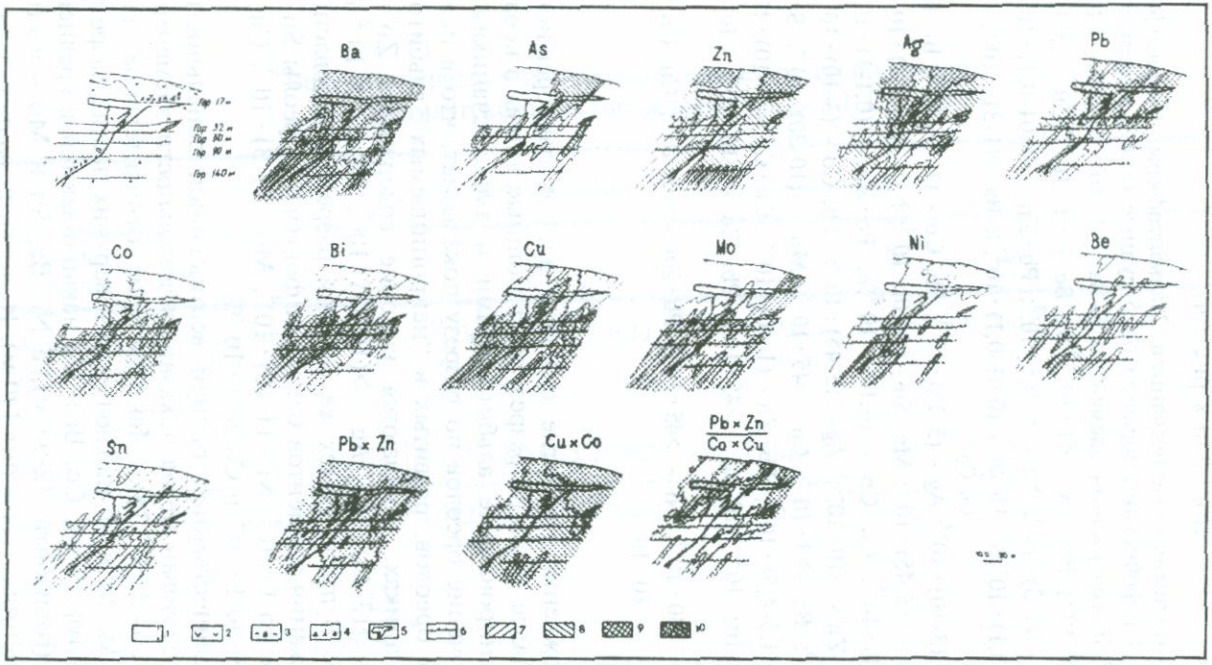


Рис.3.47. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Подписи к рис.3.47

1-туфогенные и полимиктовые песчаники. 2-альбитофиры. 3-кератофировые брекчии. 4-туфобрекчии порфиритов. 5-рудные тела. 6-интервалы опробования. 7-10-содержания элементов: 7-Ba -$<1 \cdot 10^{-2}$; As; Zn - $(1-3) \cdot 10^{-2}$; Ag -$<5 \cdot 10^{-5}$; Pb, Co - $<1 \cdot 10^{-3}$; Bi, Be - $<1 \cdot 10^{-4}$; Cu - $(5-15) \cdot 10^{-3}$; Mo, Sn - $(1-3) \cdot 10^{-4}$; Ni - $< 0{,}5 \cdot 10^{-3}$; $Pb \cdot Zn$ - $(0{,}01-0{,}1) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - $(0{,}01-0{,}1) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$ - $(0{,}01-0{,}1) \cdot 10^{2}$; 8-Ba - $(1-3) \cdot 10^{-2}$; As - $>3 \cdot 10^{-2}$; Zn - $(3-10) \cdot 10^{-2}$; Ag - $(5-15) \cdot 10^{-5}$; Pb, Co - $(1-3) \cdot 10^{-3}$; Bi, Be - $(1-3) \cdot 10^{-4}$; Cu - $(15-45) \cdot 10^{-3}$; Mo, Sn - $(3-10) \cdot 10^{-4}$; Ni - $(0{,}5-1{,}5) \cdot 10^{-3}$; $Pb \cdot Zn$ - $(0{,}1-1) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - $(0{,}1-1) \cdot 10^{-7}$%; $Pb \cdot Zn$ - $(0{,}1-1) \cdot 10^{2}$; 9-Ba - $>3 \cdot 10^{-2}$; Zn - $>10 \cdot 10^{-2}$; Ag- $(15-45) \cdot 10^{-5}$; Pb, Co - $(3-10) \cdot 10^{-3}$; Bi - $(3-10) \cdot 10^{-4}$; Be -$>3 \cdot 10^{-4}$; Cu - $45 \cdot 10^{-3}$; Mo - $(10-30) \cdot 10^{-4}$; Sn- $>10 \cdot 10^{-4}$; Ni - $(1{,}5-4{,}5) \cdot 10^{-3}$; $Pb \cdot Zn$ - $(1-10) \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - $(1-10) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$ - $(1-10) \cdot 10^{2}$; 10-Ag - $>45 \cdot 10^{-5}$; Pb, Co - $>10 \cdot 10^{-3}$; Bi - $>10 \cdot 10^{-4}$; Mo - $>30 \cdot 10^{-4}$; Ni - $>45 \cdot 10^{-3}$; $Pb \cdot Zn$ -$>10 \cdot 10^{-5}$; $Cu \cdot Co$ - $10 \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$ - $>10 \cdot 10^{2}$.

ского месторождения: развитие скрытых жил в туфобрекчиях порфиритов, далее вверх по разрезу идут мощные линзы в кератофирах, экранированные альбитофирами и туфопесчаниками (рис.3.47). Изучение ореолов по разрезу показывает, что в надрудных частях ореолов, развитых в "непроницаемых" альбитофирах и песчаниках, отмечаются высокие содержания Zn - $>10 \cdot 10^{-2}$, Pb - $>(3-10) \cdot 10^{-3}$, Ag - $>(15-45) \cdot 10^{-5}$, Ba - $>3 \cdot 10^{-2}$ и As - $>3 \cdot 10^{-2}$%. В пределах тех же сечений разреза установлены слабые (содержания элементов близки к фоновым) ореолы Sn - $>(1-3) \cdot 10^{-4}$, Be до $1 \cdot 10^{-4}$, Ni - $(1-10) \cdot 10^{-4}$, Mo - $(1-3) \cdot 10^{-3}$, Cu - $(15-45) \cdot 10^{-3}$, Bi до $1 \cdot 10^{-4}$ и Co до $1 \cdot 10^{-3}$%.

Для количественной оценки вертикальной зональности элементов использован метод показателя зональности элемента-индикатора (табл.3.13-3.15). Максимальное относительное накопление Zn, As, Ag и Pb наблюдается в верхних частях разреза (поверхность - гор.17 м), Co, Bi и Cu накапливаются в средней части разреза (горизонты 32-90 м), а Ni, Be, Sn и Mo - в его подрудных сечениях (горизонт 140 м). Используя вышеуказан-

Величины средних содержаний элементов-индикаторов Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Величины средних содержаний элементов-индикаторов в %%												
Уровни ореолов	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Bi	Be	Sn	Mo
Поверх.	0,69	0,0006	0,002	0,013	0,0002	0,11	0,0056	0,038	0,0001	0,0001	0,0003	0,003
Гор. линзы 4а	0,04	0,0005	0,0015	0,053	0,00018	0,055	0,004	0,033	0,0001	0,0001	0,0003	0,0005
Гор.32 м	0,032	0,001	0,054	0,123	0,00013	0,026	0,0027	0,016	0,0005	0,0001	0,00033	0,0008
Гор.60 м	0,026	0,0008	0,0031	0,082	0,00017	0,024	0,0012	0,022	0,00055	0,0001	0,0004	0,0014
Гор.90 м	0,029	0,0014	0,005	0,117	0,00009	0,036	0,0014	0,016	0,0004	0,00015	0,0005	0,0018
Гор.140 м	0,029	0,0023	0,0047	0,042	0,00005	0,024	0,002	0,015	0,00013	0,00017	0,0006	0,0026
Коэффициент контрастности	23,79	0,26	0,42	0,309	4	4,58	5,6	2,53	0,76	0,58	0,5	1,15

Таблица 3.14

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%												
Уровни ореола	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Bi	Be	Sn	Mo
Поверхность	158,7*	0,03	0,08	2,99	0,046	25,3	1,18	3,04	0,004	0,002	0,006	0,12
Гор.линзы 4а	9,2	0,05	0,15	12,2	0,041	12,65	0,88	1,65	0,007	0,002	0,003	0,05
Горизонт 32 м	3,52	0,23	9,72	29,52	0,018	6,24	0,59	1,28	0,1	0,006	0,02	0,192
Горизонт 60 м	2,86	0,184	0,65	19,7	0,0102	5,76	0,108	1,1	0,099	0,008	0,056	0,336
Горизонт 90 м	2,61	0,322	1,2	28,1	0,013	8,64	0,13	1,44	0,068	0,015	0,085	0,432
Горизонт140 м	6,67	0,55	1,13	10,1	0,007	5,76	0,03	0,3	0,016	0,029	0,108	0,624
Коэффициент контрастности	23,79	0,054	0,07	0,29	6,57	4,39	39,3	10,13	0,25	0,068	0,055	0,192

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности.

Таблица 3.15

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Элементы	Кн	Нормированное значение линейной продуктивности						Показатель зональности					
		Горизонт, м						Горизонт, м					
		поверх.	17	32	60	90	140	поверх.	17	32	60	90	140
Ba	1	158,7	9,2	3,52	2,86	2,61	6,67	0,105	0,009	0,002	0,0022	0,0014	0,003
Ni	1000	30	50	230	184	322	550	0,02	0,047	0,1	0,14	0,18	0,28
Co	100	8	15	972	65	120	113	0,005	0,014	0,42	0,05	0,065	0,057
Cu	10	29,9	122	295,2	197	281	101	0,02	0,115	0,13	0,15	0,153	0,05
Ag	10000	460	410	180	102	130	70	0,304	0,39	0,078	0,08	0,071	0,036
Zn	10	253	126,5	62,4	57,6	86,4	57,6	0,17	0,12	0,03	0,044	0,047	0,029
Pb	100	118	88	59	10,8	13	3	0,078	0,083	0,026	0,008	0,007	0,001
As	100	304	165	128	110	144	30	0,201*	0,155	0,06	0,085	0,08	0,015
Bi	1000	4	7	100	99	68	16	0,003	0,007	0,043	0,076	0,037	0,008
Be	10000	20	20	60	80	150	290	0,013	0,019	0,026	0,06	0,082	0,147
Sn	1000	6	3	20	56	85	108	0,004	0,003	0,009	0,043	0,046	0,055
Mo	1000	120	50	192	336	432	624	0,08	0,05	0,083	0,26	0,24	0,32
Сумма		1511,6	1065,7	2302,1	1300,3	1834	1969,3	-	-	-	-	-	-

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения показателя зональности.

ную методику, установлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов по разрезу I-I (сверху вниз): Ba - As - Zn - Ag - Pb - Co - Bi - Cu - Mo - Ni - Be - Sn; разрез II-II: Ag - Ba - Zn - Pb - Cu - Bi - Sn - Ni - Mo - Co; разрез III-III: Ag - Ba - Zn - Pb - Cu - Bi - Sn - Ni - Mo - Co. По всем изученным разрезам в их верхних (надрудных) сечениях развиты интенсивные ореолы надрудных (Ba, Zn, Pb, Ag, As), в нижних - подрудных (Ni, Mo, Co, Sn, Be, Cu) элементов-индикаторов. Сходство этих рядов позволяет их обобщить в единый ряд зональности: Ba - As - Ag - Zn - Pb - Bi - Cu - Co - Be - Ni - Mo - Sn. Наиболее важными в практическом отношении элементами-индикаторами для месторождения являются: надрудные Zn, Pb, Ag, Ba, As; подрудные - Ni, Co, Cu, Sn, Mo, Be.

Выявлено пространственное совмещение на поверхности повышенных концентраций мультипликативных ореолов надрудных элементов с пониженными содержаниями ореолов подрудных элементов (рис.3.45).

Установленная зональность более четко проявляется в строении суммарных (мультипликативых) ореолов. Выбор наиболее информативных среди подрудных и среди надрудных элементов-индикаторов для Кз был нелегким. Учитывая результаты анализов геохимических проб, отобранных на глубоких горизонтах месторождения и прилегающих к нему участков, а также результаты использования метода вариантов, выбор пал на Кз - $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$. Характерной особенностью ореолов, оконтуренных по этой величине, является их высокая контрастность, большие размеры и развитие преимущественно в надрудных сечениях исследуемых разрезов (рис.3.47). Эта величина на глубину по всем разрезам уменьшается в среднем в 40-50 раз (табл.3.16, рис.3.48). Глубокие горизонты месторождения в пределах исследуемых разрезов, в целом, оцениваются отрицательно, что подтверждается результатами геологоразведочных работ. Коэффициент контрастности величины Кз по исследуемым разрезам характеризуется высокими значениями: разрез I-I - 304,56; II-II - 69,18; III-III - 4617,14.

Рекомендуемый Кз опробован при оконтуривании ореолов на поверхности месторождения и на его горизонтах; в пределах развития "непроницаемых" пород выявлены интенсивные

Таблица 3.16

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, % $Pb \cdot Zn$	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, % $Cu \cdot Co$	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$
Поверхность	$56 \cdot 10^{-5}$	$8{,}312 \cdot 10^{-7}$	$14{,}01 \cdot 10^{2}$
Горизонт 17 м	$16{,}7 \cdot 10^{-5}$	$49{,}2 \cdot 10^{-7}$	$0{,}64 \cdot 10^{2}$
Горизонт 32 м	$6{,}33 \cdot 10^{-5}$	$300{,}4 \cdot 10^{-7}$	$3{,}69 \cdot 10^{2}$
Горизонт 60 м	$1{,}52 \cdot 10^{-5}$	$293{,}8 \cdot 10^{-7}$	$0{,}073 \cdot 10^{2}$
Горизонт 90 м	$27{,}5 \cdot 10^{-5}$	$572{,}31 \cdot 10^{-7}$	$0{,}13 \cdot 10^{2}$
Горизонт 140 м	$0{,}653 \cdot 10^{-5}$	$324{,}34 \cdot 10^{-7}$	$0{,}046 \cdot 10^{2}$
Коэффициент контрастности	85,758	0,025	$304{,}56 \cdot 10^{2}$

ореолы, фиксирующие глубокозалегающие (150-250 м) слепые линзы и жилы.

Вторичные геохимические ореолы

Метод поисков рудных месторождений по вторичным геохимическим ореолам рассеяния элементов-индикаторов является одним из наиболее эффективных поисковых методов и в настоящее время широко используется в различных рудных районах мира. Геохимическим поискам по вторичным ореолам посвящены труды Н.И.Сафронова, А.П.Соловова, А.А.Саукова,

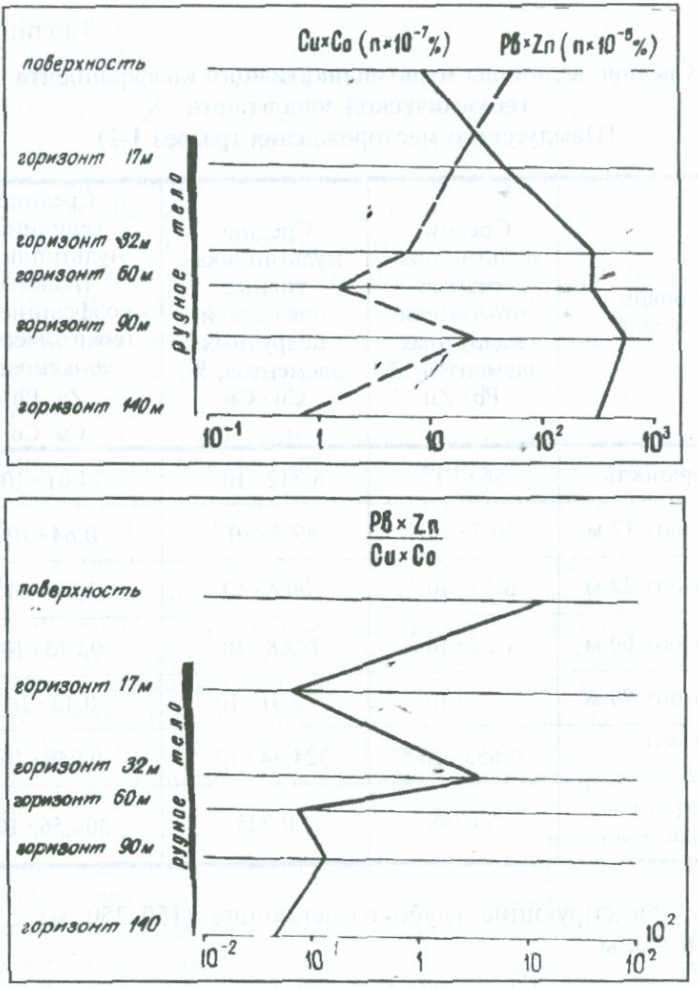


Рис.3.48. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей и коэффициента геохимической зональности Шамлугского месторождения (разрез I-I)

Е.А.Сергеева, Е.М.Квятковского, В.В.Поликарпочкина, А.И.Перельмана, Н.Н.Сочеванова, Хокса, Уэбба, Бойля и др.

Наиболее важной задачей при геохимических поисках по

вторичным ореолам является оценка перспектив рудоносности вторичных геохимических аномалий - выделение среди множества аномалий тех геохимических полей, которые связаны с промышленным оруденением. Наиболее эффективной методикой оценки вторичных аномалий является возможность использования геохимических критериев поискового прогнозирования по первичным геохимическим ореолам. Использование параметров первичных ореолов при поисках по вторичным геохимическим ореолам требует сопряженного геохимического опробования на эталонных объектах для установления степени соответствия первичных и вторичных ореолов в зависимости от конкретных ландшафтно-геохимических условий и типа эндогенного оруденения.

Для установления корреляционной связи между первичными и вторичными геохимическими ореолами применительно к ландшафтно-геохимическим условиям Ахтала-Шамлугского рудного поля проводились опытно-методические работы на поверхности месторождения над известными скрытыми рудными телами по двум эталонным разрезам. Решение этой задачи осуществлялось путем проведения сопряженного геохимического опробования коренных пород и рыхлых отложений по профилям.

Опыт работ геохимиков ИМГРЭ (Григорян и др., 1970) показал, что использование методики интерпретации первичных геохимических ореолов при поисках по вторичным ореолам возможно в тех случаях, когда вторичные ореолы являются адекватными аналогами первичных геохимических ореолов.

В результате обработки данных геохимического опробования по исследуемым разрезам обнаружены первичные и вторичные геохимические ореолы Zn, Pb, Ba, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co. Анализ графических материалов показал их тесную пространственную связь. Хотя и вторичные ореолы по размерам превышают свои первичные аналоги, их конфигурация очень близка.

Сопоставление основных параметров первичных и вторичных геохимических ореолов (табл.3.17, 3.18), графиков распределения элементов-индикаторов (рис.3.49), а также анализ графика сопоставления первичных и вторичных мультиплика-

Таблица 3.17

Сопоставление параметров первичных и вторичных геохимических ореолов Шамлугского месторождения

Элементы	Профиль	Среднее содержание, %		Коэфф. минерализации, %		Продуктивность м%	
		Первичные ореолы	Вторичные ореолы	Первичные ореолы	Вторичные ореолы	Первичные ореолы	Вторичные ореолы
Cu	II	0,005	0,007	1	1	0,17	0,24
	III	0,007	0,009	1	1	0,21	0,27
Zn	II	0,012	0,02	1	1	0,42	0,70
	III	0,012	0,035	1	1	0,36	1,05
Pb	II	0,003	0,003	1	1	0,105	0,105
	III	0,0041	0,0043	1	1	0,12	0,13
Ba	II	0,005	0,017	0,5	1	0,0006	0,002
	III	0,004	0,003	0,3	0,4	0,036	0,036
Ag	II	0,000001	0,000002	0,2	0,45	0,00007	0,000031
	III	0,00001	0,000002	0,2	0,3	0,00006	0,00002
Ni	II	0,0006	0,002	1	1	0,021	0,07
	III	0,0006	0,001	1	1	0,018	0,03
Co	II	0,0008	0,0013	1	1	0,028	0,045
	III	0,0001	0,0015	0,45	1	0,0013	0,045

Таблица 3.18

Сопоставление мультипликативных коэффициентов зональности первичных и вторичных мультипликативных ореолов Шамлугского месторождения

Отношение продуктивностей мультипликативных ореолов	Ореолы	Профиль	
		II	III
$\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$	первичн.	0,92	14,33
	вторичн.	6,63	11,50
$\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$	первичн.	73,33	2150,0
	вторичн.	22,8	98,0
$\frac{Ba \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$	первичн.	15,17	21,50
	вторичн.	20,0	3,36
$\frac{Ba \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$	первичн.	0,20	1,40
	вторичн.	5,63	0,40
$\frac{Ba \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$	первичн.	0,77	4,33
	вторичн.	37,27	3,16
$\frac{Ba \cdot Zn}{Ni \cdot Co}$	первичн.	61,70	650,0
	вторичн.	128,12	27,14

тивных ореолов (рис.3.50) позволяют установить прямую (положительную) корреляционную связь между содержаниями основных элементов-индикаторов в первичных и вторичных геохимических ореолах, что дает право надежно использовать геохимические критерии поискового прогнозирования по первичным ореолам при интерпретации вторичных геохимических аномалий. Поля дисперсии различных Кз, рассчитанные по величине линейной продуктивности, показывают, что среди большой группы Кз выделяются $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ и $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$, по которым наблюдается отчетливая связь первичных и вторичных ореолов (рис.3.51).

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности вторичных геохимических аномалий производить по коэффициенту зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$, установленным для интерпретации первичных геохимических ореолов.

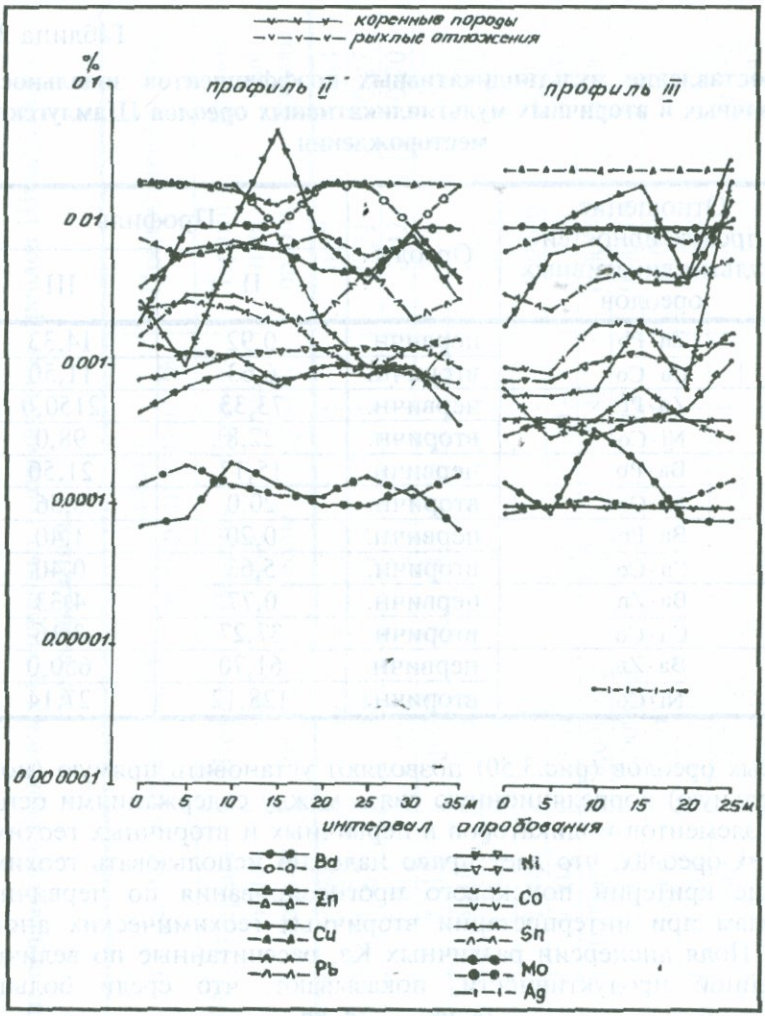


Рис.3.49. Сопоставление первичных и вторичных геохимических ореолов Шамлугского месторождения (графики распределения химических элементов)

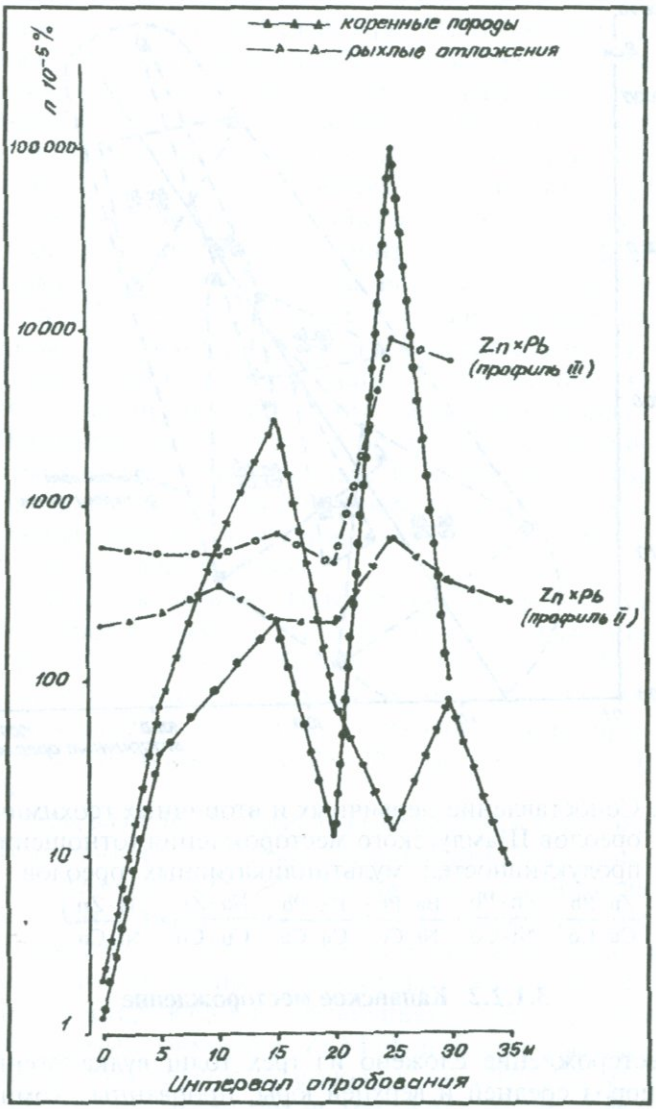


Рис.3.50. Сопоставление первичных и вторичных геохимических ореолов Шамлугского месторождения (графики распределения содержаний Zn · Pb)

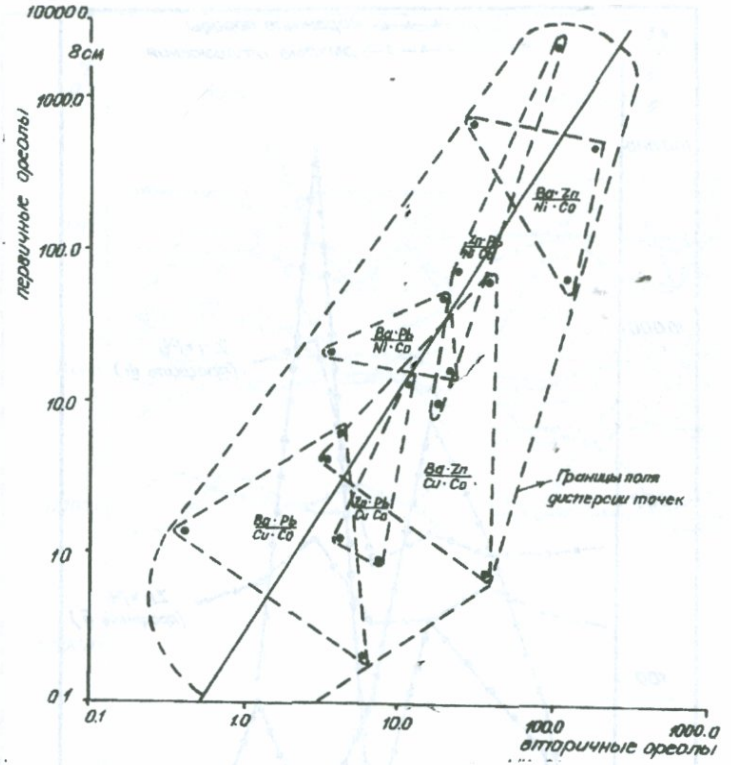


Рис.3.51. Сопоставление первичных и вторичных геохимических ореолов Шамлугского месторождения (отношение продуктивностей мультипликативных ореолов $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$; $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$; $\frac{Ba \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$; $\frac{Ba \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$; $\frac{Ba \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$; $\frac{Ba \cdot Zn}{Ni \cdot Co}$)

3.1.2.2. Капанское месторождение

Месторождение сложено из трех толщ вулканогенно-осадочных пород средней и верхней юры, прорванных комплексом малых интрузий (гранодиориты, диориты). Рудоносной толщей являются плагиоклазовые и кварц-плагиоклазовые порфириты верхнего байоса, перекрытые верхнеюрскими отложениями (туфоконгломераты, туфобрекчии). Промышленное оруденение

расположено в породах средней юры (верхний байос), однако эндогенная минерализация в слабой форме развита как в отложениях нижнего байоса, так и в перекрывающих рудоносную толщу образованиях верхней юры (рис.3.52). В морфологическом отношении оруденение представлено штокверками и жилами. Скрытые штокверки и жилы локализованы под структурными и фильтрационными экранами. Минеральный состав рудных тел: рудные - халькопирит, пирит, борнит, теннантит, сфалерит, галенит, марказит, теллуриды свинца, висмута, серебра, золота, самородное серебро и др.; нерудные - кальцит, кварц, гипс и др. Околорудные изменения выражены в окварцевании, кварцитизации, серицитизации, каолинизации, хлоритизации, пиритизации, карбонатизации и огипсовании вмещающих пород.

Первичные геохимические ореолы месторождения изучались по трем поперечным разрезам, 16 разведочным горизонтам и на поверхности. Отобрано 2600 проб, в т.ч. 1622 пробы из подземных горных выработок и керна скважин, 778 - на поверхности и 200 - на фоновых участках.

Элементный состав. Геохимические ореолы месторождения обладают близким с рудными телами элементным составом: Cu, Zn, Pb, Ag, Ba, As, Sn, Hg, Cr, V, Ni, Co, Mo. Приближенно-количественным спектральным и корреляционным анализами установлены основные элементы-индикаторы медно-колчеданного оруденения: Cu, Zn, Pb, Ag, Ba, As, Sn, Hg, Cr, V, Ni, Co, Mo.

Интенсивность. Рудные тела месторождения сопровождаются интенсивными ореолами элементов-индикаторов. Ореолы надрудных элементов (Zn, Pb, As, Ba, Hg, Ag) развиваются над рудными телами, расположенными в среднеюрских породах и прослеживаются через структурные и фильтрационные экраны в перекрывающие их толщу верхнеюрских образований. На поверхности месторождения интенсивные мультипликативные ореолы надрудных элементов (Zn · Pb) пространственно совпадают с проекциями глубокозалегающих (до 200-250 м) скрытых рудных тел - жил, штокверков (рис.3.54). С теми же полями совпадают слабые ореолы подрудных элементов (рис.3.55).

Размеры. Вертикальная протяженность ореолов (200-250 м) скрытых рудных тел, расположенных под структурными или

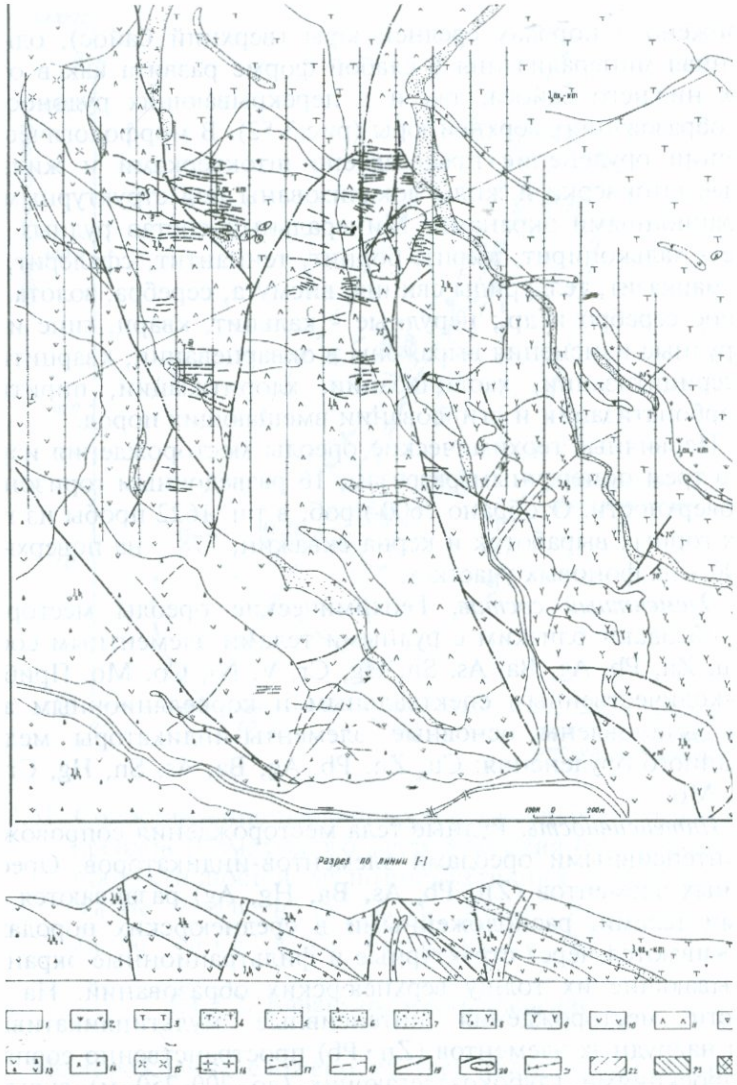


Рис.3.52. Геологическая карта Капанского месторожден (Акопян, Казарян, 1973)

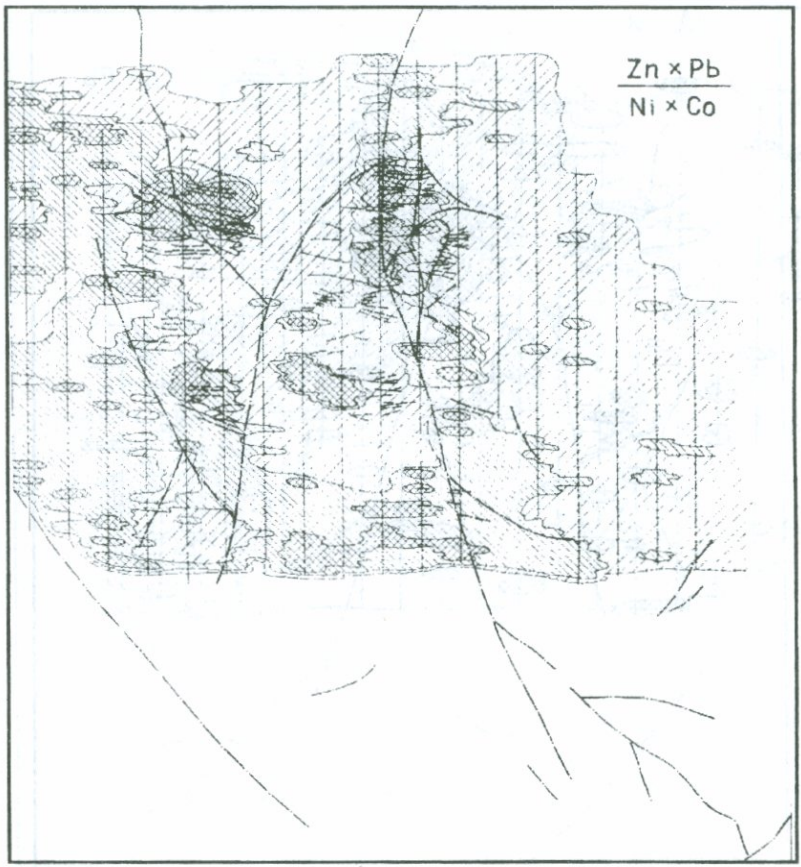


Рис.3.53. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$
Капанского месторождения (поверхность)

фильтрационными экранами, определяет возможность поисков скрытого оруденения в породах средней юры посредством геохимических поисков в перекрывающих их верхнеюрских образованиях. В плане (рис.3.53, 3.54) интенсивные ореолы прослеживаются до нескольких сот метров, слабые ореолы - до 1500-1800 м. Ширина ореолов, связанная с жилами, на средних горизонтах достигает 50-80 м, к поверхности они расширяются и увеличива-

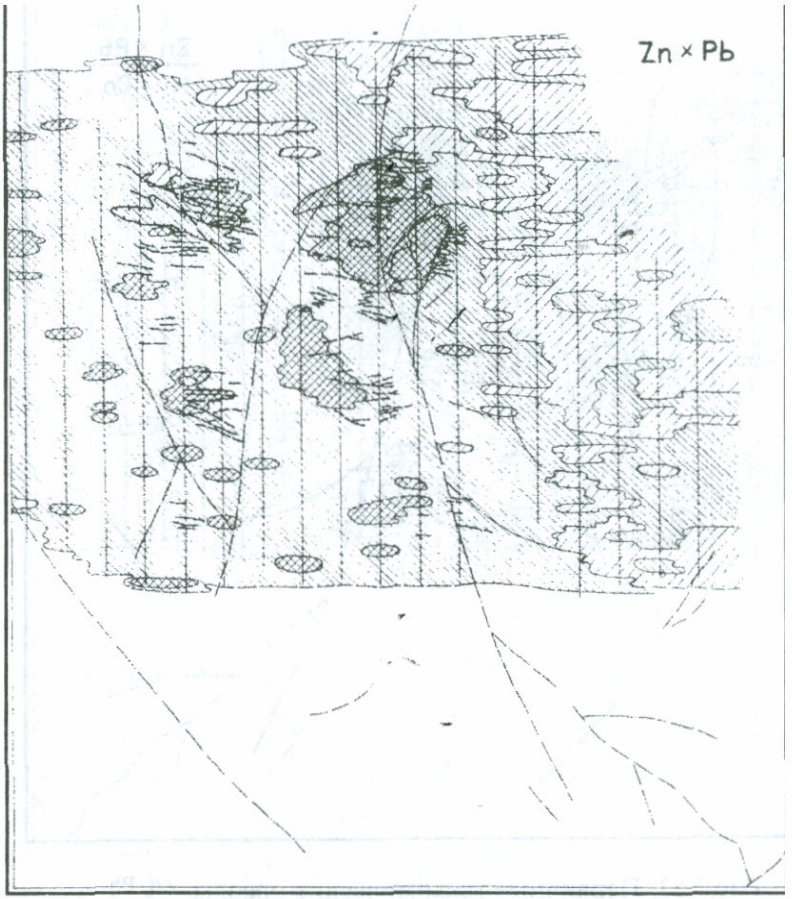


Рис.3.54. Первичные мультипликативные ореолы Zn · Pb Капанского месторождения (поверхность)

ются в 2-3 раза; со штокверками - 200-250 м, вертикальной п тяженностью 250-300 м.

Морфология. Жилы сопровождаются овальной фор ореолами, вытянутой по простиранию рудных тел. Та же фо ореолов, в более больших размерах, повторяется на поверхно и в пределах верхнеюрских образований. В поперечном разр ореолы резко расширены на верхних горизонтах, что име

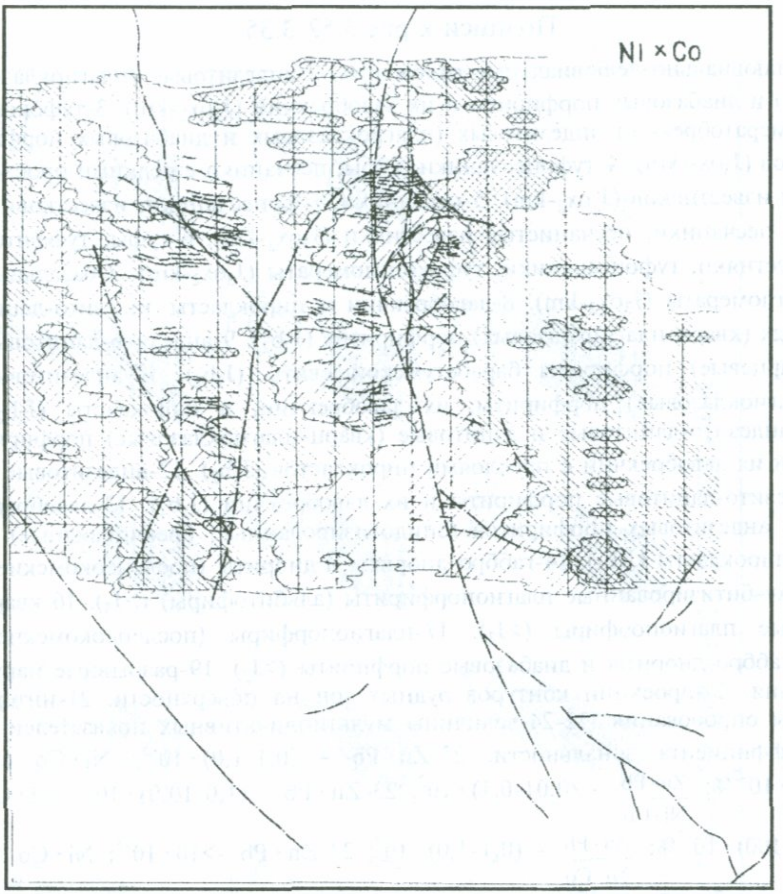


Рис.3.55. Первичные мультипликативные ореолы Ni · Co Капанского месторождения (поверхность)

большое практическое значение при поисковых работах. Глубокозалегающие (до 250-300 м) штокверки на поверхности проявляются отчетливыми ореолами изометрической формы. Установлена возможность выявления морфологического типа скрытого оруденения по форме ореолов на поверхности.

Зональность ореолов изучена по трем поперечным разрезам на участках "7-10" и "Катар". Разрез I-I. Рудные тела кон-

Подписи к рис.3.52-3.55

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-андезитовые (плагиоклазовые) и диабазовые порфириты и их лавобрекчии (J_3ox_2-km). 3-туфоконгломератобрекчии андезитовых (плагиоклазовых и диабазовых порфиритов (J_3ox_2-km). 4-туфопесчаники, туфы, песчаники с редкими прослоями известняков (J_3ox_2-km). 5-песчаники, туфопесчаники, известковистые песчаники, песчанистые известняки (J_3ox_2-km). 6-туфы, туффиты, известняки, туфопесчаники, туфоконгломераты (J_3ox_2-km). 7-базальные конгломераты (J_3ox_2-km). 8-лавобрекчии и пирокласты андезито-дацитовых (кварц-плагиоклазовых) порфиритов (J_2b_2). 9-андезито-дацитовые (кварцевые) порфириты барабатумской свиты (J_2b_2). 10-андезитовые (плагиоклазовые) порфириты, их лавобрекчии, и пирокласты (J_2b_2). 11-андезито-дацитовые и дацитовые (кварц-плагиоклазовые) порфириты и их лавобрекчии с прослоями пирокластов (J_2b_2). 12-андезитовые и андезито-дацитовые порфириты и их лавобрекчии (J_2b_1). 13-лавобрекчии андезитовых порфиритов (эпидотизированные, брекчиевидные) и их пирокласты (J_2b_1). 14-габбро-диориты и диориты (послеюрские). 15-альбитизированные плагиопорфириты (альбитофиры) ($>J_3$). 16-кварцевые плагиопорфиры ($>J_3$). 17-плагиопорфиры (послеюрские). 18-габбро-диориты и диабазовые порфириты ($>J_3$). 19-разрывные нарушения. 20-проекции контуров рудных зон на поверхности. 21-интервалы опробования. 22-24-величины мультипликативных показателей и коэффициента зональности: 22-$Zn \cdot Pb$ - $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^{-5}$; $Ni \cdot Co$ $(1\text{-}10) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ - $(0,01\text{-}0,1) \cdot 10^2$; 23-$Zn \cdot Pb$ - $(1,0\text{-}10,0) \cdot 10^{-5}$; $Ni \cdot Co$ $(10\text{-}100) \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ - $(0,1\text{-}1,0) \cdot 10^2$; 24-$Zn \cdot Pb$ -$>10 \cdot 10^{-5}$; $Ni \cdot Co$ - $>100 \cdot 10^{-7}$%; $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ - $>1,0 \cdot 10^2$.

тролируются структурным экраном - Восточно-Саядкарским разломом. Рудовмещающие породы представлены среднеюрскими образованиями, верхние горизонты разреза - верхнеюрскими породами (рис.3.56). На средних и верхних сечениях разреза в разновозрастных породах развиты интенсивные ореолы As - $>2 \cdot 10^{-2}$, Zn - $>10 \cdot 10^{-2}$, Pb - $>3 \cdot 10^{-2}$, Ba - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-2}$, Hg - $(10\text{-}30) \cdot 10^{-5}$ и Cr - $> 1 \cdot 10^{-3}$%, которые сужаются книзу и на горизонте 885-845 м достигают своих минимумов. Ореолы этих элементов

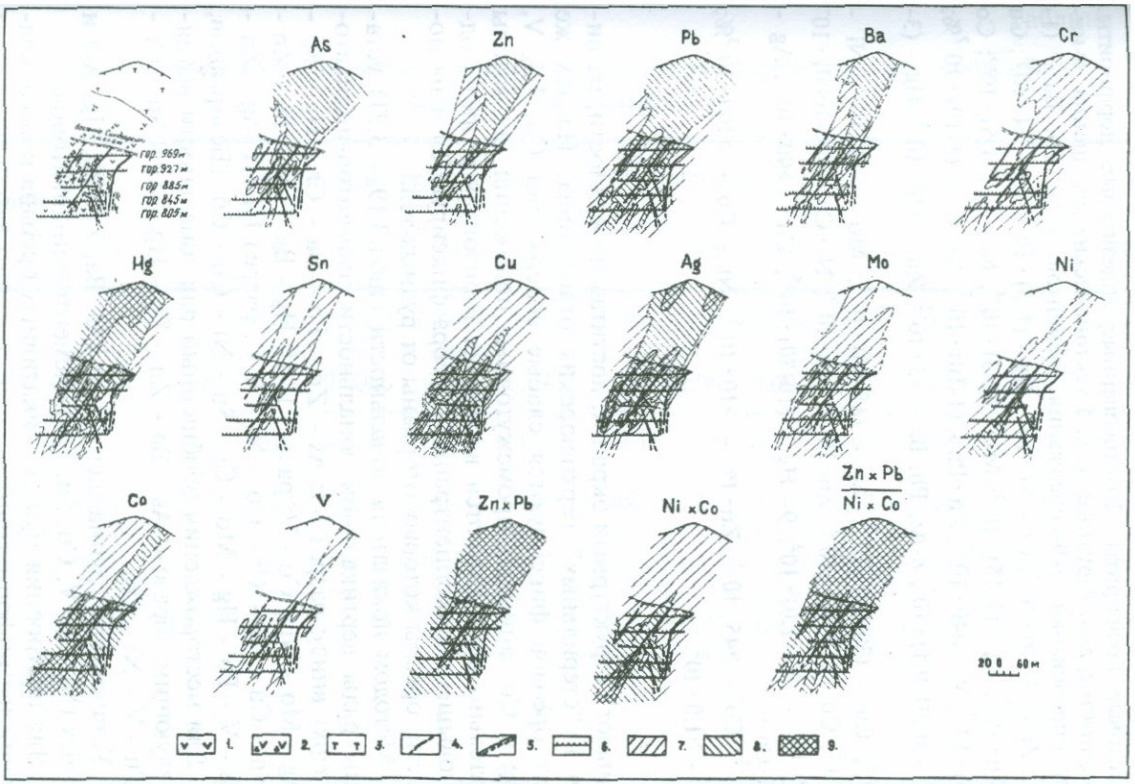


Рис.3.56. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Капанского месторождения (разрез I-I)

Подписи к рис.3.56

1-андезитовые порфириты. 2-огипсованные андезитовые порфириты. 3-туфоконгломераты. 4-рудные тела. 5-тектонические нарушения. 6-интервалы опробования. 7-9-содержания элементов: 7-As, Pb, Ba - $(1-3)\cdot10^{-2}$; Zn - $(3-10)\cdot10^{-3}$; Cr - $>1\cdot10^{-3}$; Hg - $(1-3)\cdot10^{-5}$; Sn - $>4\cdot10^{-4}$; Cu - $(10-30)\cdot10^{-3}$; Ag - $(5-15)\cdot10^{-5}$; Mo - $(1-3)\cdot10^{-4}$; Ni - $(0,5-1,5)\cdot10^{-3}$; Co - $(5-15)\cdot10^{-3}$; V - $>40\cdot10^{-3}$; Zn · Pb - $(1-10)\cdot10^{-5}$; Ni · Co - $(1-10)\cdot10^{-7}$%; $\frac{Zn\cdot Pb}{Ni\cdot Co}$ - $(0,01-0,1)\cdot10^{2}$; 8-As, Pb, Ba - $>3\cdot10^{-2}$; Zn - $>10\cdot10^{-3}$; Hg - $(3-10)\cdot10^{-5}$; Cu - $(30-90)\cdot10^{-3}$; Ag - $(15-45)\cdot10^{-5}$; Mo - $>3\cdot10^{-4}$; Ni - $>1,5\cdot10^{-3}$; Co - $(15-45)\cdot10^{-3}$; Zn · Pb - $>10\cdot10^{-5}$; Ni · Co - $(10-1000)\cdot10^{-7}$%; $\frac{Zn\cdot Pb}{Ni\cdot Co}$ - $(0,1-1,0)\cdot10^{2}$; 9- Hg - $(10-30)\cdot10^{-5}$; Cu - $>90\cdot10^{-3}$; Ag - $>45\cdot10^{-5}$; Co - $>45\cdot10^{-3}$; Zn · Pb - $>10\cdot10^{-5}$; Ni - Co - $>100\cdot10^{-3}$%; $\frac{Zn\cdot Pb}{Ni\cdot Co}$ - $>1,0\cdot10^{2}$.

"пробивают" структурный экран и, достигая поверхности, развиваются в "стерильных" верхнеюрских отложениях. На тех же уровнях ореолов фиксируются слабые содержания Co, Ni, V, Mo; Ag и Cu занимают промежуточные положения, их ореолы избирательно накапливаются в средних горизонтах разреза, однако повышенные концентрации серебра фиксируются и на поверхности, ореолы которых оторваны от рудных тел.

Методом показателя зональности (табл.3.19 - 3.21) установлены ряды вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): разрез I-I: As - Zn - Pb - Ba - Cr - Hg - Sn - Cu - Ag - Mo - Ni - Co - V; разрез II-II: Hg - Ba - -As - Pb - Zn - Mo - Sn - Cu - Ag - Cr - Co - Ni - V - ; разрез III-III: Ag - Zn - Ba - As - V - Pb - Hg - Mo - Cr - Sn - Ni - Cu - Co (Безирганов, 1981). Для месторождения обобщенный ряд зональности выглядит следующим образом: As - Ba - Zn - Pb - Hg - Ag - Sn - Cr - Mo - Cu - V - Ni - Co.

Установлена группа надрудных (As, Ba, Zn, Pb, Hg, Ag) и подрудных (Ni, Co, V, Cu, Sn, Mo) элементов-индикаторов.

Для построения мультипликативных ореолов использовались наиболее информативные в практическом отношении пары надрудных (Zn и Pb) и подрудных (Ni и Co) элементов-индика-

Таблица 3.19

Величины средних содержаний элементов-индикаторов Капанского месторождения (участок "7-10", разрез I-I)

Уровни ореолов	Величины средних содержаний элементов-индикаторов в %%												
	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Hg
Поверх.	0,03	0,003	0,04	0,0005	0,0011	0,014	0,001	0,15	0,009	0,065	0,0005	0,0001	0,0002
Гор.969 м	0,021	0,001	0,04	0,0006	0,002	0,041	0,001	0,063	0,003	0,035	0,0006	0,0003	0,0002
Гор.927 м	0,015	0,002	0,044	0,0009	0,003	0,53	0,001	0,04	0,003	0,03	0,0004	0,0002	0,00004
Гор.885 м	0,013	0,0011	0,04	0,0011	0,0044	0,19	0,0002	0,033	0,003	0,02	0,0004	0,0002	0,00013
Гор.845 м	0,01	0,001	0,04	0,0011	0,004	0,07	0,00015	0,03	0,003	0,01	0,0004	0,0001	0,00008
Гор.805 м	0,01	0,0013	0,04	0,0015	0,0055	0,081	0,0001	0,03	0,002	0,01	0,0004	0,0002	0,00003
Коэффициент контрастности	3	2,307	1	0,33	0,2	0,17	10	5	4,5	6,5	1,25	0,5	6,66

Таблица 3.20

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов Капанского месторождения (участок "7-10", разрез I-I)

Уровни ореолов	Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%												
	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Hg
Поверх.	5,4	0,63	1,6	0,025	0,12	2,94	0,2	31,5	1,89	13,65	0,05	0,007	0,042
Гор.969 м	2,31	0,13	1,6	0,096	0,22	7,38	0,13	10,08	0,21	3,85	0,096	0,063	0,04
Гор.927 м	1,65	0,06	2,2	0,072	0,33	106,0*	0,18	4,0	0,18	2,4	0,012	0,032	0,006
Гор.885 м	0,91	0,132	2,0	0,165	0,48	36,1	0,02	2,64	0,21	1,6	0,008	0,4	0,013
Гор.845 м	0,7	0,06	2,0	0,187	0,44	13,3	0,009	0,9	0,24	0,3	0,008	0,015	0,0112
Гор.805 м	0,2	0,234	6,4	0,32	0,61	16,2	0,002	0,6	0,12	0,1	0,004	0,036	0,0039
Коэффициент контрастности	27	2,69	0,25	0,078	0,19	0,18	100	52,5	15,75	136,5	12,5	0,19	10,76

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности.

Таблица 3.21

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Капанского месторождения (участок "7-10", разрез I-I)

Элементы	Нормированное значение линейной продуктивности							Показатель зональности					
	Горизонт, м							Горизонт, м					
	Кн	поверх.	969	927	885	845	805	поверх.	969	927	885	845	805
Ba	100	540	231	165	91	70	20	0,091*	0,06	0,07	0,004	0,023	0,004
Cr	1000	630	130	60	132	60	234	0,106	0,033	0,025	0,006	0,02	0,045
V	100	160	160	220	200	200	640	0,027	0,04	0,093	0,009	0,07	0,124
Ni	10000	250	960	720	16500	1870	3200	0,042	0,24	0,305	0,76	0,62	0,62
Co	1000	120	220	330	480	440	610	0,02	0,055	0,14	0,022	0,145	0,12
Cu	1	2,94	7,38	106,0	36,1	13,3	16,2	0,0005	0,002	0,045	0,002	0,0044	0,003
Ag	1000	200	130	180	20	9	2	0,034	0,033	0,076	0,0009	0,003	0,0004
Zn	10	315	100,8	40	26,4	9	6	0,053	0,025	0,017	0,001	0,003	0,0012
Pb	100	189	21	18	21	24	12	0,032	0,005	0,008	0,001	0,008	0,002
As	10	136,5	38,5	24	16	3	1	0,023	0,01	0,01	0,0007	0,001	0,0002
Hg	10000	420	400	60	130	112	39	0,071	0,1	0,025	0,006	0,04	0,007
Sn	10000	500	960	120	80	80	40	0,084	0,24	0,051	0,004	0,03	0,008
Mo	1000	70	630	320	4000	150	360	0,012	0,16	0,135	0,18	0,05	0,07
Сумма	-	5940,4	3988,7	2363	21732,5	3040,0	5180,2	-	-	-	-	-	-

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения показателя зональности.

торов. Эти элементы определены опробированием (построением) мультипликативных ореолов в различных ассоциациях элементов по эталонным разрезам и фрагментам разведочных горизонтов, а также результатами опробования пород по месторождению, где As, Hg, Ba и Ag, а также V и Mo не фиксируются постоянно. Интенсивные мультипликативные ореолы $Zn \cdot Pb$ приурочены к верхним сечениям разрезов (месторождения), где они фиксируются в верхнеюрских вулканогенных образованиях (рис.3.54). Книзу ореолы сужаются и, не достигая глубоких горизонтов месторождения, полностью выклиниваются (рис.3.56). Обратная картина характерна для подрудных ореолов $Ni \cdot Co$ (рис.3.55, 3.56).

Средняя величина мультипликативного показателя надрудных ($Zn \cdot Pb$) ореолов с глубиной (от поверхности до горизонта 805 м) изменяется (уменьшается) в 30-50 раз, подрудных ($Ni \cdot Co$) - увеличивается до 80 раз (табл.3.22, рис.3.57). Ореолы, оконтуренные по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$, обладают высокой контраст-

Таблица 3.22

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Капанского месторождения (участок "7-10" разрез I-I)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных ореолов, % $Zn \cdot Pb$	Средние мультипликативные показатели подрудных ореолов, % $Ni \cdot Co$	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$
Поверхность	$134{,}00 \cdot 10^{-5}$	$4{,}12 \cdot 10^{-7}$	$35{,}66 \cdot 10^{2}$
Горизонт 969 м	$20{,}45 \cdot 10^{-5}$	$9{,}05 \cdot 10^{-7}$	$2{,}78 \cdot 10^{2}$
Горизонт 927 м	$8{,}40 \cdot 10^{-5}$	$15{,}65 \cdot 10^{-7}$	$0{,}99 \cdot 10^{2}$
Горизонт 885 м	$9{,}90 \cdot 10^{-5}$	$49{,}40 \cdot 10^{-7}$	$0{,}22 \cdot 10^{2}$
Горизонт 845 м	$5{,}31 \cdot 10^{-5}$	$49{,}34 \cdot 10^{-7}$	$0{,}20 \cdot 10^{2}$
Горизонт 805 м	$4{,}50 \cdot 10^{-5}$	$94{,}40 \cdot 10^{-7}$	$0{,}11 \cdot 10^{2}$
Коэффициент контрастности	29,77	0,043	324,18

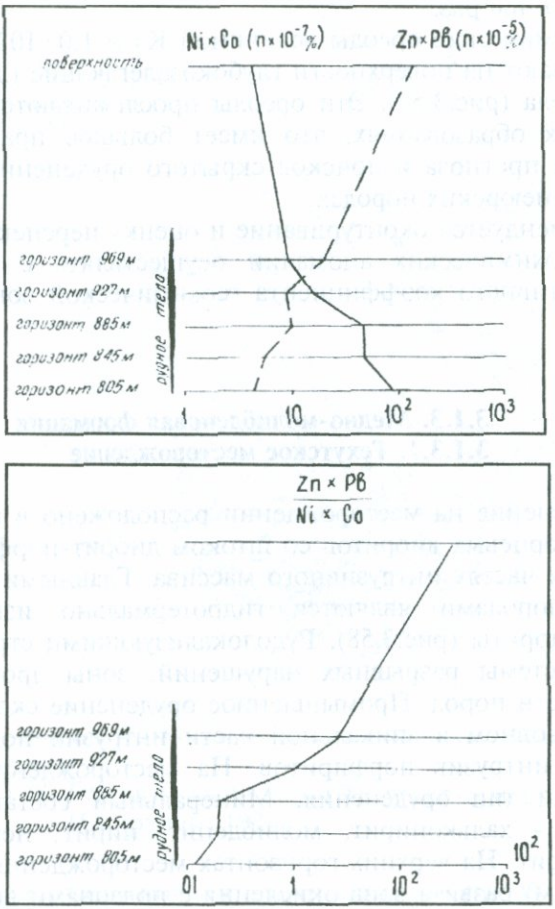


Рис.3.57. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей элементов и коэффициента геохимической зональности Капанского месторождения (участок "7-10", разрез I-I)

ностью и большими размерами, приурочены к верхним сечениям изученных разрезов. На глубину они сужаются, как и ореолы Zn · Pb, но исчезают на средних горизонтах. Средняя величина Кз от поверхности до самых глубоких горизонтов уменьшаются в

среднем в 300-400 раз.

Геохимические ореолы величиной Кз > 1,0 · 102 отчетливо оконтуривают на поверхности глубокозалегающие (до 250-300 м) рудные тела (рис.3.53). Эти ореолы прослеживаются также в верхнеюрских образованиях, что имеет большое практическое значение для прогноза и поисков скрытого оруденения, залегающего в среднеюрских породах.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий осуществлять с помощью мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$.

3.1.3. Медно-молибденовая формация

3.1.3.1. Техутское месторождение

Оруденение на месторождении расположено в контактовых зонах кварцевых диоритов со штоком диорит-порфиритов и в апикальных частях интрузивного массива. Главными рудовмещающими породами являются гидротермально измененные кварцевые диориты (рис.3.58). Рудолокализующими структурами являются системы разрывных нарушений, зоны дробления и трещиноватости пород. Промышленное оруденение сконцентрировано в основном в апикальной части интрузии под толщей вмещающих интрузив порфиритов. На месторождении развит штокверковый тип оруденения. Минеральный состав рудных тел: рудные - халькопирит, молибденит, пирит; нерудные - кварц, ангидрит. На верхних горизонтах месторождения (до глубины 30-100 м) развита зона окисления с подзонами выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения.

Проводилось геохимическое опробование поверхности месторождения и прилегающих к нему участков, разведочного горизонта штольни № 2, а также керна скважин (Безирганов, 1986).

Первичные геохимические ореолы. *Элементный состав.* Установлено сходство элементного состава ореолов и рудных тел: рудные тела - Cu, Mo, Ag, Zn, Pb, As, Sb, Ni, Co, Bi, W, Sn, Au, Te и др.; первичные геохимические ореолы - Cu, Mo, Ag, Zn, Pb, Sn, Ni, Co, Bi, W, Sb, As и др. Основными ореолообразу-

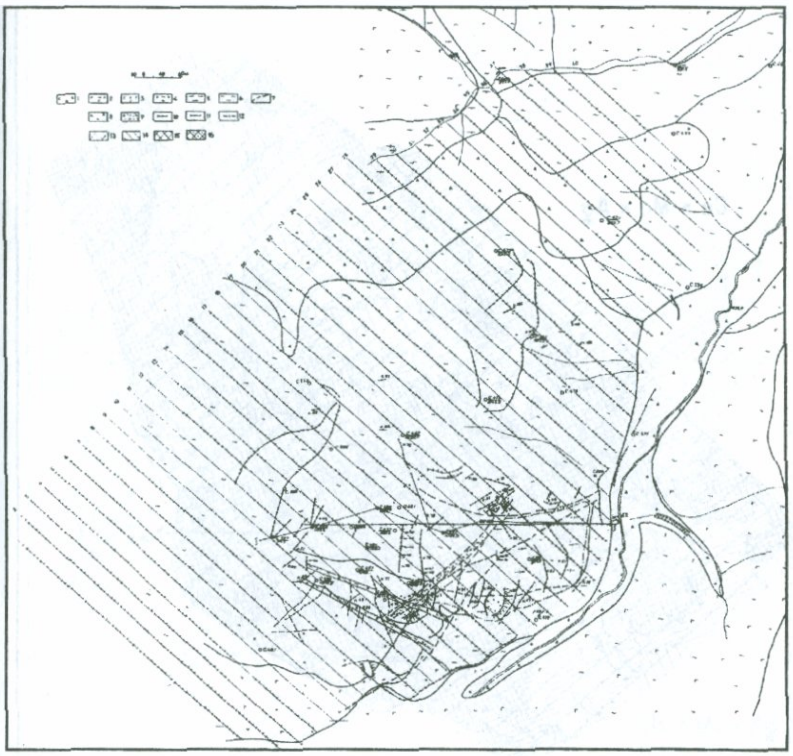


Рис.3.58. Геологическая карта Техутского месторождения (Сейранян, 1976)

ющими элементами-индикаторами являются Cu, Mo, Ag, Zn, Pb, Sn, Co и W.

Среди ореолообразующих элементов-индикаторов Cu, Mo, Zn, Pb и Ag находятся в тесной положительной корреляционной связи (от +0,46 до +0,89); слабую положительную связь проявляют Sn, Co, W. В отрицательной и слабой положительной связи находятся элементы двух различных групп: Cu, Mo, Zn, Pb, Ag и Sn, Co, W.

Интенсивность. Максимальные концентрации Cu - $>1 \cdot 10^{-1}$, Mo - $1 \cdot 10^{-2}$ и Ag - $>1 \cdot 10^{-4}$% - установлены в пределах

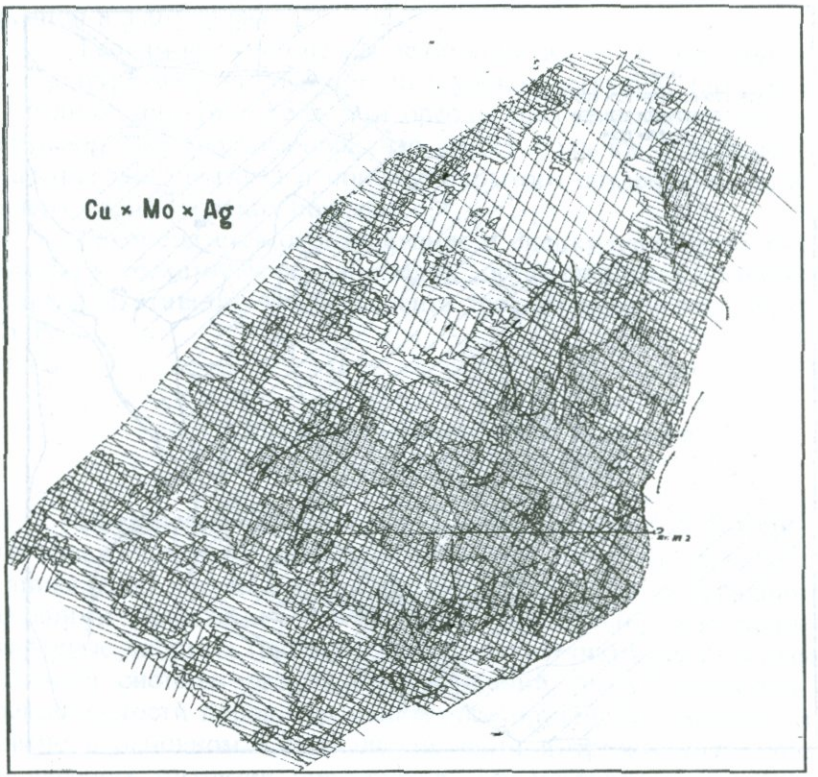


Рис.3.59. Вторичные мультипликативные ореолы Cu · Mo · Ag Техутского месторождения (поверхность)

зон прожилково-вкрапленной минерализации и в непосредственной близости от них. Ореолы Co контрастны ($1 \cdot 10^{-2}$%) и широко проявлены на нижних горизонтах месторождения на уровне штольни №2 (рис.3.61). W и Pb создают очень слабые ореолы, содержания которых соответственно равны $1 \cdot 10^{-3}$ и (6-15) $\cdot 10^{-3}$%. По мере удаления от интенсивно минерализованных зон установлено понижение контрастности ореолов Cu, Mo, Co.

Размеры. Первичные ореолы месторождения характеризуются большими размерами. Ореолы Cu и Mo имеют ширину 250-300 м; Ag - 200-250 м; Co - 150-200 м; Zn, Pb и W до 100 м. Вертикальная протяженность ореолов Cu, Mo и Ag - 250-300 м,

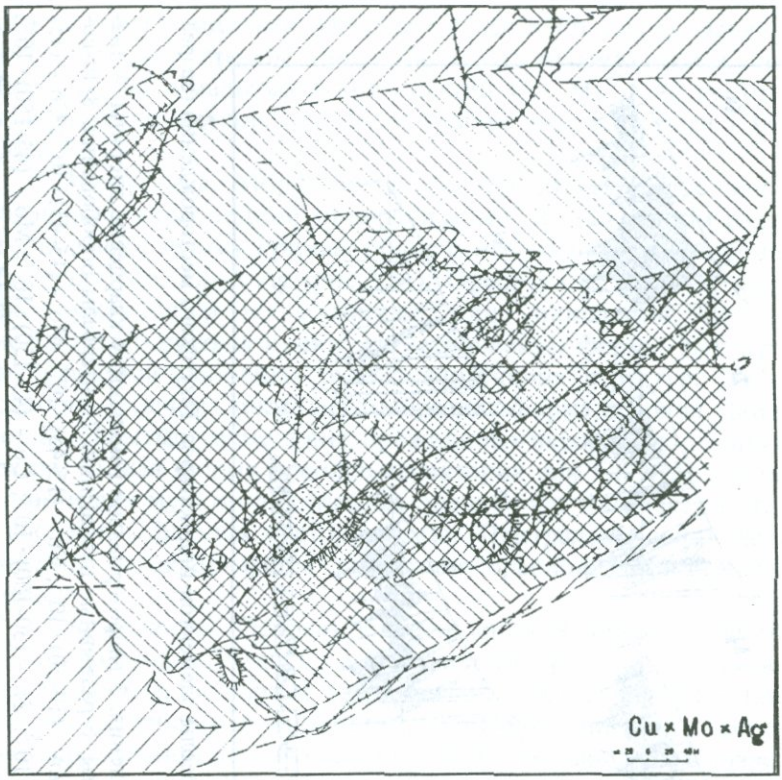


Рис.3.60. Первичные мультипликативные ореолы Cu · Mo · Ag Техутского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.58-3.60

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-слабо измененные гранодиориты. 3-сильно измененные выветрелые гранодиориты. 4-сильно измененные кварцевые диориты. 5-гранодиорит-порфиры. 6-кварцевые, кварц-мусковитовые, кварц-каолиновые метасоматиты. 7-тектонические нарушения. 8-диориты, кварцевые диориты, гранодиориты. 9-зона дробления пород. 10-место взятия геохимических проб из рыхлых отложений. 11-место взятия геохимических проб из коренных пород. 12-оползневые уступы. 13-16-величины мультипликативного показателя Cu · Mo · Ag: 13-(1-100) · 10^{-12}; 14-(100-1000) · 10^{-12}; 15-(1000-10000) · 10^{-12}; 16->10000 · 10^{-12}%.

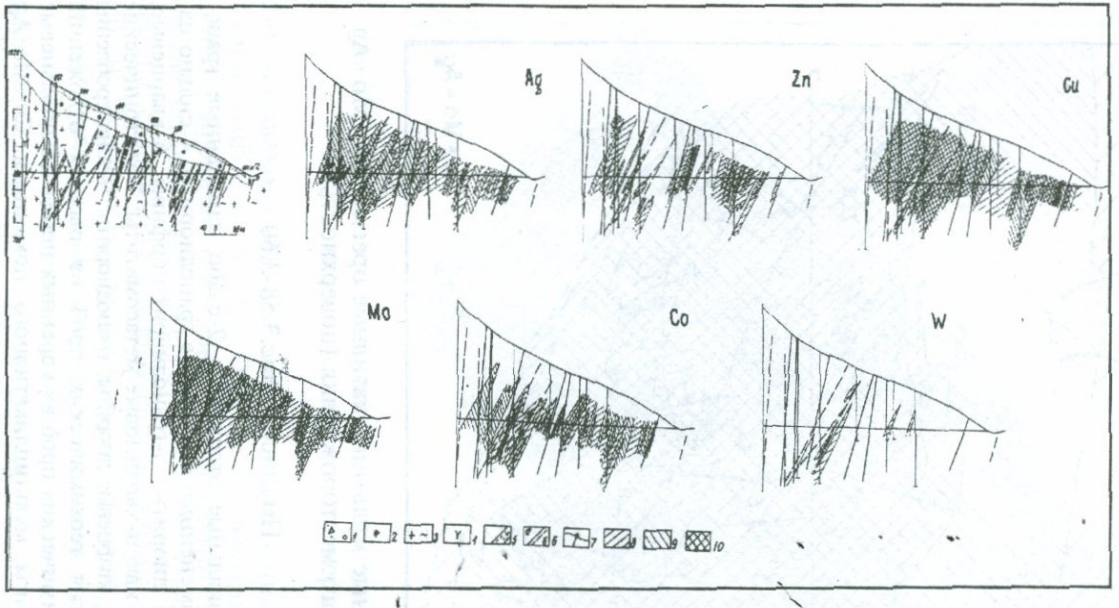


Рис.3.61. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Техутского месторождения (разрез по оси штольни № 2)

1-делювиальные отложения. 2-зона окисления. 3-гидротермально измененные кварцевые диориты. 4-диабазовые порфириты. 5-диорит-порфириты. 6-разрывные нарушения. 7-интервалы опробования. 8-10-содержания элементов: 8-Ag - (2-5) · 10^{-5}; Zn - (10-30) · 10^{-3}; Cu - (15-45) · 10^{-3}; Mo - (15-45) · 10^{-4}; Co - (15-45) · 10^{-4}; W - 7,5 · 10^{-4}%; 9.-Ag - (5-10) · 10^{-5}; Zn - (30-100) · 10^{-3}; Cu - (45-150) · 10^{-3}; Mo - (45-150) · 10^{-4}; Co - (45-100) · 10^{-4}%; 10.-Ag - >10 · 10^{-5}; Zn - >100 · 10^{-3}; Cu - > · 10^{-3}; Mo - >150 · 10^{-4}; Co - >100 · 10^{-4}%.

достигая зоны окисления. Ореолы Co, Zn и Pb кверху выклиниваются. В плане ореолы имеют большую протяженность, и их длина для максимальных концентраций Cu, Mo и Ag достигает нескольких сот метров, при более слабой интенсивности - 1000-1200 м.

Морфология. Морфология ореолов согласуется с зонами прожилково-вкрапленной минерализации. В поперечном разрезе ореолы имеют форму прямых полос с небольшим расширением кверху для Mo, Cu и Ag (рис.3.61). Ореолы Co, Zn и W кверху резко сужаются и не достигают зоны окисления. В плане (рис.3.59-3.60) ореолы имеют изометрическую форму, вытянутую в направлении основных рудолокализующих структур. На поверхности отмечена также лентообразная форма ореолов, фиксирующая скрытые узкие зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Такая форма ореолов характерна для Cu и Mo, в особенности для мультипликативных ореолов Cu · Mo · Ag, развитых на восточных флангах месторождения. Центральная часть месторождения характеризуется развитием ореолов изометрической формы.

Зональность. Особенности строения и зональности первичных ореолов изучались на Центральном участке месторождения. Разрезы в основном представлены гидротермально измененными кварцевыми диоритами, вмещающими зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Верхние горизонты разрезов представлены зоной окисления. Ореолы изучались по трем условно выделенным горизонтам - 1,2,3 (рис.3.61). В верхних сечениях разреза развиты интенсивные ореолы Cu - $1 \cdot 10^{-1}$, Mo - $1 \cdot 10^{-2}$ и Ag - $>1 \cdot 10^{-4}$%. Ореолам Zn - $(30\text{-}100) \cdot 10^{-3}$, Pb - $(6\text{-}15) \cdot 10^{-3}$, Co - $(45\text{-}100) \cdot 10^{-4}$ и W - $(3\text{-}10) \cdot 10^{-4}$% характерно развитие на средних и нижних сечениях разреза. Закономерное изменение показателей геохимических параметров разрезов от глубоких горизонтов к верхним сечениям, выражающимся в изменении рядов зональности и их соответствующих параметров количественной характеристики, выявляют относительно продуктивное скопление Co на глубоких горизонтах, Mo - на средних горизонтах, в верхних сечениях - Cu, Ag, Pb и Zn (Григорян и др., 1981). Ореолы Zn, Pb и Sn слабоконтрастны. Эти элементы занимают промежуточное положение в вертикальном зональном

ряду, который выражается в следующем порядке элементов-индикаторов (сверху вниз): Ag - Pb - Zn - Cu - Sn - Mo - Co - W.

Параметры количественной характеристики вертикальной зональности наиболее контрастно и устойчиво проявлены по мультипликативному коэффициенту геохимической зональности $\frac{Cu \cdot Ag}{Mo^2}$, $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$.

Вторичные геохимические ореолы. При геохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния выявляются аномалии не только связанные с промышленными рудными телами, но и с зонами рассеянной рудной минерализации, рудопроявлениями, а также с корневыми частями эродированных (уничтоженных) рудных тел и месторождений. Это положение требует разбраковки большого количества выявленных геохимических аномалий с целью выделения среди них аномалий, фиксирующих скрытое промышленное эндогенное оруденение. Как показал опыт исследований, наиболее эффективный путь разработки подобной методики - это использование при геохимических поисках по вторичным ореолам методики интерпретации первичных геохимических ореолов.

С целью корреляции первичных и вторичных геохимических ореолов проводилось сопряженное геохимическое опробование коренных пород и рыхлых отложений по эталонным профилям над известным промышленным оруденением Центрального участка Техутского медно-молибденового месторождения. Исследуемый участок покрыт пышной растительностью и лесом. Эрозионный, реже эрозионно-аккумулятивный тип рельефа определяет формирование остаточных вторичных геохимических ореолов открытого типа. В пределах положительных элементов рельефа развиты маломощные (0,5-2,0 м) элювиально-делювиальные отложения.

Для установления степени накопления или выноса элементов-индикаторов в процессе формирования вторичных геохимических ореолов рассеяния рассчитывались средние содержания ореолообразующих элементов в рыхлых отложениях, в зоне окисления и в коренных породах (табл.3.23). В последующем были рассчитаны величины отношения средних содержаний элементов во вторичных и первичных ореолах с целью определения коэффициентов соответствия (Кс). Значение коэффициента со-

ответствия меньше единицы указывает на вынос данного элемента из вторичных ореолов, больше единицы - на обогащение вторичных ореолов этими элементами (табл.3.24). Эти данные показывают, что при формировании геохимических ореолов в зоне окисления и в рыхлых отложениях подвижность ореолообразующих элементов характеризуется сходными рядами.

Сравнение средних содержаний элементов-индикаторов в первичных и вторичных ореолах, а также анализ рядов подвижности элементов позволяют выделить Ag, Pb, Sn и Mo как наиболее эффективные элементы для определения уровня эрозионного среза первичных ореолов, т.к. расхождения в параметрах первичных и вторичных ореолов минимальные.

Учитывая минимальные расхождения в параметрах первичных и вторичных ореолов Cu, Mo и Ag, а также результаты пространственного сопоставления ореолов Cu, Mo и Ag, вторичные ореолы на площади Техутского месторождения оконтурены по мультипликативному показателю $Cu \cdot Mo \cdot Ag$. Оценка вторичных геохимических аномалий производится по Кз $\frac{Ag \cdot Pb}{Mo^2}$. Для более надежного использования этих элементов при поисковом прогнозировании и количественного выражения связи содержаний элементов в первичных и вторичных ореолах проводилась порядковая корреляция 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); и т.д.; элементы, характеризующиеся сильной подвижностью в зоне гипергенеза с величиной коэффициента соответствия (0,2-0,25) проявляют очень слабую корреляционную связь - Co(+0,06), Zn(+0,12).

Для достоверного использования вторичных ореолов $Cu \cdot Mo \cdot Ag$, как критериев поискового прогнозирования скрытого медно-молибденового оруденения, на том же участке оконтурены первичные геохимические ореолы (пробы отбирались из коренных пород по бортам дорог, в шурфах, траншеях и из керна скважин). Пространственным сопоставлением вторичных и первичных ореолов (рис.3.59, 3.60) установлены незначительные

Таблица 3.23

Средние содержания химических элементов в ореолах, развитых в рыхлых отложениях, в зоне окисления и в коренных породах Техутского месторождения

Горизонты опробования	К-во проб	Средние содержания элементов, %												
		10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-1}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-3}
		Cu	Mo	Ag	Zn	Pb	Bi	Sn	W	P	Se	Co	Sr	Ni
Рыхлые отложения	50	40	100	4,5	0,3	4	-	5	-	2	10	5	15	3
Зона окисления	50	50	130	5	5	5	1	5	0,3	2	10	5	15	3
Коренные породы	50	120	150	5	20	5	1	6	0,4	-	3	20	3	5

Таблица 3.24

Величины коэффициента соответствия первичных и вторичных ореолов Техутского месторождения

Горизонты опробования			Средние содержания элементов, %											
	Cu	Mo	Ag	Co	Zn	Pb	Bi	Sn	W	P	Se	Be	Sr	Ba	Ni
Рыхлые отложения - зона окисления - коренные породы	0,33	0,86	0,9	0,25	0,2	1,2	-	0,8	-	2	3,3	-	5	-	0,6
Ряд подвижности	Sr	Sc	P	Pb	Ag	Mo	Sn	Ni	(Cu)	Co	Zn	-	-	-	-
Зона окисления - коренные породы	0,41	0,86	1	0,25	0,33	1,0	1,0	0,8	0,7	2	3,3	-	5,5	-	0,6
Ряд подвижности	Sr	Sc	P	Ag	Pb	Bi	Mo	Sn	W	Ni	(Cu)	Zn	-	-	-

расхождения в их морфологии и размерах. Учитывая ландшафтно-геохимические условия местности, рекомендуется мультипликативный показатель $Cu \cdot Mo \cdot Ag$ для оконтуривания вторичных геохимических ореолов, а коэффициент зональности $\frac{Ag \cdot Pb}{Mo^2}$ - как качественный показатель уровня эрозионного среза зон прожилково-вкрапленной минерализации.

3.1.4. Свинцово-цинковая формация

3.1.4.1. Ахтальское месторождение

Месторождение сложено вулканогенными породами средней юры - кварцевыми плагиопорфирами и перекрывающей их мощной толщей порфиритов и их туфобрекчий (рис.3.62). Эндогенное оруденение приурочено к верхним горизонтам кварцевых плагиопорфиров, локализовано непосредственно под контактом этой толщи с вышележащими порфиритами. Порфириты играют роль фильтрационных экранов. Рудоконтролирующими структурами являются контакты покровных порфиритов с кварцевыми плагиопорфирами, а также зонами дробления и трещиноватости пород, сопровождающих разрывные нарушения. Оруденение представлено в основном плоскими линзами и гнездами, а также зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Минеральный состав рудных тел: рудные - сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, теннантит, борнит, гематит, халькозин и др.; нерудные - барит, кварц, серицит, кальцит.

Первичные геохимические ореолы. С целью изучения первичных геохимических ореолов месторождения отобрано 1050 проб, в т.ч. из подземных горных выработок - 262 пробы, на поверхности месторождения - участок "Центральный" - 164, на Южно-Ахтальском участке - 424 и на фоновых участках - 200.

Элементный состав ореолов месторождения многокомпонентный, но наиболее важными из них являются Zn, Pb, Ba, Ag, Co, Cu, Ni, Bi, Sn и Mo. Сопоставление элементного состава рудных тел (Зограбян, 1966) и геохимических ореолов показало их сходство в концентрациях основных рудообразующих металлов и различия в содержаниях элементов-примесей (Ni, Co и др.). Результаты корреляционного анализа между содержаниями широкого круга химических элементов позволили выделить сре-

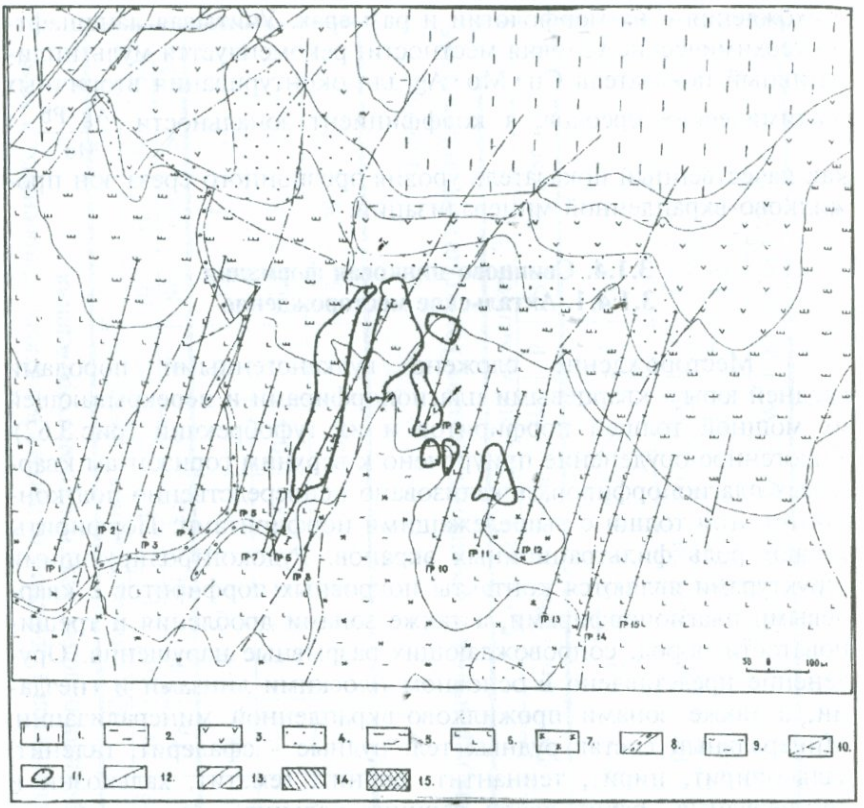


Рис.3.62. Геологическая карта месторождения Ахтала (Сопко, Лачинян, Чернышев, Монахов, 1968)

ди них наиболее главные элементы-индикаторы полиметаллического оруденения. Надрудные элементы находятся в очень тесной положительной корреляционной связи: Zn - Pb (+0,96), Zn - Ag (+0,82), Zn - Ba (+0,66), Pb - Ag (+0,76), Pb - Ba (+0,61), Ag - Ba (+0,69). Между содержаниями подрудных и надрудных элементов установлена очень слабая положительная (отрицательная) связь, которая колеблется в пределах от +0,28 до -0,31. Подрудные элементы находятся в положительной связи.

Таким образом, наиболее информативными элементами-индикаторами полиметаллического оруденения являются: Zn,

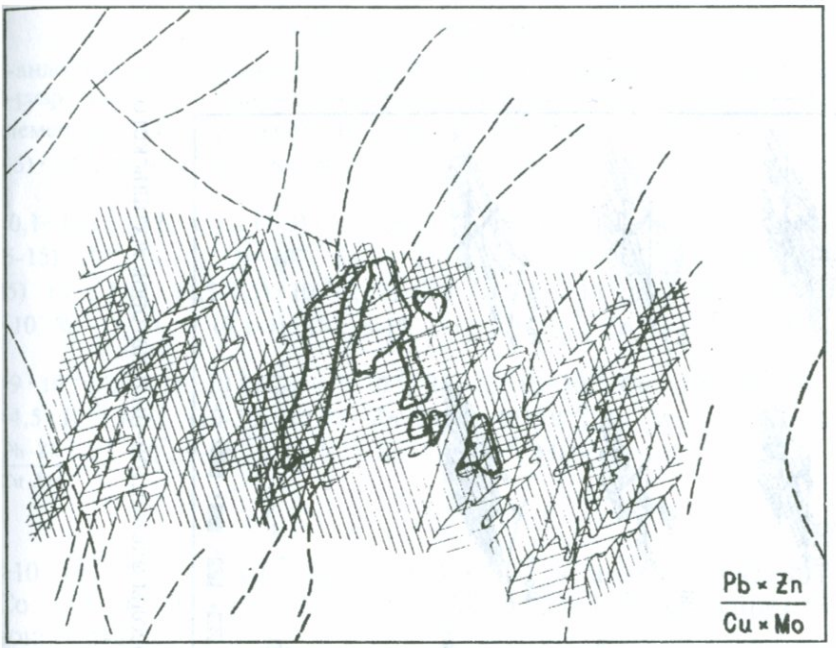


Рис.3.63. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Mo}$ Ахтальского месторождения (поверхность)

Подписи к рис.3.62, 3.63

1-аркозовые и полимиктовые песчаники (J_3K). 2-туфогенные и полимиктовые песчаники (J_3K). 3-пироксеновые порфириты (J_3bt). 4-нижняя свита песчаников (J_3b-bt). 5-кератофиры, их туфы и вулканические брекчии (J_3b_2). 6-андезитовые порфириты (J_3b_1). 7-кварцевые порфиры и порфириты (J_3). 8-ортофировые дайки. 9-гидротермально измененные породы. 10-разрывные нарушения. 11-проекции рудных тел на поверхность. 12-интервалы опробования. 13-15-величины коэффициента зональности $\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Mo}$: 13-$<0{,}1 \cdot 10^{-3}$; 14-$(0{,}1\text{-}1) \cdot 10^{2}$; 15-$>1 \cdot 10^{2}$.

Pb, Ag, Ba, Cu, Mo, Ni, Co.

Интенсивность. Интенсивные ореолы Pb - $>10 \cdot 10^{-3}$, Zn -

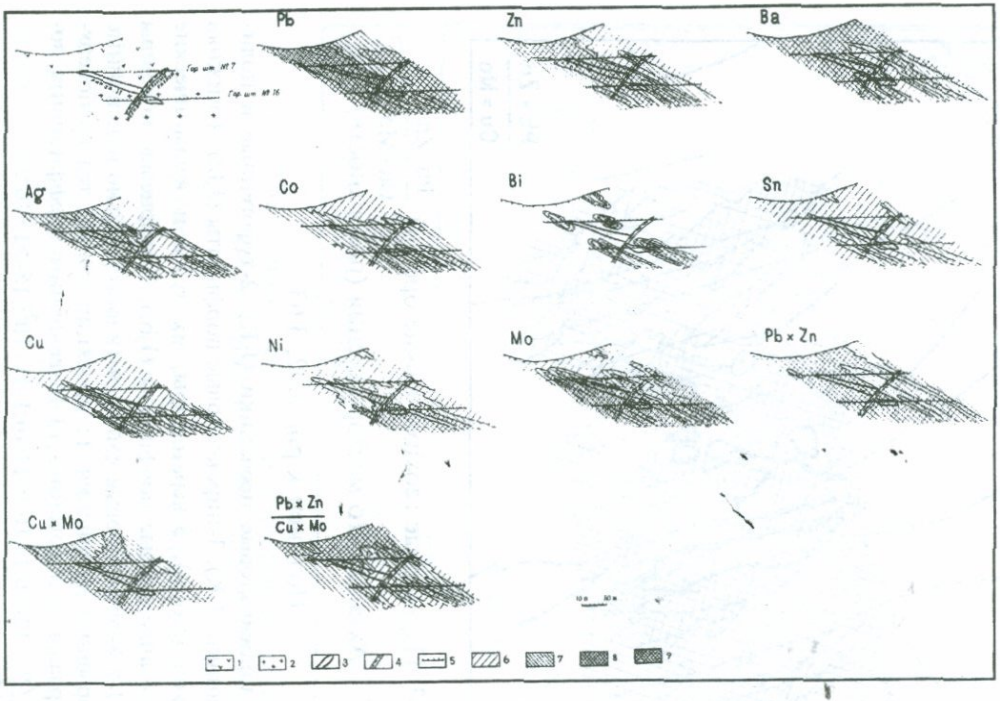


Рис.3.64. Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов Ахтальского месторождения (разрез I-I)

Подписи к рис.3.64

1-андезитовые порфириты. 2-кварцевые плагиопорфиры. 3-рудные тела. 4-разрывные нарушения. 5-интервалы опробования. 6-9-содержания элементов: 6-Zn, Ba - $(1\text{-}3)\cdot10^{-2}$; Ag - $<5\cdot10^{-5}$; Co - $<1\cdot10^{-3}$; Ni - $(0{,}5\text{-}1{,}5)\cdot10^{-3}$; Bi - $<1\cdot10^{-4}$; Sn, Mo - $(1\text{-}3)\cdot10^{-4}$; Cu - $(5\text{-}15)\cdot10^{-3}$%; $\frac{Pb\cdot Zn}{Cu\cdot Mo}$ - $<0{,}1\cdot10^{2}$; 7- Pb, Co - $(1\text{-}3)\cdot10^{-3}$; Zn - $(3\text{-}10)\cdot10^{-2}$; Ba - $(3\text{-}9)\cdot10^{-2}$; Ag - $(5\text{-}15)\cdot10^{-5}$; Bi - $(1\text{-}3)\cdot10^{-4}$; Sn - $>3\cdot10^{-4}$; Mo - $(3\text{-}10)\cdot10^{-4}$; Cu - $(15\text{-}45)\cdot10^{-3}$; Ni - $(1{,}5\text{-}4{,}5)\cdot10^{-3}$%; $Zn\cdot Pb$ - $(1\text{-}10)\cdot10^{-5}$; $Cu\cdot Mo$ - $(1\text{-}10)\cdot10^{-7}$%; $\frac{Pb\cdot Zn}{Cu\cdot Mo}$ - $(0{,}1\text{-}1)\cdot10^{2}$; 8-Pb - $(3\text{-}10)\cdot10^{-3}$; Zn - $>10\cdot10^{-2}$; Ba - $>9\cdot10^{-2}$; Ag - $>15\cdot10^{-5}$; Co - $>3\cdot10^{-3}$; Bi - $(3\text{-}10)\cdot10^{-4}$; Cu - $>45\cdot10^{-3}$; Ni - $>4{,}5\cdot10^{-3}$; Mo - $(10\text{-}30)\cdot10^{-4}$%; $Zn\cdot Pb$ - $>10\cdot10^{-5}$; $Cu\cdot Mo$ - $>10\cdot10^{-7}$%; $\frac{Pb\cdot Zn}{Cu\cdot Mo}$ - $>1\cdot10^{2}$; 9-Pb - $>10\cdot10^{-3}$; Bi - $>10\cdot10^{-4}$; Mo - $>30\cdot10^{-4}$%.

$>10\cdot10^{-2}$, Ba - $>9\cdot10^{-2}$, Ag - $>(15\text{-}45)\cdot10^{-5}$, а также Cu - $>45\cdot10^{-3}$, Co - $>(3\text{-}10)\cdot10^{-3}$, Ni - $>4{,}5\cdot10^{-3}$ и Mo - $>30\cdot10^{-4}$% фиксируются вокруг рудных тел.

На поверхности месторождения установлены повышенные содержания надрудных элементов-индикаторов, ореолы которых фиксируют глубокозалегающие рудные тела - линзы. Здесь ореолы развиты в перекрывающих рудоносную толщу порфиритах. Порфириты, играющие роль фильтрационных экранов для промышленного оруденения, являются проницаемыми для формирования в них первичных ореолов с высокими концентрациями Zn, Pb, Ba и Ag.

Размеры. Большими размерами обладают ореолы Ba, затем Pb, Zn и Ag. Фактическая вертикальная протяженность надрудных элементов достигает 60-80 м, а при схематическом восстановлении их эродированной части можно предположить о большей (до 200 м) протяженности. Ширина ореолов с высокой концентрацией элементов-индикаторов в среднем, равна 20-40м. Максимальной шириной ореолов обладают Pb, Zn, Ag и Ba; Bi, Sn, Co и Ni создают относительно узкие ореолы.

Морфология. Форма ореолов согласуется с морфологией рудных тел. В поперечном разрезе напоминает форму пламени

Таблица 3.25

Величины средних содержаний элементов-индикаторов Ахтальского месторождения (разрез I-I)

Величины средних содержаний элементов-индикаторов в %%										
Уровень ореолов	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Bi	Sn	Mo
Поверхность	0,38	0,0015	0,0018	0,0091	0,00019	0,317	0,21	0,00015	0,0003	0,00045
Горизонт шт.7	0,31	0,0022	0,0017	0,014	0,00028	0,203	0,057	0,00032	0,00032	0,0013
Горизонт шт.16	0,18	0,0038	0,0048	0,09	0,00012	0,061	0,011	0,0005	0,00034	0,0046
Коэффициент контрастности	2,1	0,35	0,45	0,1	1,5	5,2	19	0,3	0,8	0,09

Таблица 3.26

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов Ахтальского месторождения (разрез I-I)

Величины линейной продуктивности элементов-индикаторов в м%										
Уровень ореолов	Ba	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Bi	Sn	Mo
Поверхность	83,6*	0,03	0,18	2,002	0,0304	69,74	46,2	0,003	0,006	0,009
Горизонт шт.7	62,0	0,286	0,357	3,36	0,042	48,72	13,68	0,013	0,016	0,21
Горизонт шт.16	30,6	0,57	1,1	20,7	0,012	14,03	2,53	0,025	0,05	0,97
Коэффициент контрастности	2,73	0,052	0,16	0,09	2,53	4,97	18,2	0,12	0,12	0,009

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности.

Таблица 3.27

Величины показателя зональности элементов-индикаторов Ахтальского месторождения

Элементы	Кн	Нормированное значение линейной продуктивности			Показатель зональности		
		Горизонт, м			Горизонт, м		
		Поверх.	Гор.шт.7	Гор.шт.16	Поверх.	Гор.шт.7	Гор.шт.16
Ba	1	83,6	62,0	30,6	0,34	0,25	0,096
Ni	100	3,0	28,6	57,0	0,012	0,114	0,18
Co	10	1,8	3,57	11,0	0,007	0,014	0,034
Cu	1	2,0	3,36	20,7	0,008	0,013	0,065*
Ag	1000	30,4	42,0	12,0	0,123	0,17	0,04
Zn	1	69,74	48,72	14,03	0,28	0,19	0,044
Pb	1	46,2	13,68	2,53	0,19	0,054	0,008
Bi	1000	3,0	13,0	25,0	0,012	0,052	0,08
Sn	1000	6,0	16,0	50,0	0,024	0,064	0,16
Mo	100	0,9	21,0	97,0	0,004	0,08	0,13
Сумма		246,6	251,9	319,9	-	-	-

*Подчеркнуты максимальные для каждого из элементов значения линейной продуктивности.

свечи с расширением кверху (рис. 3.64). В плане они в общих чертах повторяют конфигурацию линз, над которыми они развиты, с тенденцией к вытянутости по направлению рудоконтролирующих разрывных нарушений (рис.3.63). В разрезе четко наблюдается их асимметрия в сторону лежачего бока рудных тел. Пострудная тектоника осложнила форму ореолов, и эти смещения отчетливы, например, для ореолов Ba, Pb, Mo и Ni и мультипликативных ореолов надрудных элементов.

Зональность. Анализ моноэлементных ореолов по разрезу показывает, что в надрудных частях развиты широкие и контрастные ореолы Pb, Zn, Ba и Ag, в нижних (подрудных) сечениях разреза установлены интенсивные ореолы Cu, Mo, Ni, Co, Bi и Sn. Ореолы надрудных элементов книзу сужаются, теряют интенсивность. Обратная картина характера для ореолов подрудных элементов. Исходные данные для расчета зональности сведены в таблицы 3.25 - 3.27. Вертикальная зональность в строении ореолов представлена следующим рядом элементов (сверху вниз): Pb - Zn - Ba - Ag - Co - Bi - Sn - Cu - Ni - Mo. Надруд-

Таблица 3.28

Средние величины мультипликатного коэффициента геохимической зональности Ахтальского месторождения (разрез I-I)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных ореолов, % $Zn \cdot Pb$	Средние мультипликативные показатели подрудных ореолов, % $Cu \cdot Mo$	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$
Поверхность	$5483{,}9 \cdot 10^{-5}$	$16{,}95 \cdot 10^{-7}$	$511{,}6 \cdot 10^{2}$
Горизонт шт.7	$1668{,}5 \cdot 10^{-5}$	$278{,}4 \cdot 10^{-7}$	$73{,}6 \cdot 10^{2}$
Горизонт шт.16	$98{,}12 \cdot 10^{-5}$	$9343{,}6 \cdot 10^{-7}$	$0{,}26 \cdot 10^{2}$
Коэффициент контрастности	55,88	0,0018	1967,69

ными элементами-индикаторами являются Pb, Zn, Ba, Ag; подрудными - Co, Bi, Sn, Cu, Ni, Mo.

Мультипликативными парами являются Zn, Pb и Cu, Mo. Средняя величина мультипликативного показателя $Zn \cdot Pb$ от поверхности с глубиной понижается приблизительно в 60 раз, а величина $Cu \cdot Mo$ - повышается в 500 раз. Ореолы, оконтуренные по величине Кз - $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$, приурочены к надрудной части разреза. Их средняя величина с глубиной в 100 м понижается в 1967 раз (табл.3.28, рис.3.65). Отрицательные перспективы исследуемой рудоносной зоны на глубину подтверждены геологоразведочными работами.

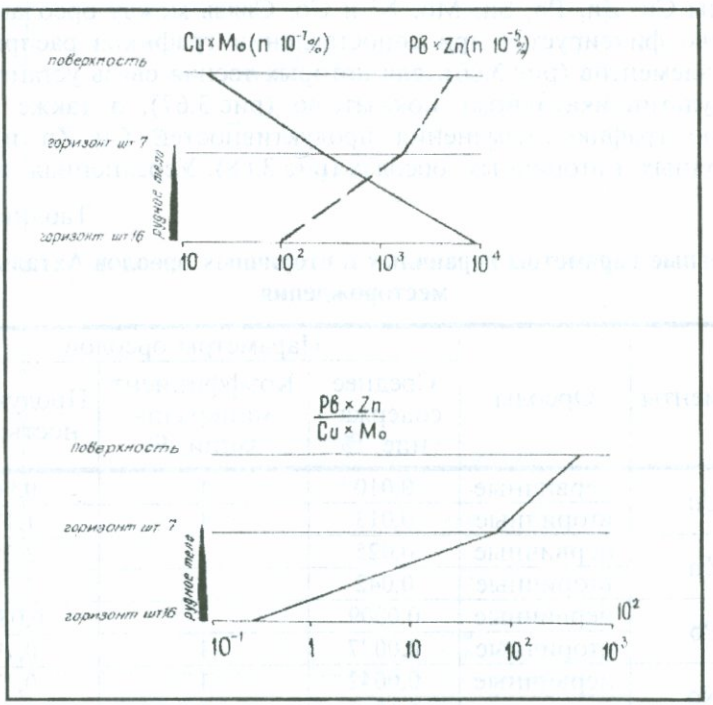


Рис.3.65. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей и коэффициента геохимической зональности Ахтальского месторождения

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий производить по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности - $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$.

Вторичные геохимические ореолы. Совмещенным геохимическим опробованием коренных пород и рыхлых отложений по профилю, расположенным над известным скрытым оруденением в районе устья штольни №7 (Южно-Ахтальский участок), установлена зависимость параметров первичных и вторичных геохимических ореолов (табл.3.29). В результате обработки данных геохимического опробования по исследуемому профилю обнаружены широкие и контрастные первичные и вторичные ореолы Cu, Zn, Pb, Sn, Mo, Ni и Co. Связь между ореолами отчетливо фиксируется при сопоставлении графиков распределения элементов (рис.3.66), для которых тесная связь установлена по мультипликативному показателю (рис.3.67), а также с помощью графиков изменения продуктивностей Cu, Zn и Pb в первичных и вторичных ореолах (рис.3.68). Усредненная линия

Таблица 3.29

Основные параметры первичных и вторичных ореолов Ахтальского месторождения

Элементы	Ореолы	Параметры ореолов		
		Среднее содержание, %	Коэффициент минерализации, %	Продуктивность, м%
Cu	первичные	0,010	1	0,90
	вторичные	0,013	1	1,17
Zn	первичные	0,025	1	2,25
	вторичные	0,042	1	3,78
Pb	первичные	0,0009	1	0,081
	вторичные	0,0077	1	0,79
No	первичные	0,0042	1	0,37
	вторичные	0,0041	1	0,36
Co	первичные	0,003	1	0,27
	вторичные	0,0025	1	0,22

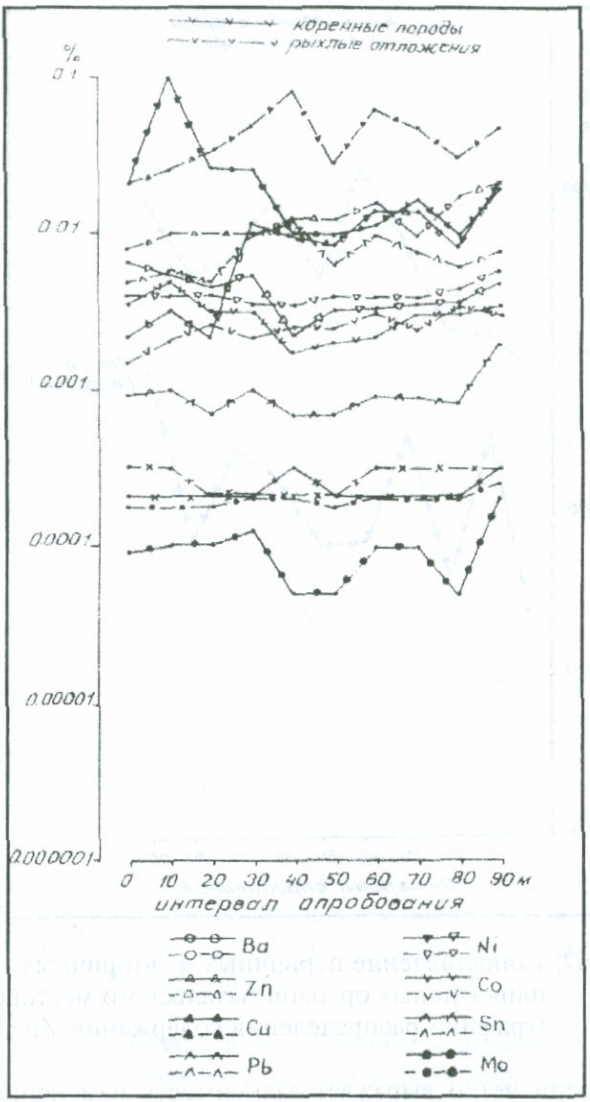


Рис.3.66. Сопоставление первичных и вторичных геохимических ореолов Ахтальского месторождения (графики распределения химических элементов)

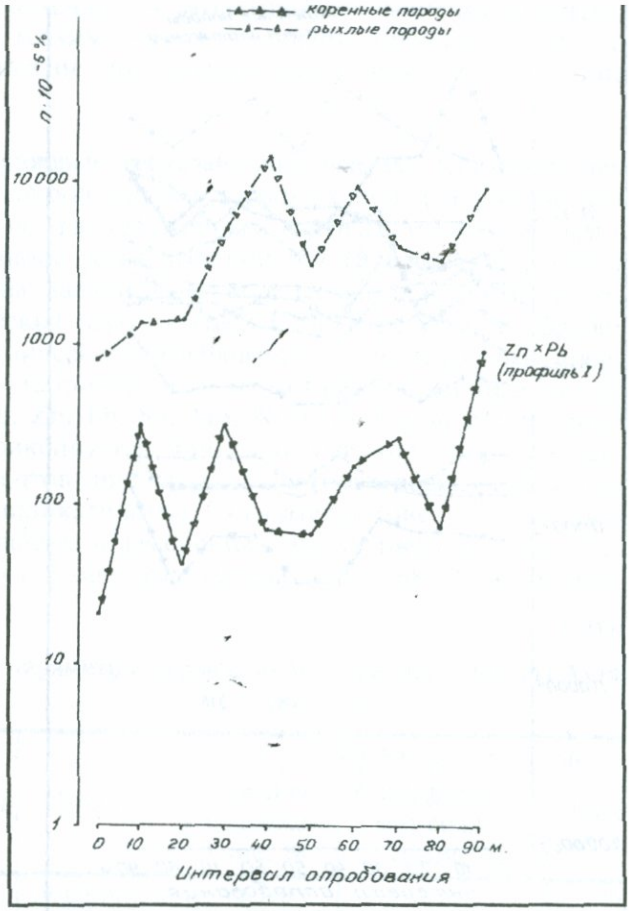


Рис.3.67. Сопоставление первичных и вторичных пликативных ореолов Ахтальского местор (графики распределения содержаний Zn ·

поля дисперсии четко выражает зависимость изменени жаний элементов во вторичных ореолах от колебаний трации тех же элементов в первичных ореолах.

Таким образом, геохимические критерии поисков гнозирования, используемые для интерпретации первичн

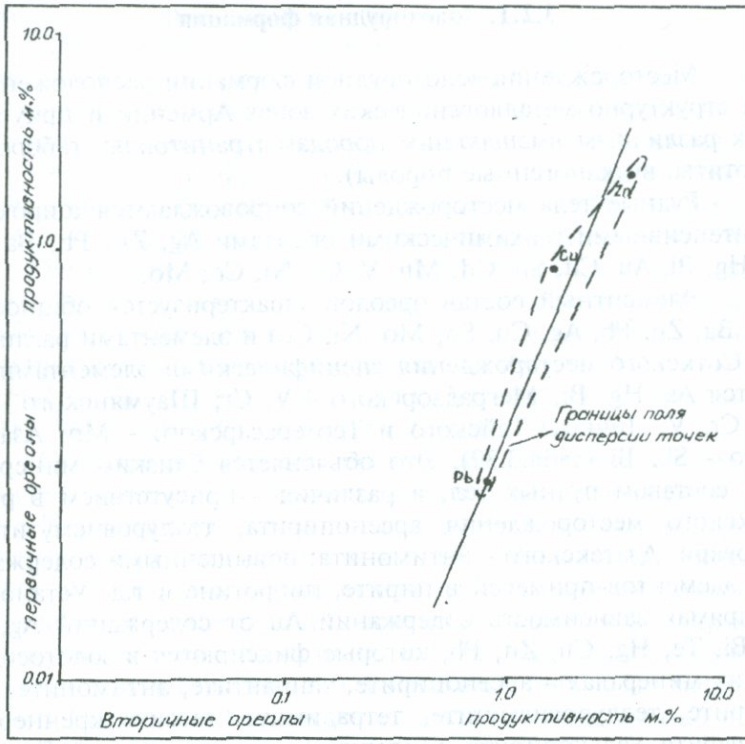


Рис.3.68. Сопоставление первичных и вторичных геохимических ореолов меди, цинка, свинца Ахтальского месторождения

химических аномалий, можно применять в ландшафтно-геохимических условиях Ахтальского месторождения и прилегающих к нему участков при оценке перспектив рудоносности вторичных геохимических аномалий.

3.2. Характерные особенности первичных геохимических ореолов рудных формаций

Главные рудные формации обладают специфическими особенностями проявления состава, морфологии и геохимической зональности первичных ореолов.

3.2.1. Золоторудная формация

Месторождения золоторудной формации расположены во всех структурно-металлогенических зонах Армении и приурочены к различным вмещающим породам (гранитоиды, габбро-перидотиты, вулканогенные породы).

Рудные тела месторождений сопровождаются широкими и интенсивными геохимическими ореолами Ag, Zn, Pb, Ba, Sb, As, Hg, Bi, Au, Cu, Sn, Cd, Mn, V, Cr, Ni, Co, Mo,.

Элементный состав ореолов характеризуется общностью (Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co) и элементами различия: для Соткского месторождения специфическими элементами являются As, Hg, Bi; Меградзорского - V, Cr; Шаумянского - As, Cd, Cr, V; Личкваз-Тейского и Тертерасарского - Mn; Азатекского - Sb, Bi (табл.3.30). Это объясняется близким минеральным составом рудных тел, а различия - присутствием в рудах Соткского месторождения арсенопирита, теллуровисмутита и киновари; Азатекского - антимонита; повышенными содержаниями элементов-примесей в пирите, пирротине и т.д. Установлена прямая зависимость содержаний Au от содержаний Ag, As, Sb, Bi, Te, Hg, Cu, Zn, Pb, которые фиксируются в золотосодержащих минералах - арсенопирите, таннантите, антимоните, тетраэдрите, теллуровисмутите, тетрадимите, гессите, креннерите, калаверите, халькопирите, сфалерите, галените, алтаите. Главные рудогенные элементы-индикаторы находятся в очень тесной по-

Таблица 3.30

Сопоставление элементного состава первичных геохимических ореолов месторождений золоторудной формации

Месторождение	Элементный состав ореолов	
	Сходство	Различие
Сотк	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	As, Hg, Bi
Меградзор	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	V, Cr
Шаумян	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	As, Cd, Cr, V
Личкваз-Тей	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	Mn
Тертерасар	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	Mn
Азатек	Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	Sb, Bi

ложительной корреляционной связи (до +0,94).

Для выбора наиболее близких к золоту элементов, как индикаторов оруденения, могут использоваться ряды индикаторной значимости элементов, установленные корреляционным анализом. Например, для Тертерасарского месторождения: Au - Ag (+0,99), Cu (+0,92), Zn (+0,85), Pb (+0,45), Ba (+0,08), Sn (+0,06), Mo (-0,12); Личкваз-Тейского: Au - Pb (+0,98), Cu (+0,94), Zn (+0,78), Ag (+0,72), Ba (+0,12), Mo (-0,10), Sn (-0,12); Меградзорского: 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); Шаумянского:Au - Cu (+0,90), Ag(+0,84), Zn (+0,71), As (+0,68), Pb (+0,65), Ba (+0,50), Cd (+0,38), Ni (+0,27), V (+0,18), Sn (+0,18), Mo (+0,13), Cr (+0,11), Co (+0,10).

Сходство элементного состава ореолов и рудных тел может использоваться при прогнозе типа золотого оруденения.

В зависимости от мощности рудных тел, концентрации элементов в них, условий их залегания и физико-механических свойств вмещающих пород интенсивность ореолов различна. Максимальные концентрации элементов в ореолах фиксируются в непосредственной близости от рудных тел, пространственно совпадая с зонами околорудно-измененных пород. По мере удаления от рудных тел концентрация элементов постепенно понижается, достигая на периферических участках месторождений своих фоновых значений. Экспериментальными исследованиями установлена прямая зависимость содержаний элементов в ореоле от эффективной пористости вмещающих пород.

На Соткском, Личкваз-Тейском и Тертерасарском месторождениях выявлены отчетливые геохимические ореолы привноса (Au, Ag, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Ba и др.) и выноса (Ni, Co, Mn), пространственно совпадающие вокруг золоторудных тел. Количественная оценка концентрации этих элементов в ореолах, например, для Соткского месторождения, выражается высокими значениями кларка концентрации привносимых (Au - 2660,0; Ag - 1590,0; As - 584,6; Hg - 480,0; Cu - 28,3 и т.д.) и низкими - выносимых (Ni - 0,75; Co - 0,35) элементов-индикаторов. Корреляционным анализом установлена тесная положительная связь между содержаниями золота и его элементов-индикаторов; меж-

ду привносимыми и выносимыми элементами - тесная отрицательная связь.

Размеры ореолов во много раз превосходят рудные тела, вокруг которых они развиты. Рудные тела Соткского, Меградзорского и Шаумянского месторождений создают широкие и протяженные ореолы; Личкваз-Тейского, Тертерасарского - узкие и прерывистые. Форма ореолов согласуется с морфологией рудных тел. В поперечном разрезе они напоминают форму пламени свечи с расширением кверху; в плане ореолы имеют овальную форму, вытянутую по простиранию рудных тел.

Обобщенные ряды геохимической зональности элементов-индикаторов месторождений золоторудной формации и подформаций представлены следующим образом (сверху вниз): золото-серебряная подформация - Zn - As - Hg - Ba - Ag - Pb - V - Bi - Cr - Sn - (Au) - Cu - Mo - Ni - Co; золото-свинцово-цинковая - As - Ag - Ba - Cd - Pb - Cr - Zn - V - (Au) - Mn - Cu - Sn - Mo - Ni - Co; золото-серебро-сурьмяная - Sb - Zn - Ag - Pb - (Au) - Bi - Ni - Ba - Sn - Co - Mo - Cu; золоторудная формация - Sb - Hg - As - Cd - Ag - Zn - Mn - Bi - Ba - Pb - V - Cr - Au - Sn - Cu - Ni - Co - Mo (рис.3.69). Ряд зональности элементов золоторудной формации согласуется с усредненным рядом зональности золоторудных месторождений (Григорян, 1982).

Анализ рядов зональности отдельных месторождений, обобщенных рядов по подформациям и формаций позволяет отчетливо выделить группу надрудных (Ba, Ag, As, Zn, Pb, Hg, Sb) и подрудных (Be, Ni, Co, Mo, Sn, Bi, Cr, V, Mn) элементов-индикаторов, среди которых повторяющимися (сквозными) надрудными элементами являются Ba, Ag, Zn, Pb, реже As; подрудными - Cu, Ni, Co, Mo и в меньшей степени Sn (табл.3.31).

Для оконтуривания и оценки перспектив рудоносности геохимических аномалий рекомендуется использование мультипликативного коэффициента геохимической зональности (Кз) - мультипликативное отношение надрудных и подрудных элементов и мультипликативного коэффициента привноса (Кп) - мультипликативное отношение привносимых и выносимых элементов. Ими являются: для Соткского месторождения - $Кз = \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$ и $Кп = \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ (не опробирован); Меградзорского -

Рудная формация	Рудная подформация	Месторождения	Ряды зональности	Обобщенные ряды зональности	Обобщенные ряды зональности
Au	Au-Ag	Сотк	Zn-Ba-Ag-Pb-As-Hg-(Au)-Cu-Sn-Bi-Mo-Ni-Co	Zn-As-Hg-Ba-Ag-Pb-V-Bi-Cr-Sn-Au-Cu-Mo-Ni-Co	Sb-Hg-As-Cd-Ag-Zn-Mn-Bi-Ba-Pb-V-Cr-Au-Sn-Cu-Ni-Co-Mo
		Меградзор	Zn-Pb-Ag-Ba-Sn-V-(Au)-Cu-Mo-Cr-Co-Ni		
	Au-Pb-Zn	Шаумян	Ba-Pb-As-Ag-Zn-(Au)-Cu-Cd-Cr-Co-Ni-V-Mo-Sn	As-Ag-Ba-Cd-Pb-Cr-Zn-V-Au-Mn-Cu-Sn-Mo-Ni-Co	
		Личкваз-Тей	Ag-Ba-Zn-Pb-(Au)-Sn-Cu-Mn-Mo-Ni-Co		
		Тертерасар	Ag-Zn-Pb-Ba-(Au)-Cu-Sn-Mo-Mn-Ni-Co		
	Au-Ag-Sb	Азатек	Sb-Zn-Ag-Pb-(Au)-Bi-Ni-Ba-Sn-Co-Mo-Cu	Sb-Zn-Ag-Pb-Au-Bi-Ni-Ba-Sn-Co-Mo-Cu	
Cu		Шамлуг	Ba-As-Ag-Zn-Pb-Bi-Cu-Co-Be-Ni-Mo-Sn	Ba-As-Hg-Bi-Zn-Cr-Ag-Pb-Be-V-Cu-Sn-Mo-Co-Ni	Ba-As-Hg-Bi-Zn-Cr-Ag-Pb-Be-V-Cu-Sn-Mo-Co-Ni
		Капан	As-Ba-Zn-Pb-Hg-Ag-Sn-Cr-Mo-Cu-V-Ni-Co		
Cu-Mo		Техут	Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Mo-Co-W	Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Mo-Co-W	Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Mo-Co-W
Pb-Zn		Ахтала	Pb-Zn-Ba-Ag-Co-Bi-Sn-Cu-Ni-Mo	Pb-Zn-Ba-Ag-Co-Bi-Sn-Cu-Ni-Mo	Pb-Zn-Ba-Ag-Co-Bi-Sn-Cu-Ni-Mo

(Au) - Место золота установлено по ограниченному количеству проб

Рис.3.69. Ряды зональности элементов-индикаторов рудных месторождений

Таблица 3.31

Сопоставление надрудных и подрудных элементов-индикаторов отдельных месторождений главных рудных формаций

Рудная формация, месторождение	Надрудные элементы-индикаторы								Подрудные элементы-индикаторы										
	Ba	Ag	As	Zn	Pb	Hg	Sb	Cu	Cu	Ni	Co	Mo	Sn	Bi	Cr	V	Mn	Be	W
I. Золоторудная формация																			
1. Сотк	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
2. Меградзор	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
3. Шаумян	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
4. Личкваз-Тей	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
5. Тертерасар	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
6. Азатек	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
II. Меднорудная формация																			
1. Шамлуг	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
2. Капан	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
III. Медно-молибденовая формация																			
1. Техут	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+
IV. Свинцово-цинковая формация																			
1. Ахтала	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-

$K_з = \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$; Шаумянского - $K_з = \frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$; Личкваз-Тейского и Тертерасарского - $K_п = \frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$; Азатекского - $K_з = \frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$.

3.2.1.1. Некоторые вопросы генезиса первичных геохимических ореолов золоторудных месторождений

В учении о рудных месторождениях существуют положения, которые могут считаться достаточно обоснованными для решения поисковых задач. К таким положениям, например, относится вопрос об источниках золота в эндогенных золоторудных месторождениях. Разработанные теоретические представления, экспериментальные данные, а также практика поисков, разведки и эксплуатации золоторудных месторождений свидетельствует о том, что золото в них образовалось из глубинных гидротермальных растворов.

Однако в работах В.А.Буряк (1966), Л.В.Фирсова (1966), В.Г.Моисенко (1966), Ю.Г.Щербакова (1967), В.А.Напартэ (1970) авторами высказываются взгляды, согласно которым источником золота в коренных золоторудных месторождениях являются вмещающие породы. В.А.Буряк формирование золоторудных месторождений центральной части Ленского золотоносного района объясняет мобилизацией золота из осадочно-метаморфических толщ в процессе регионального метаморфизма. На примере золоторудных мсторождений Яно-Колымской складчатой зоны, Л.В.Фирсов, отрицая магму как источник золотоносных растворов, предлагает гипотезу метаморфогенного происхождения золотоносных растворов. Ю.Г.Щербаков развитие золоторудных месторождений Западной Сибири и Чукотки приурочивает к тем магматическим комплексам и осадочным отложениям, в которых повышен кларк золота "... золоторудные месторождения могут образоваться при вовлечении пород с повышенным содержанием золота в области гидротермального метаморфизма". В его же работе на примере Кузнецкого Алатау и Горного Алтая сделан следующий вывод: "... образование золоторудных месторождений региона связано с выщелачиванием золота в процессе гидротер-

мального метаморфизма пород с повышенным (более 10 мг/т) его содержанием и переотложением в зонах наибольшей проницаемости. К такому выводу приводят устанавливаемые в корневых и фланговых частях рудоносных структур зоны с резко пониженным (≤ мг/т) содержанием золота и сопутствующих ему в рудах металлов ...".

Подобные представления обуславливают соответствующие практические выводы, такие, например, как приведенные в работе В.А.Напартэ "... наличие участков пород, резко обедненных рудными компонентами, может указывать на близость мест локализации последних...". Если следовать приведенным выше выводам, то при поисках промышленных месторождений необходимо выделять в пределах комплексов пород с несколько повышенными содержаниями золота участки с его резко выраженными "отрицательными" геохимическими аномалиями, внутри или вблизи которых могут быть обнаружены золоторудные месторождения.

По-нашему мнению, обоснование поисков месторождений золота следует проводить только на основании "положительных" геохимических аномалий золота и сопутствующих ему элементов. Это положение доказывается совокупностью многих факторов, определяющих геолого-структурные условия локализации золоторудных месторождений, минералого-геохимические особенности руд, формирование первичных минералогических и геохимических ореолов (Аристов и др., 1972).

Ниже рассматривается один из факторов - характер первичных геохимических ореолов привноса ("положительных") и выноса ("отрицательных"), развитых вокруг золоторудных жил Соткского месторождения, расположенных среди основных и ультраосновных пород. Установлено, что золоторудные тела сопровождаются интенсивными "положительными" первичными геохимическими ореолами привноса Au, Ag, As, Bi, Sb, Cu, Zn, Pb и др., а также слабыми "отрицательными" ореолами выноса Ni и Co (рис.3.6 - 3.11). В "положительных" ореолах максимальные содержания элементов фиксируются в пределах рудоносных зон и в непосредственной близости от них. По мере удаления от рудных тел содержания элементов уменьшаются до фоновых значений, почти соответствующих кларкам. Аномальные кон-

центрации элементов в "положительных" ореолах превышают геохимический фон в несколько раз. Распределение содержаний отдельных элементов в ореолах вокруг рудных тел характеризуется следующими данными: 1) в зонах измененных пород, непосредственно прилегающих к рудным телам, Au содержится до $5 \cdot 10^{-4}$ % (кларк для основных пород по А.П.Виноградову $4 \cdot 10^{-7}$ %), As - $8 \cdot 10^{-2}$% (кларк $2 \cdot 10^{-4}$), Hg - $3 \cdot 10^{-3}$% (кларк $9 \cdot 10^{-6}$), Cu - $7 \cdot 10^{-2}$% (кларк $1 \cdot 10^{-2}$) и т.д.; 2) в зонах слабо измененных пород, более удаленных от рудных тел, Au содержится $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-5}$%; As - $4{,}5 \cdot 10^{-2}$%, Hg - $7 \cdot 10^{-4}$%, Cu - $1 \cdot 10^{-2}$%. В пределах тех же "положительных" ореолов элементов-индикаторов наблюдаются "отрицательные" ореолы Ni и Co, которые характеризуются явно пониженными содержаниями (Ni - $7{,}5 \cdot 10^{-3}$%, Co - $5{,}0 \cdot 10^{-4}$%) по сравнению с фоновыми содержаниями (Ni - $5{,}5 \cdot 10^{-2}$%, Co - $2 \cdot 10^{-2}$%) в неизменных породах (Безирганов, 1982).

Количественная оценка концентраций элементов в геохимических ореолах приводится по величине кларка концентрации (отношение среднего содержания к кларку): Au - 2666,0, Ag - 1590,0, Hg - 480, As - 584,6, Cu - 28,3 и др., Ni - 0,75, Co - 0,35.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в пределах одних и тех же геохимических ореолов, сформированных вокруг золоторудных тел месторождения, отчетливо наблюдается вынос из вмещающих пород Ni и Co и привнос Au и его сопутствующих элементов - Ag, As, Hg, Sb, Cu и др. Этот вывод подтвержден корреляционным анализом содержаний отдельных элементов, выявивших тесную положительную связь Au и его элементов-индикаторов (Au-Ag, +0,81; Au-As, +0,75; As-Bi, +0,86; Cu-Zn, Cu-Zn, +0,78; Hg-As, +0,68), и значимую отрицательную связь связь Au с Ni и Co (Au - Ni, -0,82; Au-Co, -0,70); между содержаниями Ni и Co установлена тесная положительная связь (Ni-Co, +0,75). Следовательно, формирование золоторудных зон и первичных геохимических ореолов золота и его элементов-индикаторов (спутников) происходило под влиянием постмагматических растворов глубинного происхождения. Основные и ультраосновные породы явились лишь вмещающими породами, из которых выщелачивались Ni и Co и не могли быть источниками золота для рудных тел.

Этот процесс объяснен экспериментальными исследова-

ниями (Саркисян, 1966). Установлено, что в зоне внедрения золотоносных растворов происходит привнос SiO_2 (70,5 г на 100 $см^3$) и вынос всех остальных компонентов. Интенсивное выщелачивание оснований непосредственно у кварцевой жилы свидетельствует о кислом характере гидротермальных растворов и повышенной активности воды, углекислоты и кремнекислоты.

В случае заимствования золота из вмещающих пород, "отрицательные" аномалии вокруг рудных тел должны были бы формировать не только Ni и Co, но и Au и его элементы-спутники (индикаторы). В самих же рудных телах в этом случае наблюдались бы промышленные или повышенные концентрации всех заимствованных из вмещающих пород элементов, в том числе Ni и Co. Ничего подобного в пределах Соткского месторождения не наблюдается, как не отмечается и на других изученных золоторудных месторождениях (Личкваз-Тей, Тертерасар).

Таким образом, источниками золота в изученных золоторудных месторождениях и в первичных геохимических ореолах являлись гидротермальные растворы глубинного происхождения, о чем свидетельствуют особенности формирования геохимических ореолов золота и его элементов-индикаторов вокруг золоторудных тел. Процесс формирования золоторудных месторождений сопровождался преобразованием пород при их взаимодействии с поступающими гидротермальными растворами и отложением из последних золота и его элементов-спутников. Это подтверждается пространственной связью околорудных измененных пород, а также "положительных" и "отрицательных" геохимических ореолов, их составом и составом рудных тел и самородного золота.

3.2.2. Меднорудная формация

Месторождения этой формации сопровождаются контрастными геохимическими ореолами Ba, As, Hg, Ag, Zn, Pb, Cu, Sn, Bi, Cr, Mo, Be, V, Ni и Co. Общими элементами ореолов являются Ba, As, Ag, Zn, Pb, Cu, Sn, Mo, Ni, Co; специфическими - Bi, Be для Шамлугского месторождения; Hg, Cr, V - Капанского (табл.3.32).

Морфология ореолов: вокруг жил формируются ореолы факелообразной формы с незначительным расширением кверху;

линз - грибообразной формы, резкое расширение которых в верхних горизонтах месторождения обусловлено понижением фильтрационных свойств вмещающей среды - локализацией рудных тел непосредственно под фильтрационными экранами альбитофиров и туфопесчанников; штокверков - изометрической формы. Геохимические ореолы в верхнеюрских образованиях Капанского и в альбитофирах и туфопесчанниках Шамлугского месторождения являются продолжением ореолов, связанных со скрытыми рудными телами, расположенными в среднеюрских породах Капанского и в кератофирах Шамлугского месторождений. Ореолы по нарушенным (ослабленным) зонам проникают вверх через фильтрационные и структурные экраны.

Глубинность геохимических поисков оруденения данного типа достигает в среднем 200-400 м.

Таблица 3.32

Сопоставление элементного состава геохимических ореолов месторождений меднорудной формации

Месторождение	Сходство	Различие
Шамлуг	Ba, As, Ag, Zn, Pb, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	Bi , Be
Капан	Ba, As, Ag, Zn, Pb, Cu, Sn, Mo, Ni, Co	Hg , Cr , V

Таблица 3.33

Сопоставление надрудных и подрудных элементов-индикаторов месторождений меднорудной формации

Месторождение	Надрудные элементы-индикаторы		Подрудные элементы-индикаторы	
	Сходство	Различие	Сходство	Различие
Шамлуг	Ba, Ag, As, Zn, Pb		Cu, Ni, Co, Mo, Sn	Ba
Капан	Ba, Ag, As, Zn, Pb	Hg	Cu, Ni, Co, Mo, Sn	V

Установлен обобщенный ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов месторождений меднорудной формации (сверху вниз): Ba - As - Hg - (Bi) - Zn - Cr - Ag - Pb - Be - V - Sn - Mo - Co - Ni, который согласуется с рядом зональности, установленным Л.Н.Овчинниковым и Э.Х.Барановым (1970) на медноколчеданных месторождениях Кавказа, Урала и Алтая.

Изученные месторождения обладают близким составом надрудных (Ba, Ag. As, Zn, Pb, Hg) и подрудных (Cu, Ni, Co, Mo, Sn, Be, V) элементов-индикаторов; вместе с тем имеют определенное различие - Hg и V характерны для ореолов только Капанского; Be - для Шамлугского месторождения (табл.3.33).

Рекомендуется оконтуривание и оценку геохимических аномалий осуществлять по Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$; для месторождений Шамлугского типа, $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ для Капанского.

Выявлена прямая зависимость параметров первичных и вторичных ореолов Шамлугского месторождения, и на этой основе установлена возможность использования геохимических критериев поискового прогнозирования по первичным ореолам при интерпретации вторичных геохимических аномалий.

3.2.3. Медно-молибденовая формация.

Элементный состав первичных геохимических ореолов Техутского месторождения характеризуется многокомпонентностью - Cu, Mo, Zn, Pb, Ag, Ni, Co, Bi, Sn, W, Sb, As и др., однако основными ореолообразующими элементами-индикаторами являются Cu, Mo, Ag, Zn, Pb, Sn, Co и W, создающие широкие и контрастные ореолы. Установлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов (сверху вниз): Ag - Pb - Zn - Cu - Sn - Mo - Co - W. Глубинность геохимических методов поисков скрытого штокверкового оруденения данного типа достигает 250-300 м. Качественным показателем уровня эрозионного среза рудоносных зон и геохимических аномалий является мультипликативный коэффициент геохимической зональности $\frac{Cu \cdot Ag}{Mo^2}$ и $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$.

Верхние горизонты Агаракского месторождения характеризуются развитием интенсивных ореолов Ag, средние - ореолов Zn, Pb и Cu, а в нижних сечениях разреза накапливаются Mo и W. На Каджаракском месторождении с глубиной растет отношение Mo:Cu.

По данным С.В.Григоряна (1982), усредненный ряд зональности элементов-индикаторов медно-порфировых месторождений бывшего Советского Союза представлен следующим

образом (сверху вниз): Ba - As - Sb - (Ag - Pb - Zn) - Au - Bi - Cu - Mo - Sn - Co - W - Be.

Общность особенностей ореолов медно-молибденовых месторождений позволяет использовать геохимические критерии, установленные на Техутском месторождении, при поисках скрытого оруденения подобного типа в других рудных районах Армении.

3.2.4. Свинцово-цинковая формация

Первичные геохимические ореолы Ахтальского месторождения характеризуются большими размерами и высокой контрастностью. Вертикальная протяженность ореолов надрудных элементов достигает 200 м. Зональность ореолов представлена следующим рядом элементов (сверху вниз): Pb - Zn - Ba - Ag - Co - Bi - Sn - Cu - Ni - Mo, который согласуется с рядом зональности элементов-индикаторов полиметаллических месторождений бывшего Советского Союза (Григорян, 1982).

Рекомендуется оконтуривание и оценку геохимических аномалий, в т.ч. и вторичных, осуществлять по коэффициенту зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$.

ВЫВОДЫ

Анализ результатов геохимических исследований позволяет сделать следующие выводы:

Месторождения главных рудных формаций сопровождаются широкими и интенсивными геохимическими ореолами Sb, Hg, As, Ba, Zn, Pb, Ag, Cd, Au, Cu, Bi, Be, Cr, V, Sn, W, Mn, Ni, Co, Mo.

Месторождения рудных формаций обладают характерными особенностями состава, морфологии и геохимической зональности ореолов. Например, общими элементами ореолов золоторудной формации являются Au, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni, Co; специфическими - для Соткского месторождения - As, Hg, Bi; Меградзорского - V, Cr; Шаумянского - As, Cd, Cr, V; Личкваз-Тейского и Тертерасарского - Mn и т.д.

Выявлены ряды индикаторной значимости элементов для золота, например, Меградзорского месторождения - 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), которые можно использовать при выборе наиболее важных в практическом отношении элементов-индикаторов золотого оруденения.

Размеры ореолов большие, во много раз превосходят рудные тела, вокруг которых они развиты. Вертикальная протяженность ореолов определяет глубинность геохимических поисков в пределах 100-200 м, для отдельных месторождений (Сотк, Шаумян, Капан, Шамлуг) - до 400 м и более.

Форма ореолов согласуется с морфологией рудных тел: в поперечном разрезе жилы сопровождаются ореолами факелообразной формы с расширением кверху; линзы - грибообразной формы, штокверки - изометрической; в плане: жилы создают ореолы овальной формы, вытянутой по простиранию рудных тел; линзы и штокверки - изометрической.

Рудные тела золоторудной формации (Сотк, Личквaз-Тей, Тертерасар) сопровождаются отчетливыми ореолами привноса (Au, Ag, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Ba и др.) и выноса (Ni, Co, Mn).

Источником золота и его элементов-спутников в изученных золоторудных месторождениях и в первичных геохимических ореолах являлись гидротермальные растворы глубинного происхождения, о чем свидетельствует пространственное совпадение ореолов привноса и выноса вокруг золоторудных тел и т.д.

Главные рудные формации обладают специфической геохимической зональностью элементов-индикаторов (сверху вниз): золоторудная формация - Sb - Hg - As - Cd - Ag - Zn - Mn - Bi - Ba - Pb - V - Cr - (Au) - Sn - Cu - Ni - Co - Mo; меднорудная - Ba - As - Hg - (Bi) - Zn - Cr - Ag - Pb - Be - V - Cu - Sn - Mo - Co - Ni ; медно-молибденовая - Ag - Pb - Zn - Cu - Sn - Mo - Co - W; свинцово-цинковая - Pb - Zn - Ba - Ag - Co - Bi - Sn - Cu - Ni - Mo. Выделены надрудные (Sb, Ba, Zn, Hg, As, Ag, Pb) и подрудные (Cu, Sn, Cr, Mn, Ni, Co, Mo) элементы-индикаторы.

Ореолы, выявленные в верхнеюрских образованиях Капанского и Шаумянского, а также в альбитофирах и туфопесчаниках Шамлугского месторождений, являются продолжением ореолов, связанных с рудными телами, залегающих в подстилающих породах средней юры (Капан, Шаумян) и в кератофирах

(Шамлуг). Возраст оруденения этих месторождений по геохимическим данным предположительно установлен как послепозднеюрский, что значительно расширяет площади поисковых работ для выявления скрытых рудных тел и месторождений.

Установлена прямая зависимость параметров первичных и вторичных ореолов Шамлугского и Ахтальского месторождений, проявленная, в особенности, по мультипликативному показателю $Zn \cdot Pb$ и Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ для Шамлугского месторождения. Рекомендуется методику оценки перспектив рудоносности первичных геохимических ореолов использовать при интерпретации вторичных геохимических аномалий.

Рекомендуется оконтуривание и оценку перспектив рудоносности геохимических аномалий осуществлять по мультипликативному коэффициенту геохимической зональности - Кз: $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$ для Соткского месторождения, $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - Меградзорского, $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag \cdot As}{Co \cdot Mo \cdot Sn \cdot V}$ - Шаумянского, $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ - Личкваз-Тейского и Тертерасарского, $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ - Азатекского, $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - Шамлугского, $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ - Капанского; оконтуривание по мультипликативному показателю $Cu \cdot Mo \cdot Ag$ и оценку по Кз $\frac{Cu \cdot Ag}{Mo^2}$, $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$ - Техутского, $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ - Ахтальского; по мультипликативному коэффициенту привноса Кп $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ - Соткского, $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ - Личкваз-Тейского и Тертерасарского.

4. МЕТОДИКА ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В современных условиях, когда дальнейшее расширение сырьевой базы в значительной степени определяется выявлением и освоением скрытых месторождений, прогноз полезных ископаемых приобретает первостепенное значение на всех стадиях геологоразведочных работ и прежде всего на стадиях поисков месторождений полезных ископаемых.

Прогноз возможной рудоносности объектов, с целью выделения перспективных участков для постановки на них геологоразведочных работ, определяется конкретными признаками эталонных промышленных месторождений, т.е. по принципу аналогии, и имеет вероятностный характер. Возможность использования метода аналогии при оценке перспектив рудоносности отдельных площадей базируется на том факте, что в период процесса рудообразования в регионе прогнозируемые участки по своему характеру были благоприятной средой для локализации оруденения, где была создана комплексная аномалия, не характерная для остальной части площади. Этот факт обусловливает наличие определенных признаков, отличающих рудные участки от безрудных, которые и используются далее при оценке площадей.

4.1. Типы и перспективность объектов поисков скрытого оруденения

Проблема локального прогноза скрытого оруденения в пределах рудных полей является особенно актуальной для освоенных горнорудной промышленностью районов Армении. Целью локального прогноза в пределах рудных полей региона является установление аномальности различных типов объектов (участки за пределами известных месторождений, глубокие горизонты и фланги месторождений), по сравнению с прилегающими к ним площадями. Аномальный объект по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования должен контрастно выделяться на фоне нормальных полей. Под аномальным полем понимается статистически значимое отклонение признаков однородных участков от господствующего фона соот-

ветствующих признаков подобных объектов. Установлено, что постмагматические месторождения региона создают сложные, но отчетливые комплексные геологические, минералогические, геохимические и геофизические поля и аномалии.

Прогноз перспектив рудоносности участков за пределами известных месторождений должен осуществляться по совокупности предпосылок и признаков (геологических, минералого-геохимических, геофизических), определяющих их резкое различие от окружающей среды. Общие признаки локализации скрытого оруденения сводятся к аномальности участка, исключительности его геологического строения, к повышению контрастности геологического разреза, что может быть связано, например, с мощными зонами разрывных нарушений, с узлами их сочленения, со складчатыми деформациями различных порядков, с широким проявлением магматизма, развитием процессов гидротермального изменения пород и формированием первичных геохимических ореолов, повышением их трещиноватости и т.д. Эти процессы приводят к отличию и относительно большей дифференциации физических свойств горных пород в пределах рудных участков по сравнению с безрудными. Следовательно, локальные изменения геологического разреза участка обусловливают локальные физические аномалии. Участки, характеризующиеся нетипичными (аномальными) физическими полями, по сравнению с типичными (нормальными), а следовательно, и геологическим строением участка, с высокой вероятностью будут соответствовать тем частям площади, которые более благоприятны для локализации эндогенного оруденения. Именно такое понятие, по М.А.Фаворской и И.Н.Томсону (1974), соответствует представлению о рудном месторождении как аномальном, редком, исключительном природном явлении.

Прогноз перспектив рудоносности глубоких горизонтов и флангов известных месторождений обусловливается прежде всего острой необходимостью обеспечения постоянного прироста запасов месторождений, находящихся в стадии разведки или эксплуатации.

Для экономически более целесообразного освоения разведуемого месторождения определение его промышленной ценности следует производить не только на основании данных

предварительной разведки о вскрытых рудных телах, но также с учетом перспектив рудоносности флангов и глубоких горизонтов месторождения на слепое оруденение.

Практика показывает, что из-за неполноты изучения глубоких горизонтов и флангов месторождения в эксплуатацию иногда вовлекаются не все рудные тела, своевременное выявление которых могло бы улучшить экономику добычи руд. И, нередко, на этих объектах месторождений необоснованно прекращаются геологоразведочные работы, перспективы которых определялись по ограниченному количеству предпосылок и признаков поискового прогнозирования.

Геолого-геохимическими исследованиями на участках, глубоких горизонтах и флангах изученных месторождений выявлены аномальные объекты, требующие интерпретации и выделения среди них перспективных для обнаружения скрытого оруденения.

Оценка перспективности этих объектов осуществляется на основе поисковых моделей, составленных по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования. При разработке поисковых моделей прогнозирования скрытого оруденения, применительно к главным рудным формациям, учитывается значимость каждой группы предпосылок и признаков для конкретных месторождений.

"Поисковая модель" месторождения – это теоретический образ объекта поисков подобный эталонному месторождению, для которого установлены геолого-структурные, минералого-геохимические и геофизические параметры.

Вначале модель рассматривается в варианте выходящих на поверхность рудных тел (полезного ископаемого), т.е. дается комплекс различных аномалий, создаваемых непосредственно рудным телом. Затем модели рассматриваются в вариантах, представляющих расположение рудных тел на различных глубинах от поверхности и в различных средах (рис.4.1).

4.1.1. Золоторудная формация

"Первая поисковая модель" отражает вариант выходящих на поверхность рудных тел, околорудно-измененных пород и первичных геохимических ореолов. Рудные тела и выходы малых

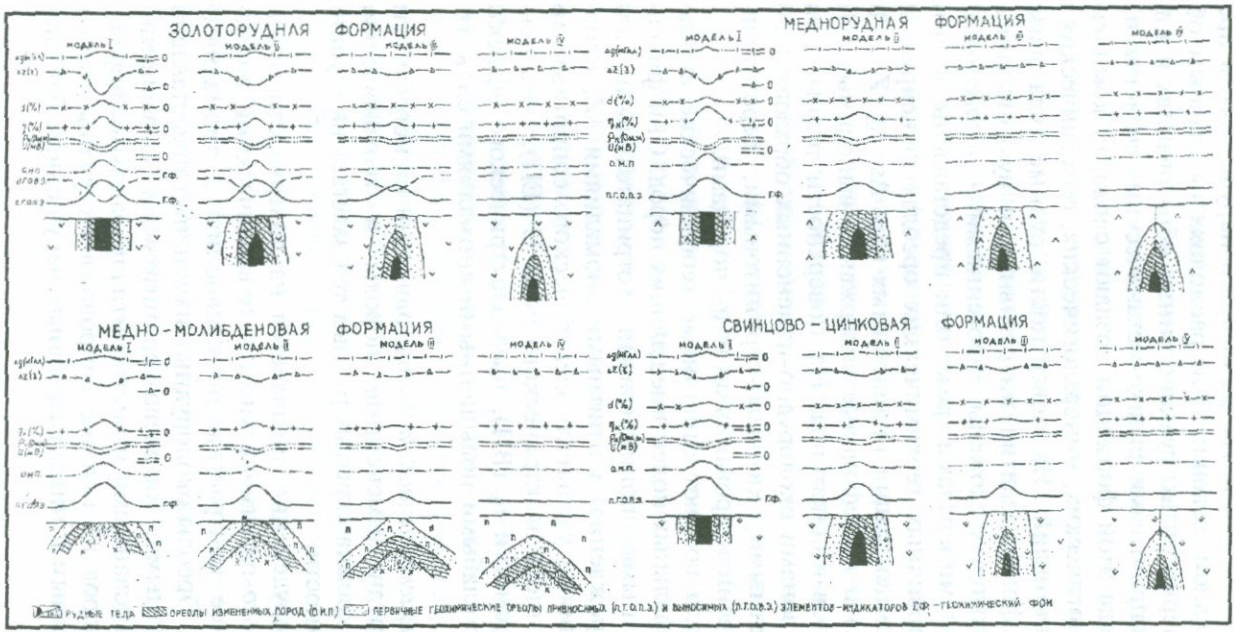


Рис. 4.1. Поисковые модели месторождений рудных формаций

интрузий приурочены к единым разрывным нарушениям в пределах антиклинальной складки. Они расположены главным образом в габбро-перидотитах, вулканогенных образованиях и т.д., обладающих благоприятными физико-механическими свойствами.

Рудные тела этой формации создают сложный комплекс контрастных геологических, минералогических, геохимических и геофизических аномалий. На поверхности рудные тела легко картируются на фоне развития интрузивных и вулканогенных пород, выходы которых сложены эндогенными и экзогенными рудообразующими минералами, реже они представлены зонами окисления. В первичных геохимических ореолах фиксируются максимальные концентрации привносимых (Au, As, Ag, Zn, Pb, Sb, Ba, Hg и др.) и нижефоновые содержания выносимых (Ni, Co, Mn) элементов-индикаторов. На поверхности рудные тела сопровождаются зонами околорудно-измененных образований – кварцево-карбонатными, кварцево-серицитовыми, березитизированными, лиственитизированными и др. породами.

Рудные тела создают отчетливые геофизические аномалии на фоне нормальных полей вмещающих пород. Они фиксируются контрастными пониженными (отрицательными для Соткского месторождения) магнитными аномалиями ΔZ, пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления ρ_k (ЭП), естественного электрического поля U (ЕП), повышенными - поляризуемости η_k (ВП), пьезоэлектрического эффекта (ПЭЭФ), а также слабыми повышенными аномалиями силы тяжести Δg.

"Вторая поисковая модель" – выходящими на поверхность являются околорудно-измененные породы и геохимические ореолы. Верхняя кромка скрытых рудных тел залегает на глубине 30-50 м от поверхности.

Скрытое оруденение проявляется на поверхности отчетливыми минералого-геохимическими и геофизическими аномалиями. Они менее контрастны по сравнению с аномалиями "первой модели". Ореолы околорудных изменений представлены кварцево-карбонатными, кварцево-серицитовыми, окварцованными, березитизированными и лиственитизированными породами. Зоны этих пород на глубине сопровождают рудные тела и приурочены к единым с ними разрывным нарушениям близши-

ротного и северо-восточного простирания. Скрытые рудные тела проявляются на поверхности геохимическими ореолами привносимых и выносимых элементов-индикаторов. Ореолы характеризуются повышенными концентрациями надрудных (Sb, Ag, As, Hg, Zn, Pb, Ba) и слабыми – подрудных (Cu, Mo, Bi, Sn, Ni, Co и др.) элементов. Скрытые рудные тела фиксируются на поверхности интенсивными ореолами, оконтуренными по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности (Кз), а также слабыми ореолами золота. Вертикальная протяженность ореолов привносимых элементов обеспечивает их выход на поверхность. Оруденение фиксируется на поверхности геофизическими аномалиями различного характера и интенсивности: слабыми пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления – ρ_k, естественного электрического поля – U, пониженными (реже отрицательными) контрастными магнитными аномалиями – ΔZ, очень слабыми повышенными аномалиями силы тяжести – Δg и пьезоэлектрического эффекта – d, а также повышенными контрастными аномалиями поляризуемости – η_k. Проявление аномалий пьезоэлектрического эффекта и силы тяжести обусловлено развитием на поверхности плотных кварцево-карбонатных пород, представляющих минералогические ореолы скрытых рудных тел.

Закономерности развития пониженных (отрицательных) магнитных аномалий над рудными телами в пределах зон околорудно-измененных пород на месторождениях золоторудной формации могут быть нарушены на Соткском месторождении, если вокруг габбро, вмещающие рудные тела, будут расположены высокомагнитные перидотиты. В этом случае магнитные аномалии, как и рудные тела, экранируются перидотитами.

Таким образом, скрытые рудные тела месторождений золоторудной формации, согласно "второй поисковой модели" прогнозирования, фиксируются на поверхности отчетливыми минералогическими, геохимическими и геофизическими аномалиями, опробование и измерение которых осуществляется методами наземных поисков. Предпосылки и признаки скрытого оруденения могут быть обнаружены и оконтурены на поверхности определенным комплексом поисковых методов. В число этих предпосылок и признаков могут входить тектонические структу-

ры, интрузивные тела, минералогические, геохимические и геофизические аномалии.

Эта модель используется при прогнозе скрытого оруденения с поверхности и из подземных горных выработок для оценки глубоких горизонтов разведуемых месторождений.

Анализ характера и интенсивности проявления скрытых (до 50 м) рудных тел на поверхности показывает, что для их поисков в пределах рудных полей могут успешно применяться следующие поисковые методы: геологическая съемка, геохимические методы поисков по коренным породам и рыхлым отложениям, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП, ПЭЭФ), магниторазведка и реже гравиразведка.

"Третья поисковая модель" представляет собой разрез, где скрытые рудные тела и зоны околорудно-измененных пород проявляются на поверхности геохимическими ореолами. Верхняя кромка скрытых рудных тел расположена на глубине 120-150 м от современной поверхности. Вертикальная протяженность ореолов повышенных концентраций элементов определяет их "открытый" тип. На поверхности фиксируются ореолы привноса и выноса. Ореолы Кз отчетливо фиксируют на поверхности скрытые рудные тела и их морфологический тип.

Геофизические аномалии проявлены очень слабо: рудные тела фиксируются очень слабыми повышенными аномалиями поляризуемости, слабыми пониженными магнитными аномалиями и аномалиями удельного электрического сопротивления и естественного электрического поля.

Характер проявления скрытого оруденения на поверхности обусловливает сочетание наземных и глубинных поисков. Наземные поиски должны осуществляться для выявления структурно-тектонических, магматогенных, геохимических, петрофизических и, с учетом геолого-структурных особенностей конкретных объектов, геофизических предпосылок. Для обнаружения и оконтуривания этих предпосылок должны использоваться следующие наземные поисковые методы: геологическая съемка, геохимические методы поисков, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП), магниторазведка. Глубинные поиски с помощью неглубоких (до 50 м) буровых скважин должны осуществляться для опробования минералогических и геохимических ореолов, а также для изме-

рения геофизических параметров на глубине.

Эта поисковая модель может успешно применяться для оценки перспектив рудоносности глубоких горизонтов разведуемых месторождений. Опробование и измерение полей и аномалий должны осуществляться из подземных горных выработок, если срез объектов прогноза соответствует поверхности эталонного разреза.

"Четвертая поисковая модель". Рудные тела, зоны околорудно-измененных пород и первичные геохимические ореолы не выходят на современную поверхность. Объекты приурочены к площадям развития зон разрывных нарушений, малых интрузий и изменений пород регионального метаморфизма. Скрытые рудные тела, расположенные на глубине 300 м, на поверхности геофизическими аномалиями не проявляются.

Поиски скрытого оруденения осуществляются сочетанием наземных и глубинных систем поисковых работ. Наземные поиски, с использованием геологической съемки, проводятся для выявления структурно-тектонических, магматогенных и петрофизических предпосылок прогнозирования. Глубинные поиски осуществляются для установления геохимических, петрофизических и геофизических предпосылок. Опробование геохимических ореолов и петрофизических полей, а также измерение параметров геофизических аномалий осуществляются из буровых скважин с глубины 100 м.

С целью повышения достоверности применения поисковых моделей для оценки перспективности объектов поисков скрытого оруденения используется корреляционный анализ между содержаниями элементов в геохимических ореолах и величинами геофизических измерений по сопряженным профилям и интервалом (10 м) опробования и измерений. Объектами опытно-методических работ явились Меградзорское и Шаумянское золоторудные месторождения, т.к. на них по сравнению с другими месторождениями выполнен полный комплекс геохимических и геофизических исследований. Результаты измерений геофизических аномалий заимствованы из первичных материалов С.В.Бадаляна и др. (1980, 1981) и Р.Т.Мириджаняна, Г.М.Петросяна (1983). Экспериментальные исследования на Меградзорском рудном поле проводились на участках, расположенных в северной части месторождения, а также в подземных

горных выработках (штольни 10, 66, 69, 72). Установлена корреляционная зависимость между геохимическими и геофизическими данными: в подземных горных выработках – Кз($\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$) – η_k ВП (+0,35), Кз – ρ_k ЭП (-0,08); на поверхности Кз – η_k ВП (+0,28), Кз – ρ_k ЭП (-0,15); Кз – ΔZ (-0,40).

На Шаумянском месторождении (штольня №1, горизонт 780 м) выявлена зависимость следующих параметров: Кз ($\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$) – η_k ВП (+0,47), Кз – ρ_k ЭП (-0,30); Кз – Δg (+0,16).

Таким образом, установлена положительная корреляционная связь геохимических ореолов скрытых рудных тел с аномалиями поляризуемости и силы тяжести (Δg), отрицательная – с аномалиями удельного электрического сопротивления (ρ_k, ЭП) и магнитными аномалиями (ΔZ).

Примеры оценки перспективности участков поисков скрытого оруденения.

Объектом оценки перспектив рудоносности является участок "Лусаджур", расположенный в север – северо-западной части Меградзорского рудного поля (рис.4.2). Участок сложен андезитами и туфобрекчиями среднего эоцена, прорванными на юго-западе небольшой интрузией сиенит-порфиров. На исследуемой площади развиты ореолы измененных пород, представленные зонами окварцевания, серицитизации и березитизации, приуроченными к зонам трещиноватости пород близширотного простирания. На участке выявлены контрастные первичные геохимические ореолы надрудных (Zn, Pb, Ba, Ag) и слабые ореолы подрудных (Ni, Co, Cr, Mo, Cu) элементов-индикаторов. К зонам измененных пород приурочены геохимические ореолы с максимальными значениями Кз ($\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$) - более $90 \cdot 10^3$. Зоны измененных пород отчетливо фиксируются геофизическими аномалиями (Мириджанян, Петросян, 1983). В пределах развития интенсивных геохимических ореолов оконтурены пониженные (отрицательные) магнитные аномалии ΔZ, повышенные аномалии поляризуемости - η_k (ВП), а также аномалии, выявленные методами комбинированного электрического профили-

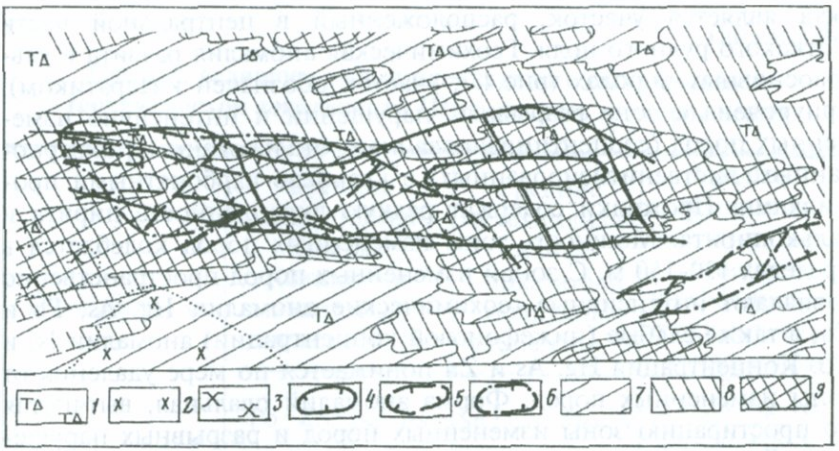


Рис.4.2. Оценка перспектив рудоносности участка "Лусаджур" Меградзорского рудного поля

1-туфы, туфобрекчии, 2-сиенит-порфиры. 3-монцониты и сиенито-диориты. 4-аномалии КЭП. 5-аномалии ΔZ. 6-аномалии МПП. 7-9-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$: 7-$<1{,}0 \cdot 10^3$. 8-$(1{,}0\text{-}10{,}0) \cdot 10^3$. 9-$>10{,}0 \cdot 10^3$.

рования (КЭП) и переходящих процессов (МПП).

Выявлено пространственное совмещение минералогических и геохимических ореолов с геофизическими аномалиями.

По характеру и интенсивности проявления предполагаемого скрытого рудного тела на поверхности (ореолы измененных пород, интенсивные геохимические ореолы, контрастные геофизические аномалии), объект оценивается по "второй поисковой модели" золоторудной формации. Перспективы рудоносности объекта оцениваются положительно. Залегание скрытого оруденения предполагается на глубине 40-50 м от поверхности. Положительные перспективы участка на глубину подтверждены результатами геологоразведочных работ – на глубине 50-55 м вскрыто слепое рудное тело, местами с кондиционным содержанием золота.

Другим примером оценки перспектив рудоносности объ-

екта является участок, расположенный в центральной части Соткского рудного поля. Геохимическая аномалия развита в ультраосновных породах (рис.4.7; участок обозначен квадратиком), приурочена к зоне разрывных нарушений и интенсивно измененных пород (серпентинизированных, оталькованных, окварцованных, лиственитизированных) с кварцево-карбонатными прожилками. Прожилки содержат редкую вкрапленность пирита и халькопирита. Мощность зоны измененных пород колеблется в пределах 130-150 м. С зоной измененных пород пространственно совпадают интенсивные геохимические аномалии Hg, As, Pb и Zn, а также слабые (нижефоновой концентрации) аномалии Ni и Co. Концентрация Hg, As и Zn понижается по мере удаления от зоны измененных пород. Форма аномалий овальная, вытянутая по простиранию зоны измененных пород и разрывных нарушений. Для оценки перспектив рудоносности участка использовались параметры ореолов эталонных рудных тел Соткского месторождения. Расчет коэффициентов корреляции показал, что в пределах рассматриваемой аномалии по всем профилям без исключения обнаруживается положительная корреляционная связь между содержаниями Ni и Co и отрицательная - для этих элементов с As, Hg, Cu и Zn. Сходство параметров данной аномалии с особенностями первичных ореолов, выявленных вокруг известных рудных тел на месторождении, позволяет рассматривать эту аномалию как связанную со слепым золоторудным телом (уровень эрозионного среза аномалии соответствует верхним горизонтам Соткского месторождения (разрез I-I; табл.4.1) и, согласно второй поисковой модели, предполагаемое скрытое оруденение расположено на глубине 50 м от поверхности.

Пример оценки перспектив рудоносности глубоких горизонтов месторождений. Шаумянское месторождение, разведочный горизонт 700 м. Срез представляет собой широкое развитие плагиоклазовых порфиритов с маломощными зонами измененных пород. Объектом оценки являются контрастные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$ величиной Кз $1000 \cdot 10^3$ и более. Интенсивные геохимические ореолы пространственно совпадают с петрофизическими полями I класса (наиболее благоприятная для локализации оруденения среда), а также аномалиями, выявленными методами электрической корреляции и пьезоэффекта, что указыва-

Таблица 4.1

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Шаумянского месторождения

Горизонты, м	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, %	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, %	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности
	$Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As$	$Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V$	$\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$
Поверхность	$62442{,}52 \cdot 10^{-12}$	$279{,}45 \cdot 10^{-15}$	$223{,}45 \cdot 10^{3}$
Горизонт 860 м	$20553{,}77 \cdot 10^{-12}$	$62{,}23 \cdot 10^{-15}$	$330{,}27 \cdot 10^{3}$
Горизонт 820 м	$1921652{,}00 \cdot 10^{-12}$	$1500{,}15 \cdot 10^{-15}$	$1280{,}97 \cdot 10^{3}$
Горизонт 780 м	$4064598{,}18 \cdot 10^{-12}$	$1479{,}06 \cdot 10^{-15}$	$2748{,}10 \cdot 10^{3}$
Горизонт 700 м	$7098342{,}92 \cdot 10^{-12}$	$709{,}61 \cdot 10^{-15}$	$10003{,}10 \cdot 10^{3}$
Коэффициент контрастности	0,0087	0,39	0,022

ет на положительные перспективы объекта на глубину (рис.4.3; 4.4; (Безирганов и др., 1983).

В пределах рудных полей и месторождений золоторудной формации выделены перспективные объекты поисков скрытого оруденения по совокупности геологических, минералого-геохимических и геофизических предпосылок и признаков прогнозирования. Перспективность объектов определяется параметрами геохимических ореолов, связанных со скрытым оруденением, и их прогнозная оценка осуществлена с учетом геологических и геофизических предпосылок согласно "поисковым моделям" данной формации.

Соткское рудное поле. Участок "Северный" – выделены перспективные объекты поисков скрытого оруденения, представляющие собой ореолы максимальных значений Кз ($\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$)

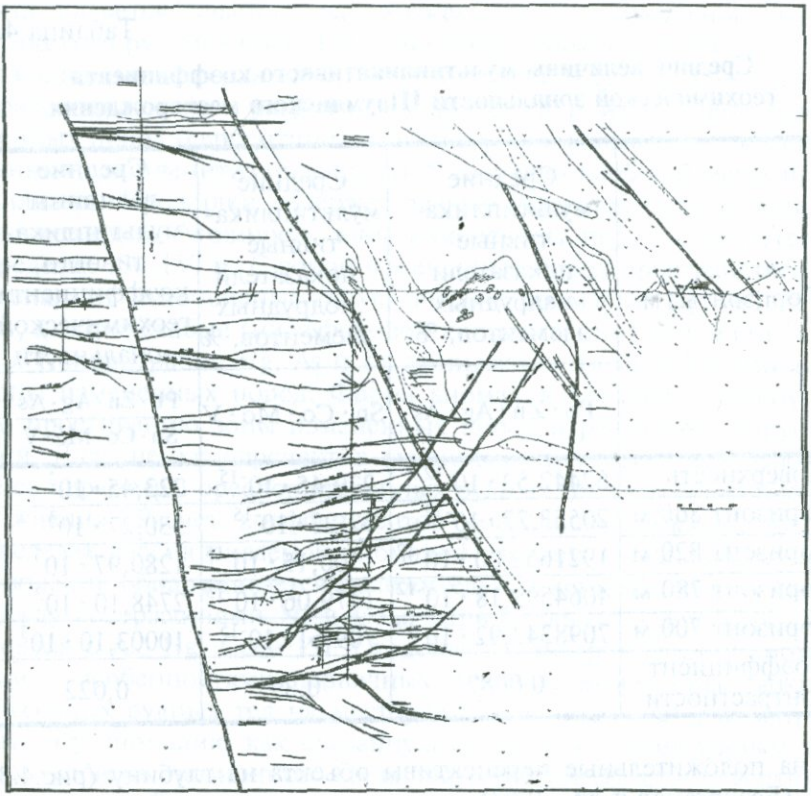


Рис.4.3. Геологический план Шаумянского месторождения (горизонт 700 м).
Условные обозначения к рис.4.3 и 4.4 на стр.151

- $0{,}001 \cdot 10^{3}$ (рис.4.5, 4.6). В пределах участков, прилегающих к Соткскому месторождению и на северо-западных флангах рудного поля выделены перспективные участки поисков скрытого оруденения. Ими являются интенсивные геохимические ореолы привносимых Hg - $3{,}0 \cdot 10^{-4}$, As - $4{,}5 \cdot 10^{-2}$, Zn – более $10 \cdot 10^{-3}$) и выносимых (нижефоновые концентрации Ni и Co) элементов (рис.4.7-4.14). Эти объекты расположены на площадях интенсивного развития околорудно-измененных пород (окварцованных, кварцево-карбонатных, лиственитизированных и др.), приуро-

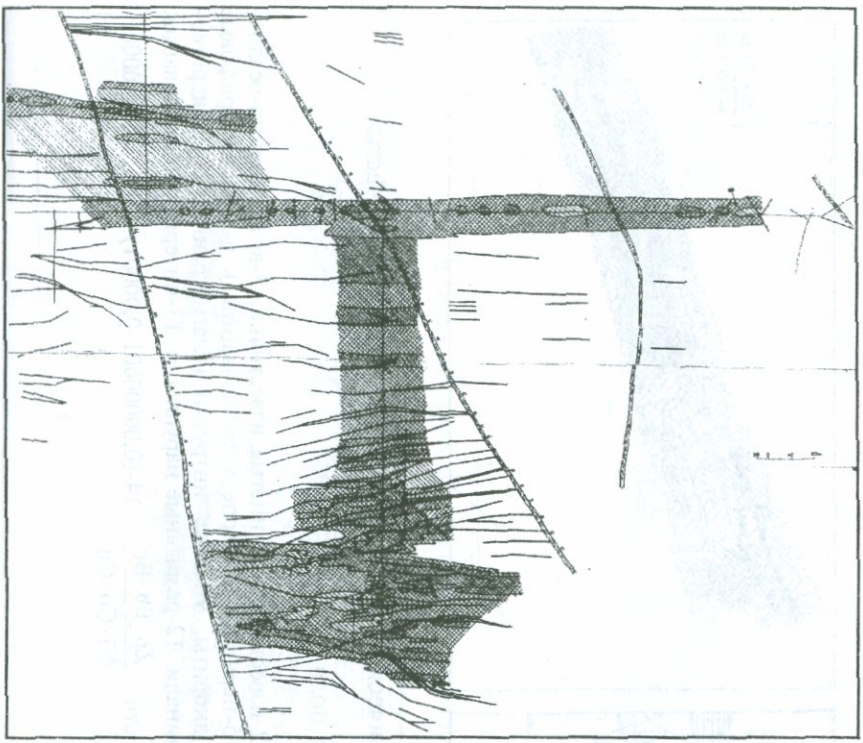


Рис.4.4. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$
Шаумянского месторождения (горизонт 700 м)

ченных к зонам глубинных разломов. Геохимические ореолы пространственно совпадают с отрицательными магнитными аномалиями, пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления, повышенными – поляризуемости и пьезоэффекта. В пределах этих объектов установлено локальное развитие малых интрузий. Участки, расположенные на северо-западных флангах рудного поля, приурочены к массивам габбро, являющимся предположительными источниками питания вторичных минералогических ореолов золота и барита (рис.1.3). Положительные перспективы участков, глубоких горизонтов и флангов Соткского месторождения подтверждены результатами геолого-

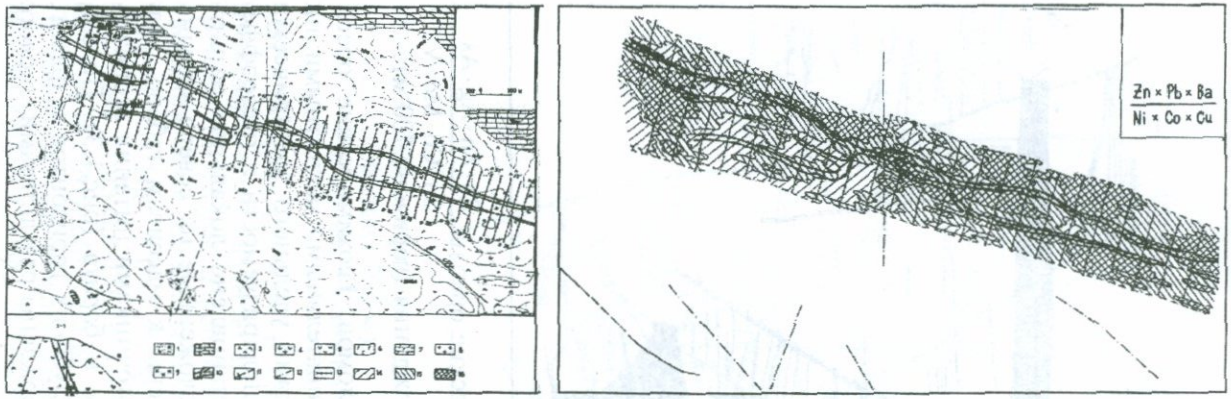


Рис.4.5-4.6. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$ "Северного" участка Соткского рудного поля.

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-известняки, глинистые известняки. 3-вулканогенно-осадочные породы. 4-метаморфические породы. 5-перидотиты (серпентинизированные). 6-габбро. 7-рифовые известняки. 8-плагиограниты, кварцевые диориты. 9-малые интрузии (плагиограниты). 10-гидротермально измененные породы. 11-ось антиклинали. 12-разрывные нарушения. 13-интервалы опробования. 14-16-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cu}$: 14-(0,00000001-0,00001) $\cdot 10^3$; 15-(0,00001-0,001) $\cdot 10^3$; 16->0,001 $\cdot 10^3$.

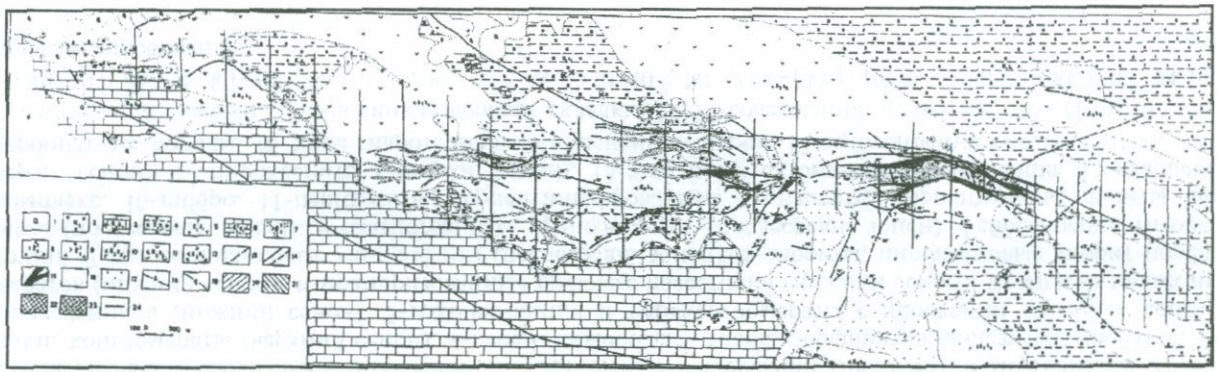


Рис.4.7. Геологическая карта Соткского месторождения

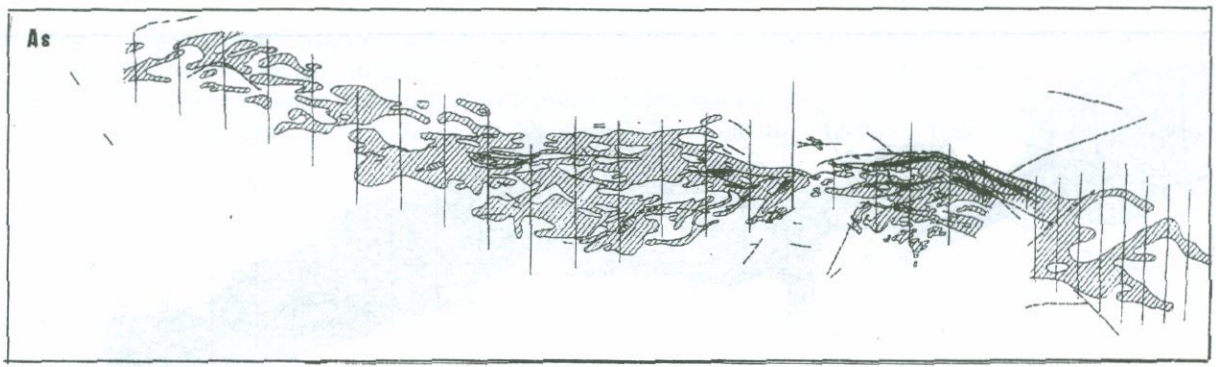


Рис.4.8. Первичные геохимические ореолы мышьяка Соткского месторождения (поверхность)

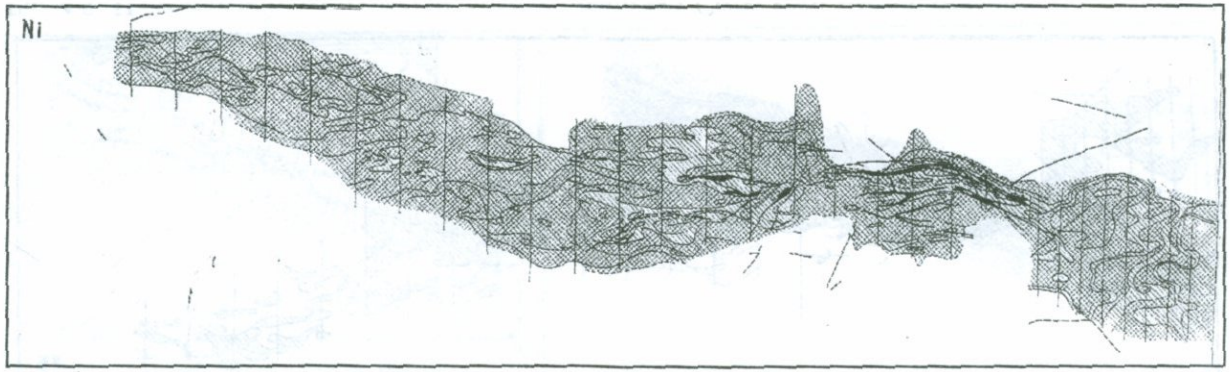


Рис.4.9. Первичные геохимические ореолы никеля Соткского месторождения (поверхность).

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-конгломераты и брекчии (плиоцен). 3-мергелистые известняки, конгломераты (верхний сенон). 4-перемежывающаяся толща порфиритов, андезитов, диабазов, туфопесчаников (нижний сенон). 5-туфопесчаники и туфоконгломераты с прослоями галечных конгломератов (нижний сенон). 6-мраморизованные рифовые известняки (нижний сенон). Комплекс малых интрузий. 7-роговообманковые лампрофиры (послесредн. эоцен). 8-диориты, пироксеновые диорит-порфириты (послесредн. эоцен). 9-плагиограниты, гранодиориты (послесредн. эоцен). Габбро-перидотитовый комплекс. 10-габбро. 11-перидотиты, серпентинизированные перидотиты, серпентиниты, дуниты (доверхн. сенон). 12-пироксениты (доверхн. сенон). 13-дайки. 14-тектонические нарушения. 15-кварцево-карбонатные породы. 16-зоны гидротермально измененных пород. 17-золотоносные россыпи. 18-ось антиклинальной складки. 19-ось синклинальной складки. 20-23-содержания элементов: As - $(1\text{-}6)\cdot10^{-2}$; Ni - $(1\text{-}10)\cdot10^{-4}$; As - $(6\text{-}30)\cdot10^{-2}$; Ni - $(10\text{-}1000)\cdot10^{-4}$; As - $>30\cdot10^{-2}$; Ni - $(100\text{-}1000)\cdot10^{-4}$%. 22-Ni - $>1000\cdot10^{-4}$. 24-интервалы опробования.

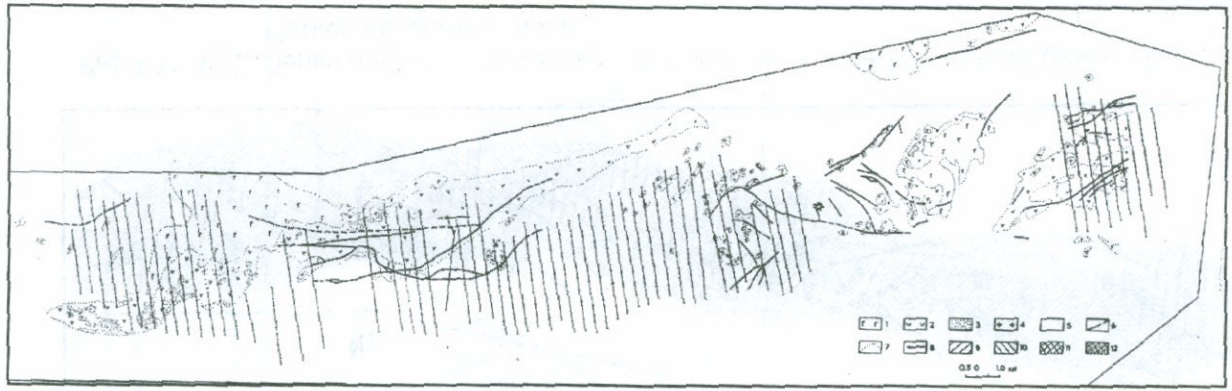


Рис.4.10. Геологическая карта Соткского рудного поля

1-габбро. 2-перидотиты. 3-зоны гидротермально измененных пород с кварцево-карбонатными прожилками. 4-комплекс малых интрузий. 5-осадочные, вулканогенно-осадочные породы. 6-тектонические нарушения. 7-геологические границы. 8-интервалы опробования. 9-12-содержания элементов: Ni - $(1\text{-}10)\cdot10^{-4}$; 10-Ni - $(10\text{-}100)\cdot10^{-4}$; 11-Ni - $(100\text{-}1000)\cdot10^{-4}$; Zn - $100\cdot10^{-3}$; 12-Ni - $>1000\cdot10^{-4}$%.

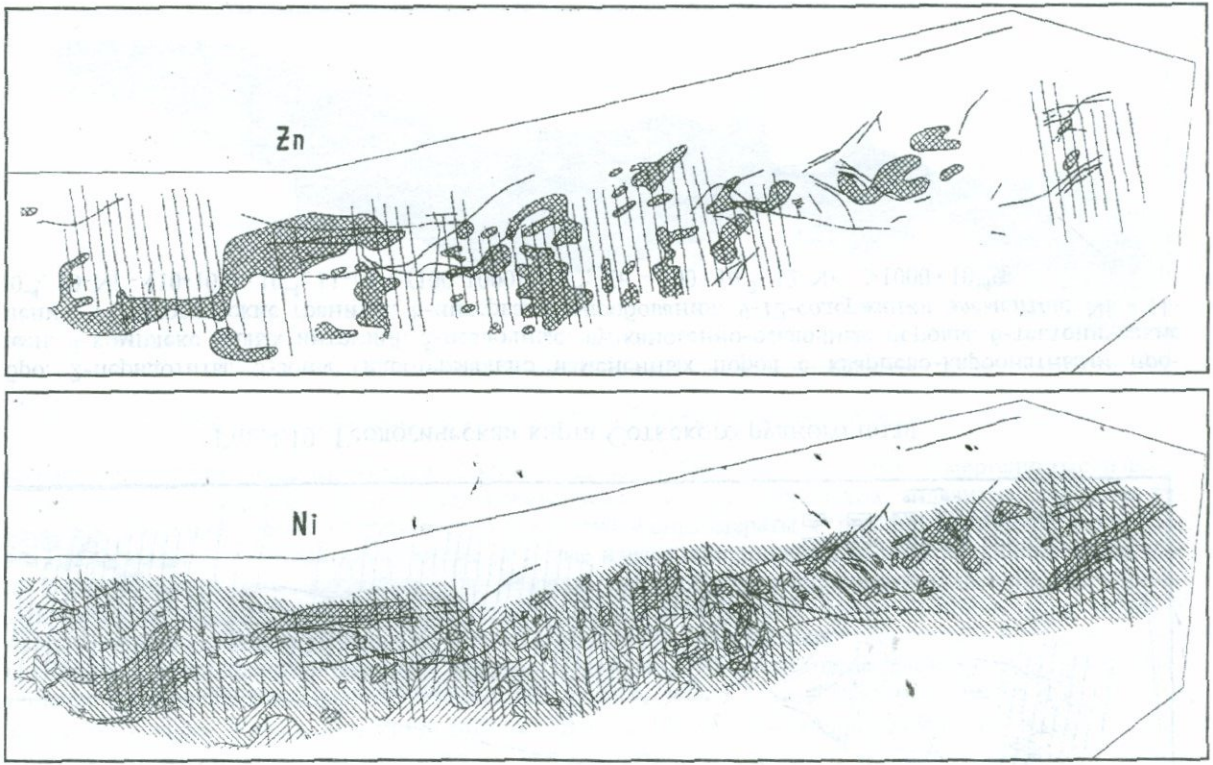
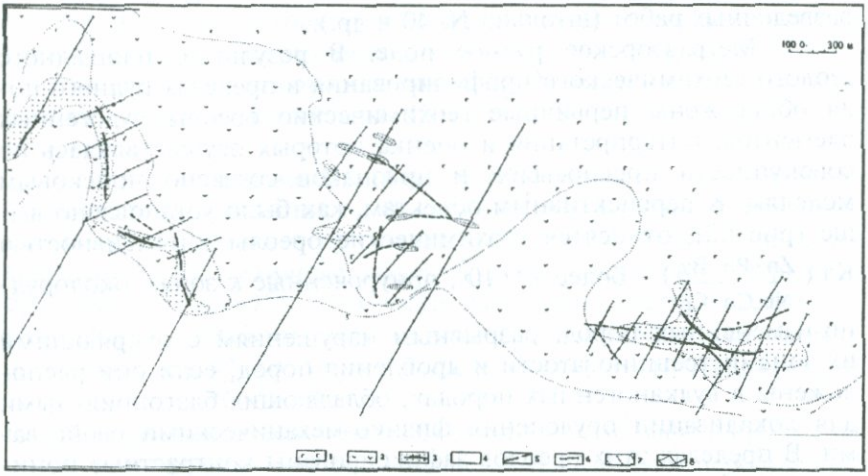


Рис.4.11-4.12. Первичные геохимические ореолы цинка (рис.4.11), никеля (рис.4.12) Соткского рудного поля



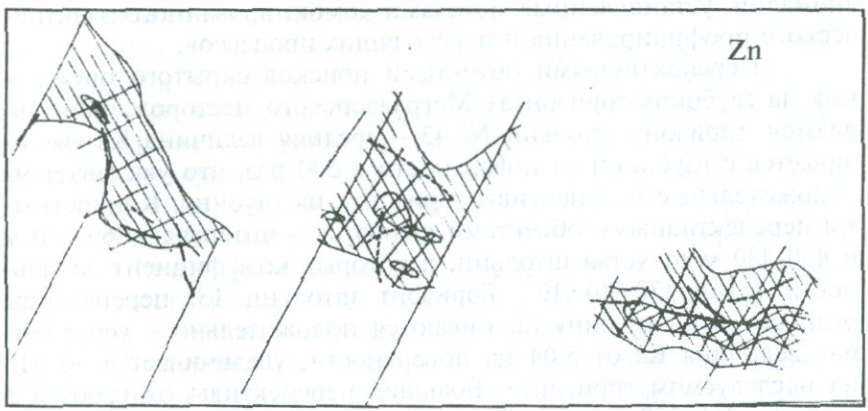


Рис.4.13-4.14. Первичные геохимические ореолы цинка Памбак-Бабаджанского участка Соткского рудного поля.

1-габбро. 2-перидотиты. 3-зоны гидротермально измененных пород с кварцево-карбонатными прожилками. 4-осадочные, вулканогенно-осадочные породы. 5-разрывные нарушения. 6-интервалы опробования. Содержание Zn: 7-(10-100) $\cdot 10^{-3}$. 8->100 $\cdot 10^{-3}$%.

разведочных работ (штольня № 40 и др.).

Мегрздзорское рудное поле. В результате площадного геолого-геохимического профилирования в пределах рудного поля обнаружены первичные геохимические ореолы рудогенных элементов, интерпретация и оценка которых осуществлялась по совокупности предпосылок и признаков согласно поисковым моделям. К перспективным объектам, как было установлено выше (рис.4.2), относятся геохимические ореолы интенсивностью Кз ($\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$) – более $90 \cdot 10^3$, приуроченные к зонам околорудно-измененных пород, разрывным нарушениям с оперяющими их зонами трещиноватости и дробления пород, если они расположены в вулканогенных породах, обладающих благоприятными для локализации оруденения физико-механическими свойствами. В пределах этих ореолов зафиксированы контрастные пониженные (отрицательные) магнитные аномалии, пониженные аномалии, установленные методами комбинированного электрического профилирования и переходящих процессов.

Перспективными объектами поисков скрытого оруденения на глубоких горизонтах Мегрздзорского месторождения являются: горизонт штольни № 43 – средняя величина Кз увеличивается с глубиной от поверхности в 300 раз, что указывает на положительные перспективы горизонта на глубину. Конкретными перспективными объектами являются – интервалы 260-270 м и 450-480 м от устья штольни, в которых коэффициент зональности равен $(30\text{-}90) \cdot 10^3$. Горизонт штольни 13: перспективы рудных тел на глубину оцениваются положительно – усредненная величина Кз от 3,04 на поверхности, увеличивается до 215 на исследуемом горизонте. Большие перспективы ожидаются в пределах 150-550 м от устья штольни, в особенности, на нижних горизонтах скважин 37, 43, 57, 65. Горизонт штольни 69: глубокие горизонты, в целом, оцениваются отрицательно. Средняя величина Кз уменьшается на глубину в 10 раз. Небольшие перспективы ожидаются на интервале 380-400 м от устья штольни, где величина Кз равна $(10\text{-}30) \cdot 10^3$. Горизонт штольни 61: глубокие горизонты, в целом, оцениваются положительно, контрастность равна 100000. Наиболее перспективными объектами являются интервалы 100-120 м, 340-400 м, 480-540 м от устья штольни, в которых фиксируются высокие величины Кз – $(30\text{-}90) \cdot 10^3$

и более. Горизонт штольни 66: перспективными объектами этого горизонта являются интервалы 640-700 м, 960-1000 м, 1140-1160 м от устья штольни. Горизонт штольни 10: перспективными объектами являются интервалы 300-320 м и 440-480 м от устья штольни.

Месторождение Шаумян. В результате геолого-геохимического профилирования на флангах месторождения по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования выделены перспективные объекты для обнаружения скрытого оруденения (рис.3.19). Юго-восточный фланг месторождения характеризуется слабыми перспективами – изолированные ореолы величиной Кз $\frac{Pb \cdot Zn \cdot Ag \cdot As}{Sn \cdot Co \cdot Mo \cdot V}$, равной $(0{,}01\text{-}1{,}0) \cdot 10^3$. Небольшой по размерам ореол величиной Кз $(10\text{-}1000) \cdot 10^3$ зафиксирован на восточном фланге месторождения. Аналогичные перспективы ожидаются на западном фланге месторождения, где редкие изолированные ореолы характеризуются невысокими величинами Кз $(0{,}01\text{-}1) \cdot 10^3$, реже $(10\text{-}1000) \cdot 10^3$. Результаты геохимического опробования в подземных горных выработках (горизонты 860, 820, 780, 700 м) позволили оценить перспективы рудоносности месторождения на глубину в целом и выделить перспективные объекты на горизонте 700 м (рис.4.4). Анализ изменения с глубиной средней величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности (табл.4.1; рис.4.15) показывает увеличение Кз от поверхности до горизонта 700 м – коэффициент контрастности равен 0,022. Следовательно, перспективы месторождения в целом оцениваются положительно. На горизонте 700 м оконтурены перспективные ореолы, характеризующиеся максимальной величиной Кз более $1000 \cdot 10^3$. Эти поля окаймляют известные рудные тела, положительно оценивая их перспективы на глубину, а также оконтуривают новые перспективные объекты поисков скрытого оруденения, расположенные на глубине 50 м и более от разведочного горизонта. Буровыми работами обнаружены скрытые жилы и зоны прожилково-вкрапленной минерализации на глубоких горизонтах 700 и 780 м.

Личкваз-Тейское месторождение. На поверхности выделены перспективные площади поисков скрытого оруденения, представленные геохимическими ореолами, интенсивностью Кз более $1 \cdot 10^{-1}$ (рис.3.29). Перспективные аномалии пространст-

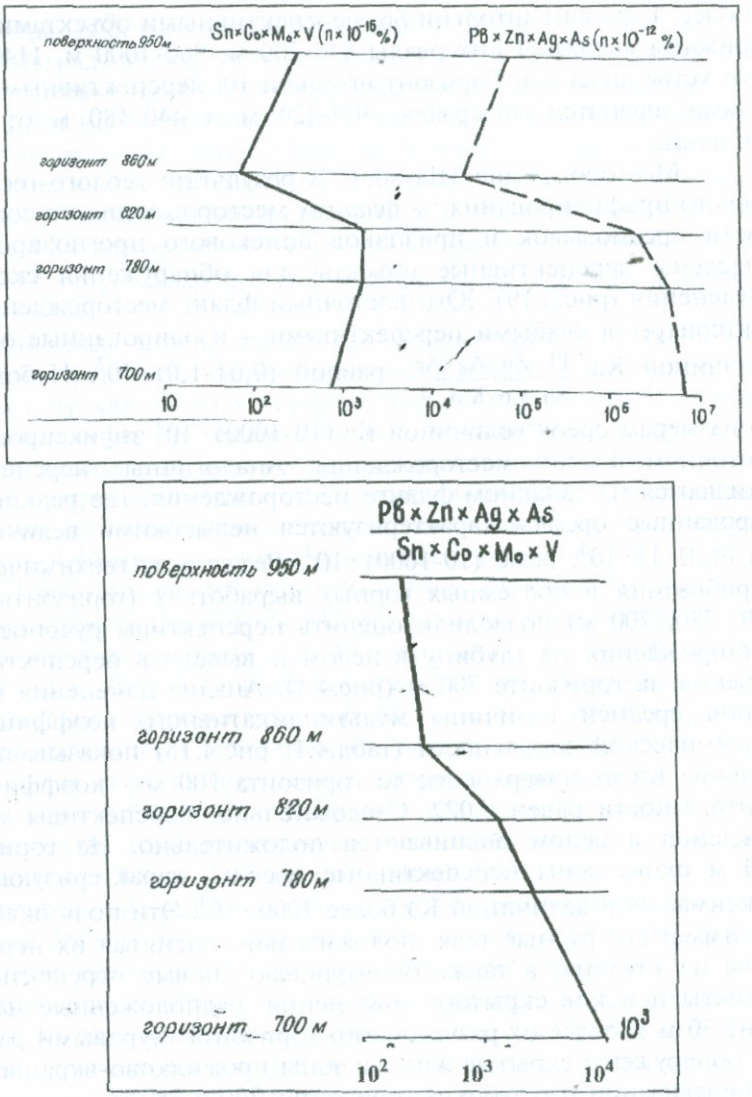


Рис.4.15. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей элементов и коэффициента геохимической зональности Шаумянского месторождения

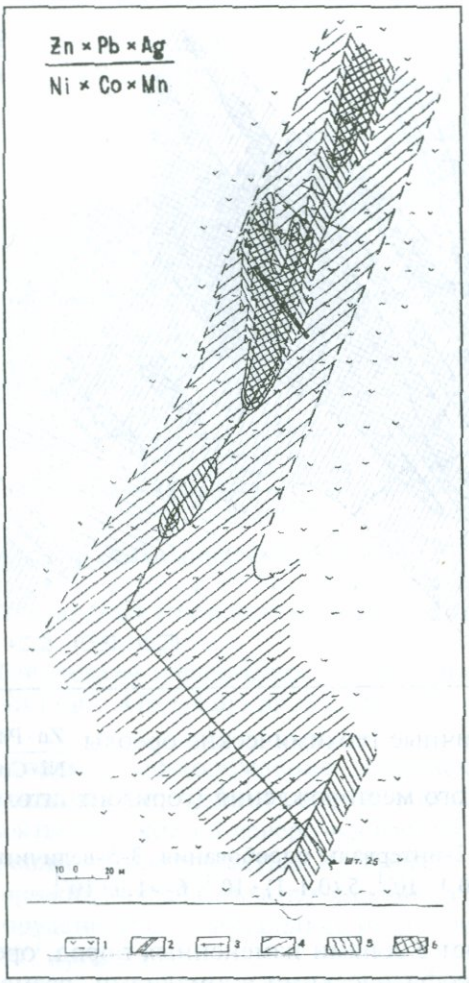


Рис.4.16. *Первичные геохимические ореолы* $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ Ликваз-Тейского месторождения (горизонт штольни № 25)

1-порфириты слабо измененные. 2-тектонические нарушения. 3-интервалы опробования. 4-величины коэффициена зональности. 4.$<0{,}1 \cdot 10^{-1}$. 5-$(0{,}1\text{-}1) \cdot 10^{-1}$. 6-$>1{,}0 \cdot 10^{-1}$.

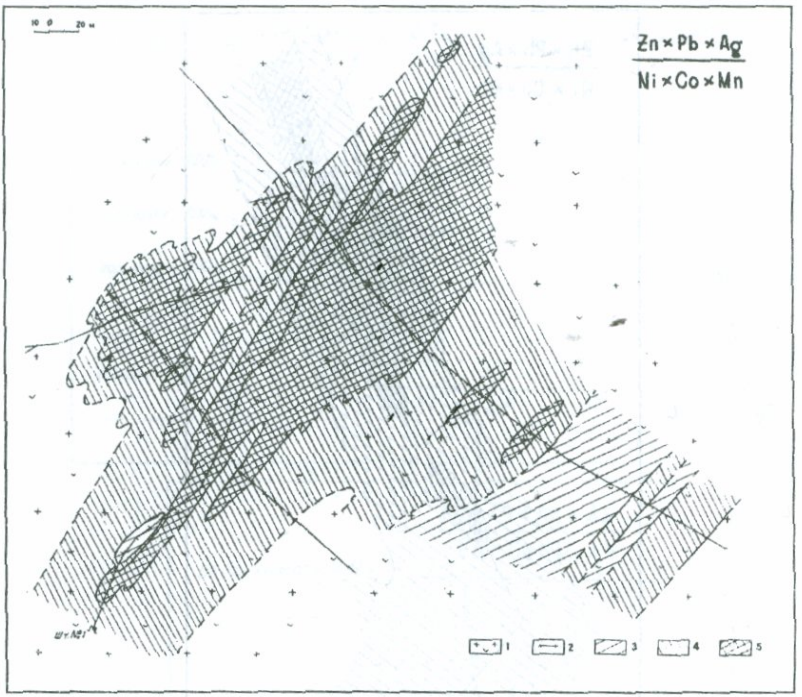


Рис.4.17. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn}$ Тертерасарского месторождения (горизонт штольни № 1)

1-граносиениты. 2-интервалы опробования. 3-5-величины коэффициена зональности. 4-<0,1 · 10^{-1}. 5.(0,1-1) · 10^{-1}. 6->1,0 · 10^{-1}.

венно совпадают с зонами измененных пород, ореолами выноса Ni, Co и Mn, геофизическими аномалиями, размещаются в вулканогенных породах и приурочены к зонам трещиноватости пород. Эти объекты соответствуют "второй поисковой модели" золоторудной формации. На глубоких горизонтах штольни № 25 выделены два перспективных объекта поисков скрытого оруденения - это поля максимальных значений Кз $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ag}{Ni \cdot Co \cdot Mn} = 1 \cdot 10^{-1}$ (рис.4.16).

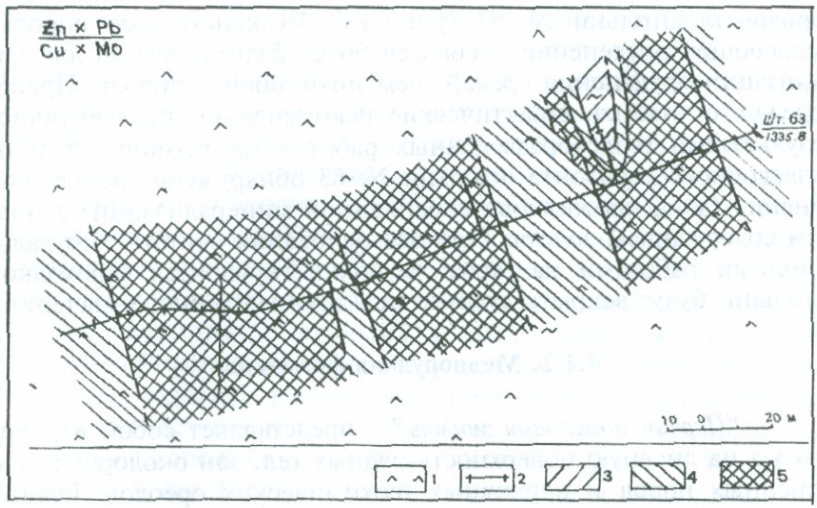


Рис.4.18. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ Азатекского месторождения (горизонт штольни № 63)

1-порфириты. 2-интервалы опробования. 3-5-величины коэффициента зональности. 3-$<0{,}1 \cdot 10^2$. 4.$(0{,}1\text{-}1{,}0) \cdot 10^2$. 5-$>1{,}0 \cdot 10^2$.

Тертерасарское месторождение. Перспективы рудоносности месторождения на глубину оцениваются положительно. Выделены объекты поисков на северо-восточных флангах месторождения - ореолы интенсивностью Кз более $1 \cdot 10^{-1}$ (рис.3.37). На глубоких горизонтах выделены перспективные объекты поисков скрытого оруденения – аномальные поля ореолов интенсивностью Кз $1 \cdot 10^{-1}$ (рис.4.17).

Азатекское рудное поле. Оценка перспектив рудоносности осуществляется по Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ в совокупности с геологическими и геофизическими предпосылками. Правобережный участок: перспективы объекта и их глубоких горизонтов оцениваются отрицательно.

Наибольший интерес для поисков представляют северо-восточные фланги Левобережного участка (рис.3.41) и глубокие

горизонты штольни № 63 (рис.4.18). Вулканогенные породы, вмещающие оруденение, являются более благоприятной для локализации оруденения средой, чем интрузивные породы Правобережного участка. Практические рекомендации подтвердились результатами геологоразведочных работ – на глубине 35 м от разведочного горизонта штольни № 63 обнаружено слепое оруденение (зона прожилково-вкрапленной минерализации) с низким содержанием золота. Есть все основания считать, что дальнейшими работами на более глубоких горизонтах (проходкой штольни) будут вскрыты рудные тела промышленного значения.

4.1.2. Меднорудная формация

"Первая поисковая модель" – представляет собой вариант выхода на дневную поверхность рудных тел, зон околорудно-измененных пород и первичных геохимических ореолов. Рудные тела месторождений меднорудной формации, в особенности Шамлугского, практически не имеют непосредственного выхода на поверхность. Модель разработана на основе параметрических исследований физических свойств рудных тел и околорудно-измененных пород, а также по результатам геофизических исследований месторождений в подземных условиях. Рудные тела локализованы под фильтрационными и структурными экранами в благоприятной по физико-механическим свойствам среде.

Вертикальная протяженность ореолов обусловила развитие их через экраны в верхнеюрских образованиях Капанского и альбитофирах и туфопесчаниках Шамлугского месторождений. На поверхности выявлены интенсивные ореолы рудогенных элементов. Согласно "первой модели" рудные тела окаймлены кварцево-серицитовыми, окварцованными, кварцитизированными породами с обильной вкрапленностью пирита.

Рудные тела создают интенсивные пониженные магнитные аномалии ΔZ, удельного электрического сопротивления – ρ_k и естественного электрического поля – U, а также контрастные повышенные аномалии поляризуемости – η_k, слабые повышенные аномалии силы тяжести - Δg и пьезоэлектрического эффекта - d.

"Вторая поисковая модель" разработана на основе результатов минералогических и геофизических исследований месторождений в подземных горных выработках – изучения характера

проявления скрытых рудных тел на различных уровнях (разведочных горизонтах) месторождения с использованием полного комплекса геохимических исследований – геолого-геохимическое профилирование на поверхности, опробование в подземных горных выработках и керна скважин. Рудные тела залегают на глубине 30-50 м. На поверхности (в верхних сечениях разрезов) они проявляются околорудно-измененными породами и геохимическими ореолами. Геохимические ореолы на поверхности (в верхнеюрских породах Капанского и альбитофирах и туфопесчаниках Шамлугского месторождений) являются продолжением ореолов, связанных с рудными телами, расположенными под фильтрационными и структурными экранами. Ореолы отчетливо фиксируют скрытые рудные тела повышенными концентрациями рудогенных элементов. Например, Кз на поверхности Капанского месторождения достигает величины более $1 \cdot 10^2$, Шамлугского – более $10 \cdot 10^2$. Скрытые рудные тела фиксируются на поверхности слабыми пониженными магнитными аномалиями ΔZ, удельного электрического сопротивления – ρ_k и естественного электрического поля – U, слабыми повышенными аномалиями поляризуемости – η_k.

Таким образом, скрытые рудные тела, залегающие на глубине 30-50 м, на поверхности могут фиксироваться интенсивными геохимическими ореолами и слабыми геофизическими аномалиями различного характера, при поисках на глубоких горизонтах месторождений и минералогическими ореолами.

Поиски скрытого оруденения осуществляются сочетанием наземных и глубинных систем поисковых работ: наземные поиски – геологическая съемка, геохимические методы поисков, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП), магниторазведка; глубинные поиски – минерало-геохимическое опробование и измерение геофизических параметров из скважин или подземных горных выработок.

"Третья поисковая модель". Верхняя кромка рудных тел расположена на глубине 120-150 м от поверхности (или среза в подземных горных выработках). При данном уровне среза рудные тела фиксируются только первичными геохимическими ореолами средней интенсивности: на Шамлугском месторождении Кз – $(1\text{-}10) \cdot 10^2$; Капанском – $(0{,}1\text{-}1) \cdot 10^2$. Характер про-

явления скрытого оруденения на поверхности (исследуемом срезе) определяет сочетание наземных и глубинных поисков. Наземные поиски должны осуществляться для выявления структурно-тектонических, магматогенных, геохимических и петрофизических предпосылок, для обнаружения и оконтуривания которых должны использоваться геологическая съемка и геолого-геохимическое профилирование; глубинные поиски – с помощью неглубоких (50 м) буровых скважин или подземных выработок для минералого-геохимического опробования и измерения геофизических параметров на глубине.

"Четвертая поисковая модель". Предполагаемая верхняя кромка рудных тел расположена на глубине 300 м и более от поверхности (или подземного сечения).

Согласно модели поиски ведутся сочетанием наземных и глубинных методов, с полным преобладанием последних. Минералого-геохимическое и петрофизическое опробование и измерение геофизических параметров осуществляется из буровых скважин (подземных выработок) на глубине 100-120 м. Наземные поиски ведутся для выявления геолого-структурных и магматогенных предпосылок прогнозирования.

Перспективность объектов поисков скрытого оруденения меднорудной формации.

Шамлугское месторождение. В результате геолого-геохимического профилирования на юго-восточном фланге месторождения выделены перспективные объекты (геохимические ореолы величиной Кз более $10 \cdot 10^2$; рис.3.44). Наличие скрытого оруденения на юго-восточном фланге месторождения подтверждено скважинами №№ 381, 405. Глубокие горизонты месторождения: геохимическим опробованием разведочных горизонтов (11, 17, 32, 60, 90, 115, 140, 180, 215, 305 м) выявлена перспективность рудоносности глубоких горизонтов месторождения в целом и выделены конкретные участки поисков скрытого оруденения на горизонтах 180, 215 и 305 м (рис.4.19-4.21).

Анализ изменения с глубиной параметров ореолов (табл. 4.2., рис.4.22), расположения аномальных участков на разведочных горизонтах месторождения (рис.4.19-4.21) указывает на слабые перспективы месторождения на глубину. Например, величина Кз от 0,26 (горизонт 11 м) понижается до 0,09 (горизонт 305 м) – ко-

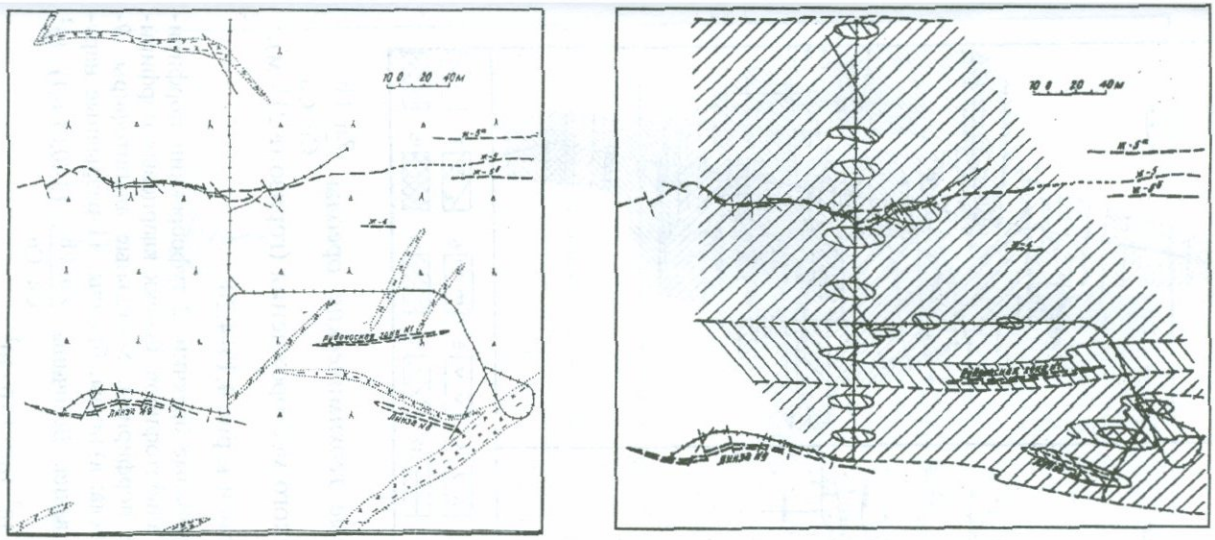


Рис.4.19. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ Шамлугского месторождения (горизонт 180 м)

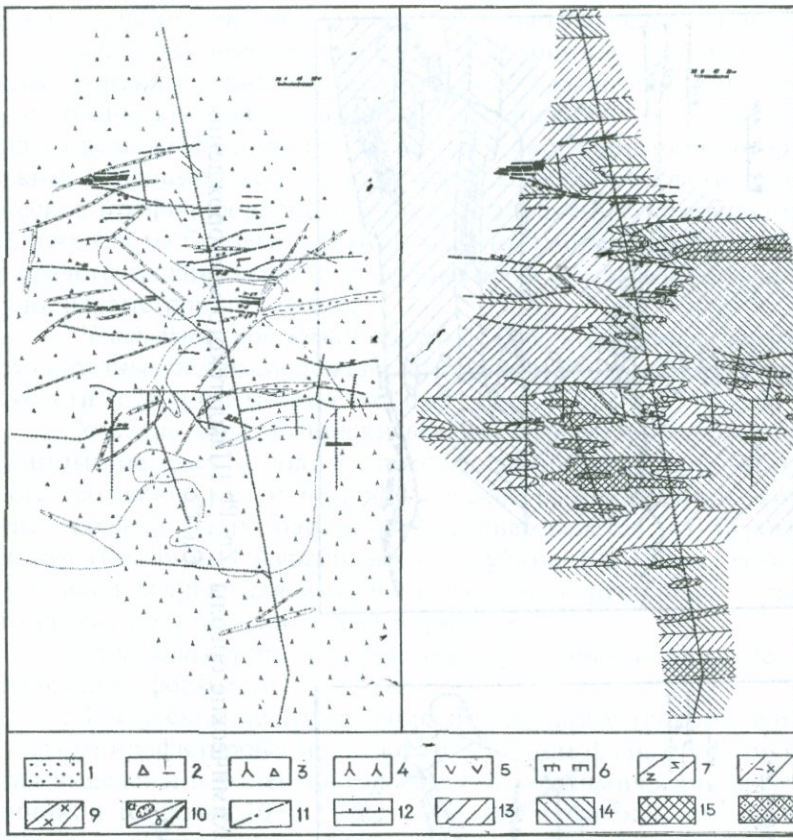


Рис.4.20. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ Шамлугского месторождения (горизонт 215 м).

Подписи к рис.4.19-4.20

1-туфопесчаники. 2-кератофировые брекчии. 3-туфобрекчии порфиритов. 4-порфириты. 5-силлы альбитофиров. 6-некк кварцевых порфиритов. 7-жильные диабазовые порфириты. 8-жильные альбитофиры. 9-дайки диабазов. 10-рудные тела: а)линзы; б)жилы. 11-разрывные нарушения. 12-интервалы опробования. Величины $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$. 13-$(0{,}01\text{-}0{,}1) \cdot 10^2$. 14-$(0{,}1\text{-}1{,}0) \cdot 10^2$. 15-$(1{,}0\text{-}10{,}0) \cdot 10^2$. 16-> $10{,}0 \cdot 10^2$.

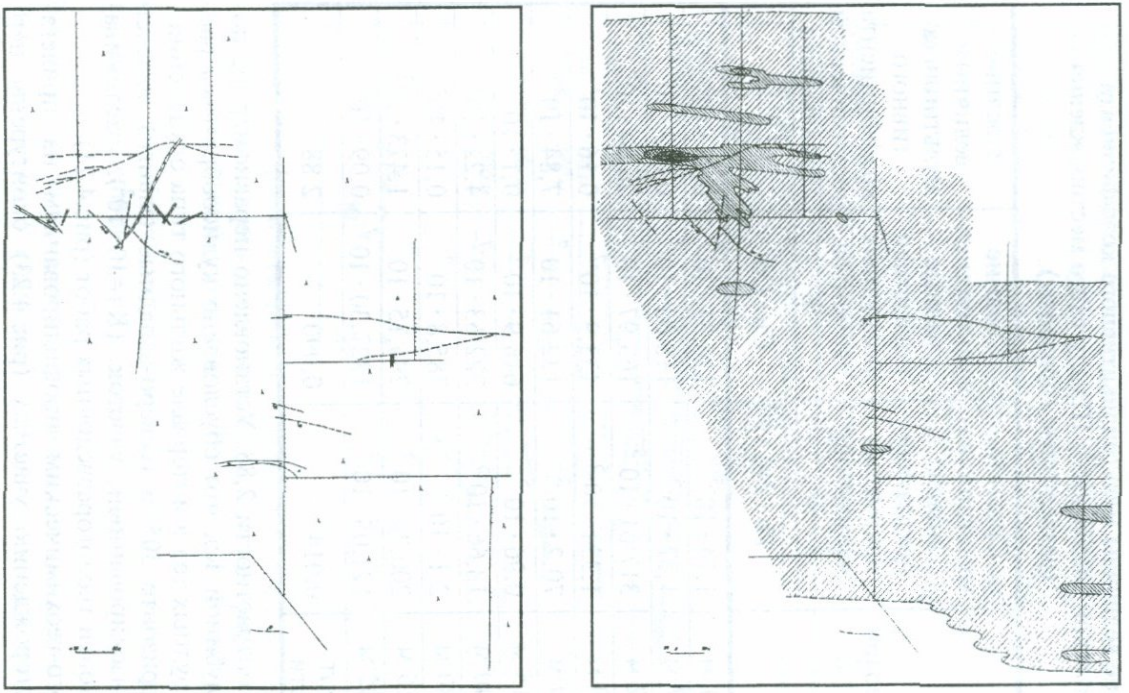


Рис.4.21. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ Шамлугского месторождения (горизонт 305 м).

Таблица 4.2

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Шамлугского месторождения (разведочные горизонты)

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, %	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, %	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности
	$Pb \cdot Zn$	$Cu \cdot Co$	$\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Co}$
Горизонт 11 м	$1{,}74 \cdot 10^{-5}$	$120{,}31 \cdot 10^{-7}$	$0{,}26 \cdot 10^{3}$
Горизонт 17 м	$1{,}37 \cdot 10^{-5}$	$118{,}03 \cdot 10^{-7}$	$0{,}057 \cdot 10^{3}$
Горизонт 32 м	$317{,}61 \cdot 10^{-5}$	$163{,}97 \cdot 10^{-7}$	$26{,}04 \cdot 10^{3}$
Горизонт 60 м	$1{,}334 \cdot 10^{-5}$	$433{,}9 \cdot 10^{-7}$	$0{,}16 \cdot 10^{3}$
Горизонт 90 м	$70{,}2 \cdot 10^{-5}$	$132{,}61 \cdot 10^{-7}$	$7{,}84 \cdot 10^{3}$
Горизонт 115 м	$0{,}96 \cdot 10^{-5}$	$616{,}9 \cdot 10^{-7}$	$0{,}1 \cdot 10^{3}$
Горизонт 140 м	$18{,}66 \cdot 10^{-5}$	$222{,}63 \cdot 10^{-7}$	$4{,}22 \cdot 10^{3}$
Горизонт 180 м	$2{,}1 \cdot 10^{-5}$	$785{,}8 \cdot 10^{-7}$	$0{,}15 \cdot 10^{3}$
Горизонт 215 м	$200{,}28 \cdot 10^{-5}$	$296{,}15 \cdot 10^{-7}$	$1{,}473 \cdot 10^{3}$
Горизонт 305 м	$121{,}05 \cdot 10^{-5}$	$1327{,}30 \cdot 10^{-7}$	$0{,}09 \cdot 10^{3}$
Коэффициент контрастности	0,014	0,090	2,88

эффициент контрастности 2,88. Установлено неравномерное понижение с глубиной Кз, что обусловлено кулисообразным расположением рудных тел в интервале жильного типа оруденения.

На горизонте 305 м (северо-западные фланги) выделен небольшой изолированный участок ($Кз=10 \cdot 10^{2}$), заслуживающий постановки геологоразведочных работ (рис.4.21).

Геолого-геохимическим профилированием на прилегающих к месторождению участках (рис.4.23) оконтурены перспективные участки поисков скрытого оруденения (участок Бугакяр-1 – рис.4.24; Бугакяр-2 – рис.4.25; Бендик – рис.4.26).

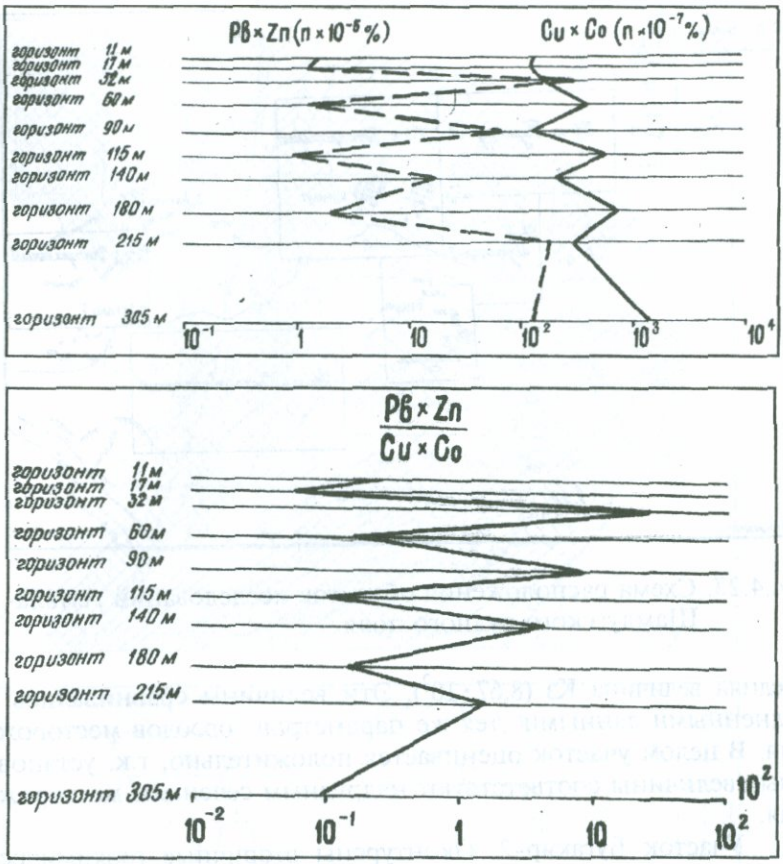


Рис.4.22. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей элементов и коэффициента геохимической зональности Шамлугского месторождения

Участок Бугакяр-1. Перспективными объектами участка являются геохимические ореолы интенсивностью Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ – $>10 \cdot 10^2$, которые выделены с учетом геологических предпосылок прогнозирования. В плане методических исследований из количества проб (167), отобранных на участке были рассчитаны средние мультипликативные показатели $Zn \cdot Pb(11{,}20 \cdot 10^{-5})$, $Cu \cdot Co(7{,}99 \cdot 10^{-7}\%)$

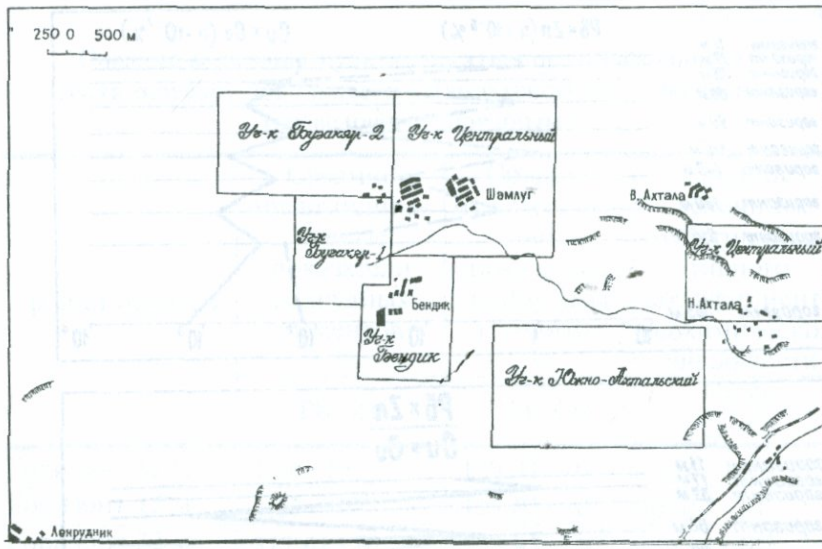


Рис.4.23. Схема расположения объектов исследований Ахтала-Шамлугского рудного поля

и средняя величина Кз ($8{,}67 \cdot 10^2$). Эти величины сравнивались с усредненными данными тех же параметров ореолов месторождения. В целом участок оценивается положительно, т.к. установленные величины соответствуют надрудным сечениям месторождения.

Участок Бугакяр-2. Оконтурены вторичные геохимические ореолы. Выявлена прямая корреляционная зависимость между содержаниями первичных и вторичных геохимических ореолов на месторождении Шамлуг. Следовательно, перспективы рудоносности участка можно оценивать по критериям оценки первичных ореолов, в конкретном случае – по коэффициенту зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$. Перспективными объектами поисков скрытого эндогенного оруденения являются линейно-вытянутые в северо-западном направлении ореолы с максимальными значениями Кз более $10 \cdot 10^2$. Ориентировка ореолов совпадает с общим направлением зон разрывных нарушений и трещиноватости пород.

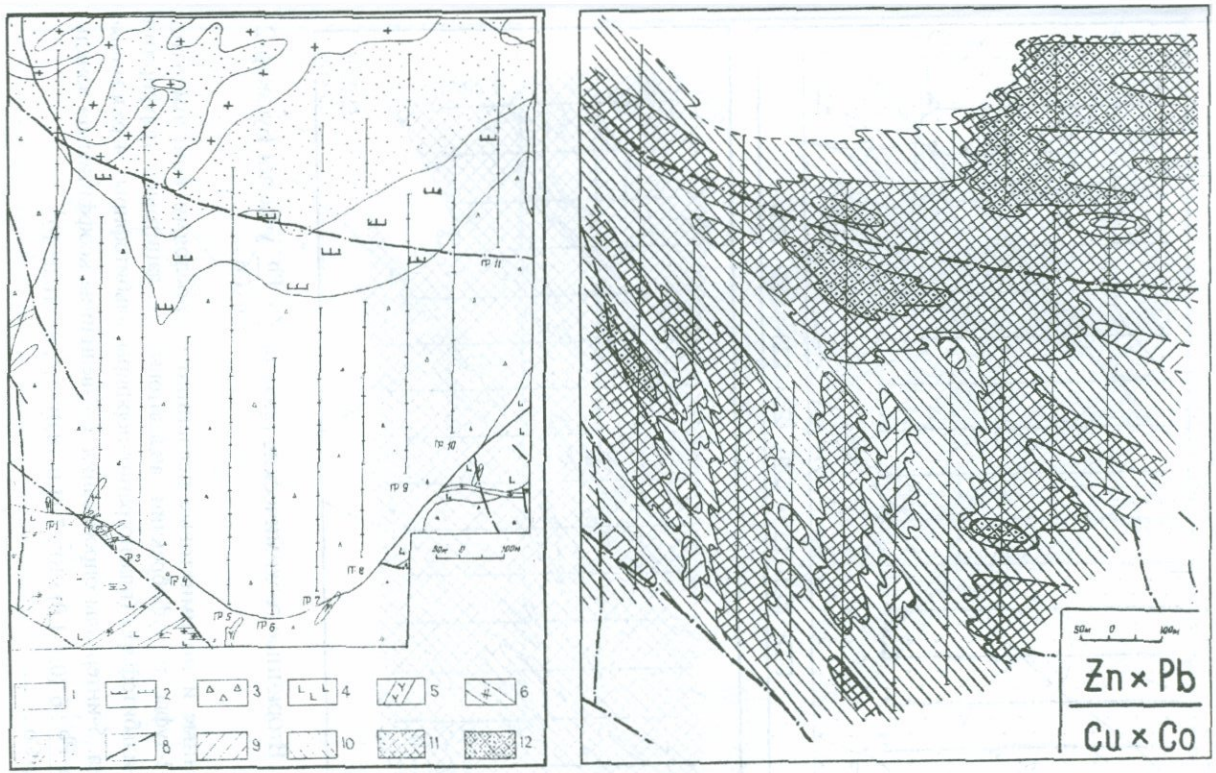


Рис.4.24. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ участка Бугакяр-I

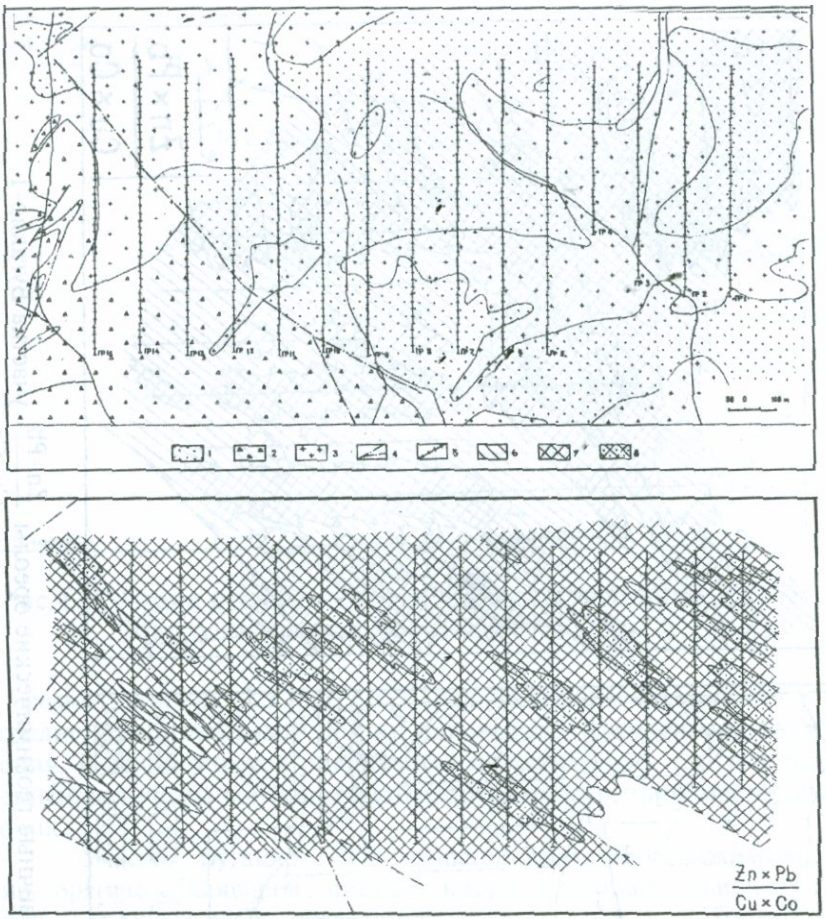


Рис.4.25. Вторичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ участка Бугакяр-2

1-туфогенные и полимиктовые песчаники с прослоями конгломератов (J_2b-bt). 2-туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов ($J_2b_1^2$). 3-альбитофиры (плагиогранит-порфиры, альбитофиры). 4-разрывные нарушения. 5-интервалы опробования. 6-8-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$: 6-(0,1-1,0) · 10^2; 7-(1,0-10,0) · 10^2; 8->10,0 · 10^2.

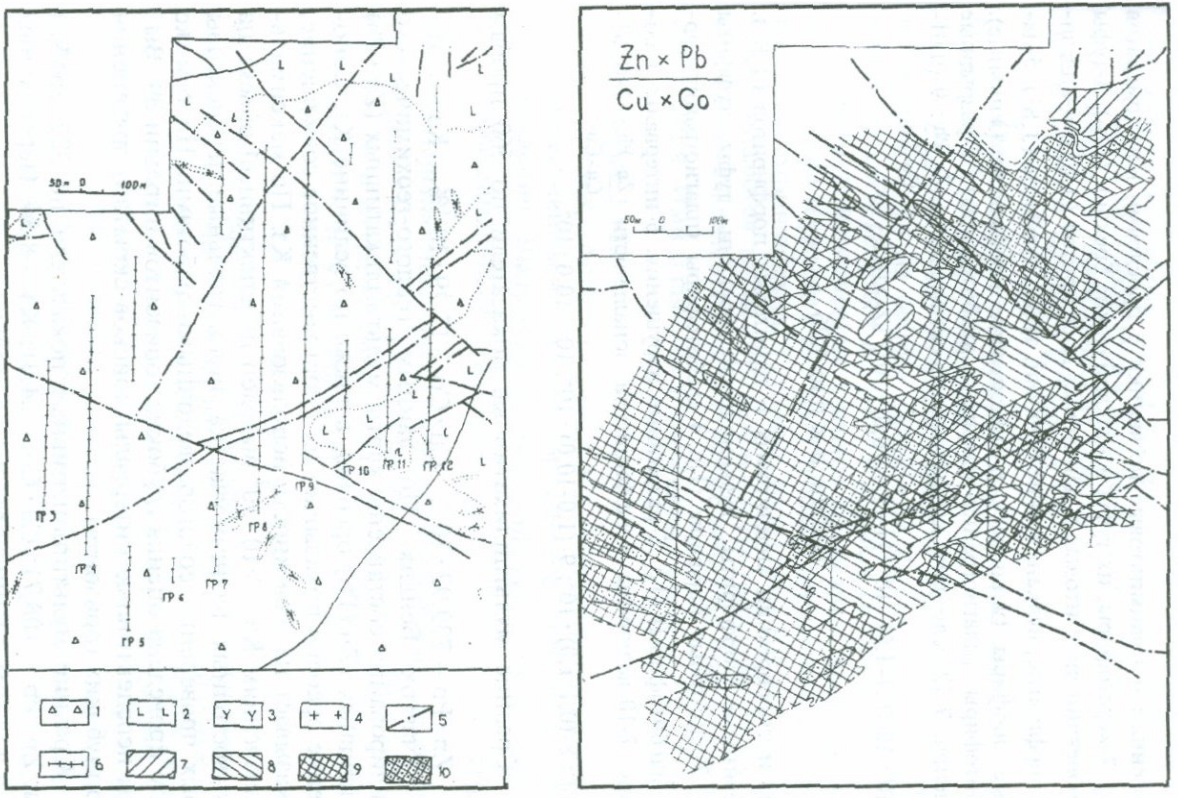


Рис.4.26. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$ участка Бендик

Подписи к рис.4.24

1-туфогенные и полимиктовые песчаники с прослоями конгломератов (J_2b-bt). 2-кератофиры, их туфы и вулканические брекчии (J_2b_2). 3-туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов ($J_2b_1^2$). 4-андезитовые порфириты, вулканические брекчии, туфы, туффиты ($J_2b_1^1$). 5-дацитовые порфиры (жильные). 6-андезитовые порфириты (жильные). 7-альбитофиры (плагиогранит-порфиры, альбитофиры). 8-разрывные нарушения. 9-12-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$: 9-(0,01-0,1) $\cdot 10^2$; 10-(0,1-1,0) $\cdot 10^2$; 11-(1,0-10,0) $\cdot 10^2$; 12->10,0 $\cdot 10^2$.

Подписи к рис.4.26

1-туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов ($J_2b_1^2$). 2-андезитовые порфириты, вулканические брекчии, туфы, туффиты ($J_2b_1^1$). 3-дацитовые порфиры (J_2). 4-альбитофиры (плагиогранит-порфиры, альбитофиры) (J_2). 5-разрывные нарушения. 6-интервалы опробования. 7-10-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Co}$: 7-(0,01-0,1) $\cdot 10^2$; 8-(0,1-1,0) $\cdot 10^2$; 9-(1,0-10,0) $\cdot 10^2$; 10->10,0 $\cdot 10^2$.

Средние мультипликативные показатели по 560 пробам равны:

$Zn \cdot Pb - 739{,}92 \cdot 10^{-5}$, $Cu \cdot Co - 17{,}29 \cdot 10^{-7}$%, Кз – 7,51.

Участок Бендик. По данным геолого-геохимического профилирования составлены карты мультипликативных ($Zn \cdot Pb$) и аддитивных ($Zn+Pb$) ореолов, а также по величине Кз. Сопоставление ореолов показывает их пространственное совмещение, что указывает на надежность использования Кз. По максимальным значениям Кз – $>10 \cdot 10^2$ выделен перспективный объект на северо-восточных флангах участка, положительные перспективы которых проверены геологоразведочными работами. На том же объекте проведена оценка глубоких горизонтов штольни 39. Выделены перспективные интервалы поисков скрытого оруденения на его глубоких горизонтах.

Средние мультипликативные показатели по 222 пробам равны: $Zn \cdot Pb$ – 108,71; $Cu \cdot Co$ – 24,31; Кз – 8,54. Перспективы участка в целом оцениваются положительно.

Месторождение Капан. Геолого-геохимическим профилированием коренных пород на юго-западных и северо-западных флангах месторождения выделены перспективные объекты - изолированные геохимические ореолы с максимальной величиной Кз – $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ более $1 \cdot 10^2$ (рис.3.53).

Оценка перспектив рудоносности глубоких горизонтов участков "7-10", "5-6", "Катар", "Айрапет".

Участок "7-10". Оценка глубоких горизонтов 845 м (рис. 4.27) проводится на основе анализа графиков изменения с глубиной средних величин Кз (табл.4.3, рис.4.28) и изменения контрастности геохимических ореолов на разных уровнях (от поверхности до горизонта 845 м). Глубокие горизонты участка оцениваются отрицательно. Глубокие горизонты 805 м (участок "5-6") оцениваются также отрицательно. На горизонте 805 м участка "Катар" выделены перспективные объекты поисков скрытого оруденения. Ими являются интенсивные ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ величиной Кз более $1 \cdot 10^2$.

Участок "Айрапет" (рис.4.29). Этот участок является более перспективным на скрытое оруденение, чем другие объекты месторождения. Выделены объекты поисков скрытого оруденения по максимальным значениям Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ – $1 \cdot 10^2$. Положительные перспективы подтверждены результатами геологоразведочных работ на северо-восточных флангах горизонта 800 м – на глубине 70 м от разведочного горизонта вскрыта зона прожилково-вкрапленной минерализации.

Подписи к рис.4.27, 4.29

1-андезитовые порфириты. 2-туфоконгломераты. 3-лавобрекчии и пирокласты андезито-дацитовых порфиритов. 4-андезито-дацитовые порфириты. 5-диабазовые и андезитовые порфириты. 6-андезито-дацитовые кварцевые порфиры. 7-огипсованные андезитовые порфириты. 8-кварцевые плагиопорфиры. 9-габбро-диоритовые дайки. 10-габбро-диабазовые дайки. 11-зоны глубинных разломов. 12-тектонические нарушения. 13-рудные тела. 14-отработанные рудные тела. 15-интервалы опробования. 16-18-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$. 16-(0,01-0,1) $\cdot 10^2$; 17-(0,1-1,0) $\cdot 10^2$; 18->1,0 $\cdot 10^2$.

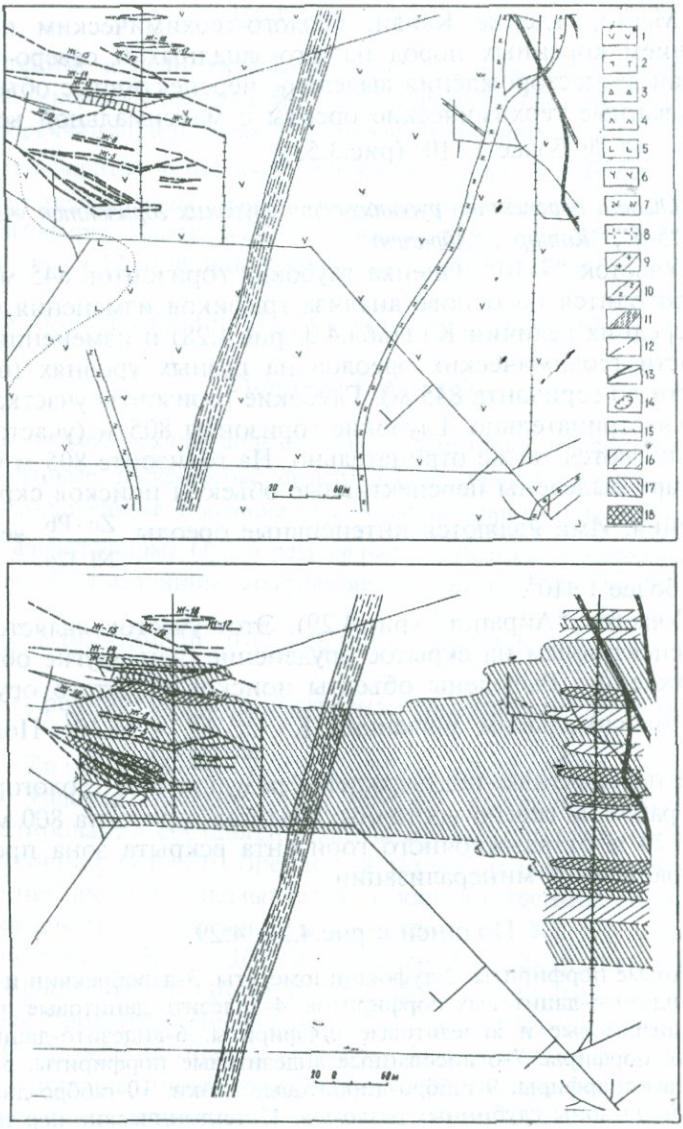


Рис.4.27. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ Капанского месторождения (участок "7-10", горизонт 845 м)

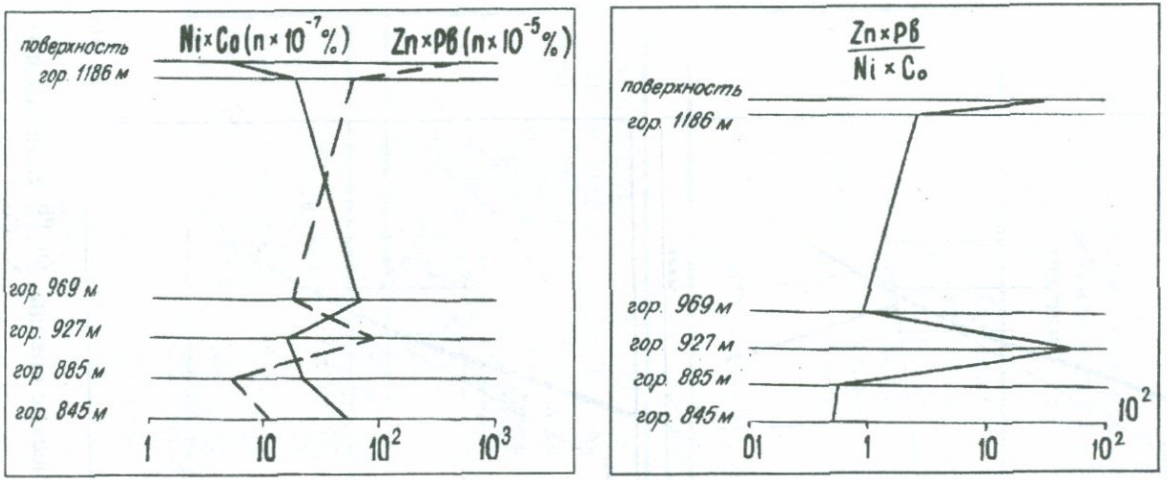


Рис.4.28. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей и коэффициента геохимической зональности Капанского месторождения (участок "7-10")

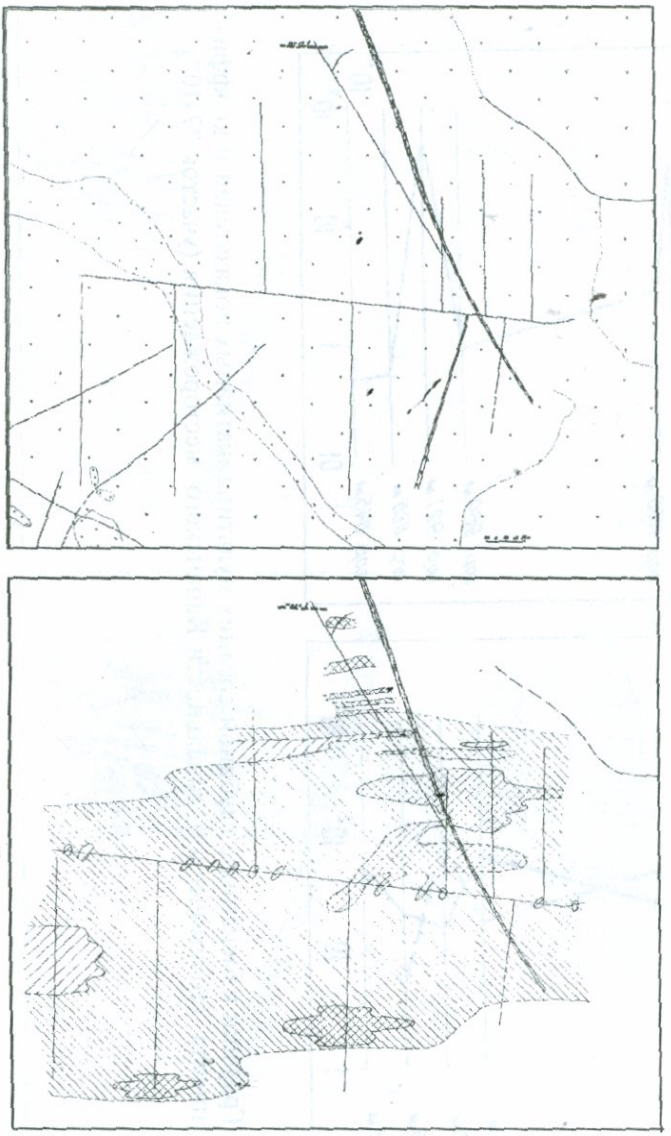


Рис.4.29. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co}$ Капанского месторождения (участок "Айрапет", горизонт 800 м)

Таблица 4.3

Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности Капанского месторождения (участки "7-10", "Айрапет")

Уровни ореолов	Средние мультипликативные показатели надрудных элементов, %	Средние мультипликативные показатели подрудных элементов, %	Средние величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности
	$(Pb \cdot Zn) \cdot 10^{-5}$	$(Ni \cdot Co) \cdot 10^{-7}$	$\frac{Zn \cdot Pb}{Ni \cdot Co} \cdot 10^{2}$
Участок "7-10"			
Поверхность	134,00	4,12	35,66
Горизонт 1186 м	53,,02	17,78	2,59
Горизонт 969 м	17,75	67,77	0,89
Горизонт 927 м	94,0	14,48	59,4
Горизонт 885 м	5,20	21,75	0,56
Горизонт 845 м	11,15	55,49	0,51
Коэффициент контрастности	12,01	0,07	69,92
Участок "Айрапет"			
Поверхность	17,73	11,48	5,20
Горизонт 925 м	26,82	33,35	1,86
Горизонт 800 м	194,81	11,88	27,00
Коэффициент контрастности	0,09	0,95	0,19

Сопоставлением параметров ореолов по всем разведочным горизонтам участков (данные усреднены по месторождению в целом) установлены положительные перспективы глубоких горизонтов Капанского месторождения (рис.4.30).

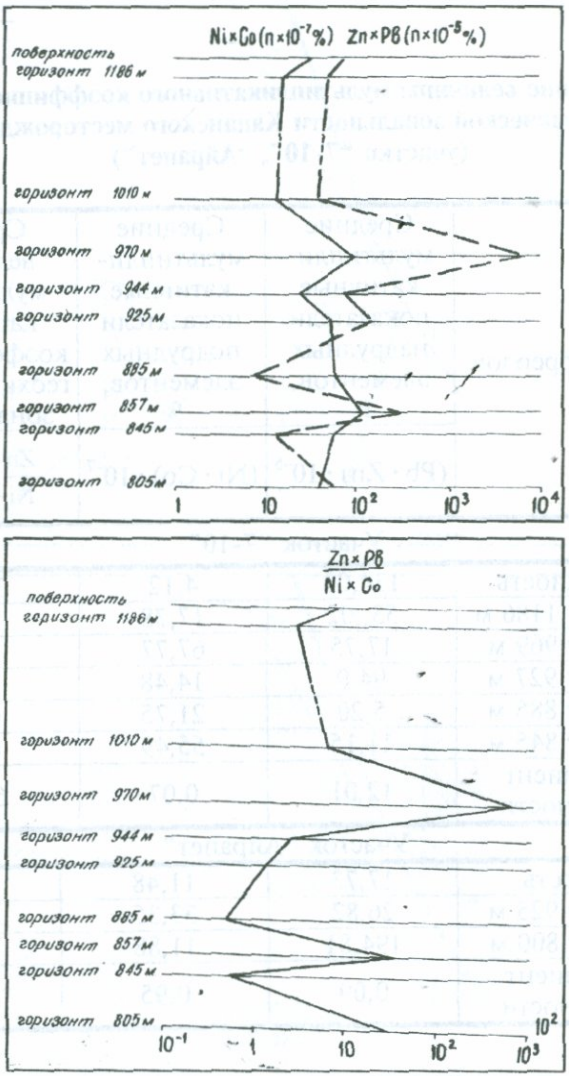


Рис.4.30. Графики изменения с глубиной средних мультипликативных показателей и коэффициента геохимической зональности Капанского месторождения.

4.1.3. Медно-молибденовая формация

Поисковые модели медно-молибденовой формации разработаны на основе фактических материалов по Техутскому месторождению, с дополнениями данных других объектов.

"Первая поисковая модель" разработана по данным геохимического опробования и измерений геофизических параметров на поверхности и в подземных горных выработках (рис.4.1). Выходящие на поверхность рудные тела сопровождаются околорудно-измененными породами и интенсивными геохимическими ореолами рудогенных элементов. Штокверковое оруденение создает контрастные повышенные аномалии поляризуемости - η_k, слабые повышенные аномалии силы тяжести - Δg, пониженные магнитные аномалии - ΔZ, удельного электрического сопротивления - ρ_k и естественного электрического поля - U.

"Вторая поисковая модель". Штокверковое оруденение расположено на глубине 30-50 м от поверхности. Скрытое оруденение проявляется на поверхности зонами измененных пород, интенсивными геохимическими ореолами рудогенных элементов, а также слабыми пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления, естественного электрического поля, магнитными аномалиями и слабыми пониженными аномалиями силы тяжести и поляризуемости.

Поиски скрытого оруденения данного типа осуществляются наземными методами: геологическая съемка, геохимические методы поисков, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП), магниторазведка, реже гравиразведка. Эта модель может надежно применяться при оценке перспектив рудоносности глубоких горизонтов разведуемых месторождений (опробование и измерение проводится из подземных горных выработок).

"Третья поисковая модель". Скрытые штокверки расположены на глубине 120-150 м от поверхности, а окаймляющие их ореолы - на глубине 50-80 м. Скрытые рудные тела на поверхности фиксируются слабыми геохимическими ореолами элементов-индикаторов, очень слабыми пониженными магнитными аномалиями, удельного электрического сопротивления и естественного электрического поля, а также очень слабыми повышенными аномалиями поляризуемости.

Поиски скрытого оруденения осуществляются сочетанием наземных и глубинных вариантов. Наземные поиски – геологическая съемка, геохимические методы поисков по коренным породам и рыхлым отложениям, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП), магниторазведка. Глубинные поиски - опробование минералогических ореолов на глубине 50-80 м, измерение геофизических параметров из буровых скважин.

Эта модель может использоваться при поисках скрытого оруденения на глубоких горизонтах месторождений из подземных горных выработок.

"Четвертая поисковая модель". Верхняя кромка рудного тела (штокверка) находится на глубине 300 м и более от современной поверхности. Минералогические и геохимические ореолы закрытого типа. Скрытые рудные тела на поверхности не проявляются геофизическими аномалиями.

Поиски скрытого оруденения осуществляются сочетанием наземных и глубинных систем поисковых работ. Наземными поисками – геологической съемкой – выявляются структурно-тектонические, магматогенные и петрофизические предпосылки поискового прогнозирования. Глубинные поиски осуществляются для выявления минералогических и геохимических предпосылок и признаков скрытого оруденения, а также петрофизических и геофизических. Минералого-геохимическое опробование, отбор проб для петрофизических исследований и измерение геофизических параметров проводятся из буровых скважин на глубине 80-120 м от поверхности.

Оценка перспективности объектов. На флангах и на прилегающих к месторождению участках оконтурены первичные и вторичные геохимические ореолы (рис.3.59; 3.60). На месторождении опытно-методическими исследованиями установлена прямая зависимость параметров первичных и вторичных геохимических ореолов, что позволяет критерии прогнозной оценки первичных ореолов использовать при поисках по вторичным геохимическим ореолам. В результате геолого-геохимического профилирования выявлены контрастные вторичные мультипликативные ореолы $Cu \cdot Mo \cdot Ag$. Интенсивность ореолов - $10000 \cdot 10^{-12}$% и более. Перспективными на скрытое эндогенное оруденение объектами являются ореолы северо-западных и северо-восточ-

ных флангов участка. Эти объекты приурочены к зонам повышенной трещиноватости пород и интенсивного развития ореолов измененных образований. Согласно "второй модели", по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования эти объекты оцениваются положительно.

Оценка перспектив рудоносности глубоких горизонтов месторождения осуществлена по данным геохимического опробования штольни № 2. Перспективными объектами поисков скрытого оруденения являются ореолы с высокими величинами Кз - $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$ (более 0,01). Эти интервалы приурочены к зонам интенсивной трещиноватости и гидротермального изменения пород (рис.4.31). Для достоверной оценки использовались также мультипликативные ореолы $Ag \cdot Zn \cdot Pb$ (рис.4.32). Контуры перспективных объектов совпали, а на восточных флангах разведочного горизонта выявлена крупная аномалия интенсивностью $(1000\text{-}10000) \cdot 10^{-12}\%$, в которой выделены изолированные, более контрастные ореолы с мультипликативным показателем $10000 \cdot 10^{-12}\%$ и более. Практические рекомендации подтверждены результатами геологоразведочных работ - на северо-восточном фланге месторождения и на глубоких горизонтах штольни № 2 обнаружено прожилково-вкрапленное оруденение.

Каджаранское месторождение. *Участок Шлоркут.* В результате геолого-геохимического профилирования выявлены и оконтурены первичные геохимические ореолы Ba, Zn, Ag, Pb, Cu, Mo, Co и Sn (рис.4.33; 4.34). Повышенные концентрации Pb (более $10 \cdot 10^{-3}$), Ag (более $10 \cdot 10^{-5}$) и Ba (более $5 \cdot 10^{-2}$) зафиксированы в северной и юго-западной части участка, ореолы которых развиты в северо-восточном направлении и совпадают с основным направлением рудоконтролирующих структур рудного поля.

Агаракское месторождение. В результате геолого-геохимического профи-лирования на участке Кашнатап обнаружены первичные геохимические ореолы Zn, Pb, Ag, Ba, Cu, Mo, Co и Sn. Установлена приуроченность ореолов надрудных элементов (Zn, Pb, Ag, Ba) к северо-западному, а подрудных (Cu, Mo, Co, Sn) к юго-восточному флангу исследуемой площади. Оценка перспектив рудоносности участка осуществляется по Кз - $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$. Выделены

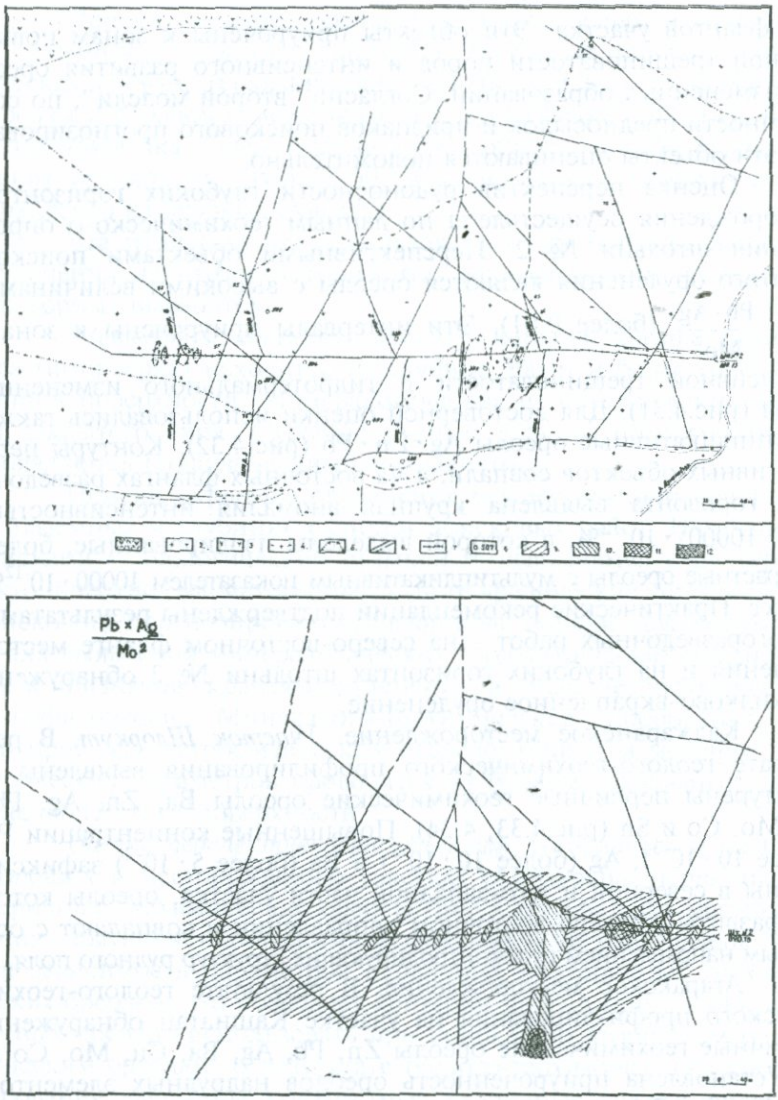


Рис.4.31. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$ Техутского месторождения (горизонт штольни 2)

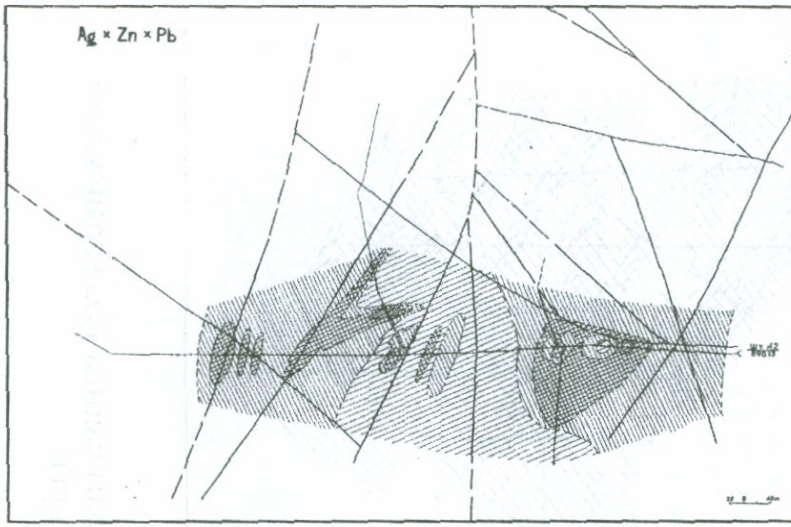


Рис.4.32. Первичные геохимические ореолы Ag · Zn · Pb Техутского месторождения (горизонт штольни 2)

Подписи к рис.4.31, 4.32

1-диорит-порфириты. 2-кварцевые диориты. 3-дацитовые, липарито-дацитовые порфириты. 4-гидротермально измененные кварцевые диориты. 5-контур развития прожилково-вкрапленных руд. 6-разрывные нарушения. 7-интервалы опробования. 8-скважины. 9-12-величины мультипликативных показателей Ag · Zn · Pb и коэффициента зональности $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$: 9-(0,001-0,1) · 10^{-10}%; и >0,0001; 10-(0,1-1) · 10^{-10}% и (0,0001-0,001); 11-(1-10) · 10^{-10}% и (0,001-0,01); 12->10 · 10^{-10}% и >0,01.

перспективные объекты с максимальными значениями Кз – более 0,01 (рис.4.35). Положительные перспективы участка на глубину подтверждены геологоразведочными работами.

На разведочном горизонте штольни № 103 Агаракского месторождения выделены перспективные объекты поисков скрытого оруденения - интервалы 950-960 м, 980-1030 м, 1040-1120 м от устья штольни 103.

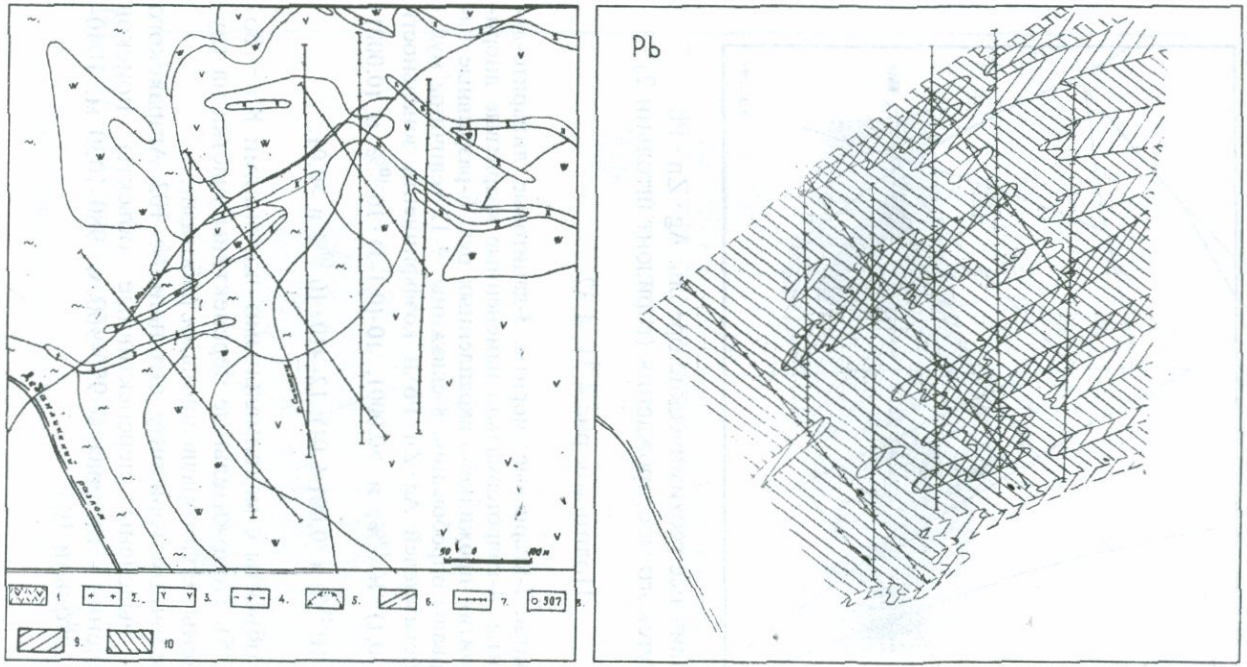


Рис.4.33. Первичные геохимические ореолы свинца Каджаранского месторождения (участок Шлоркут)

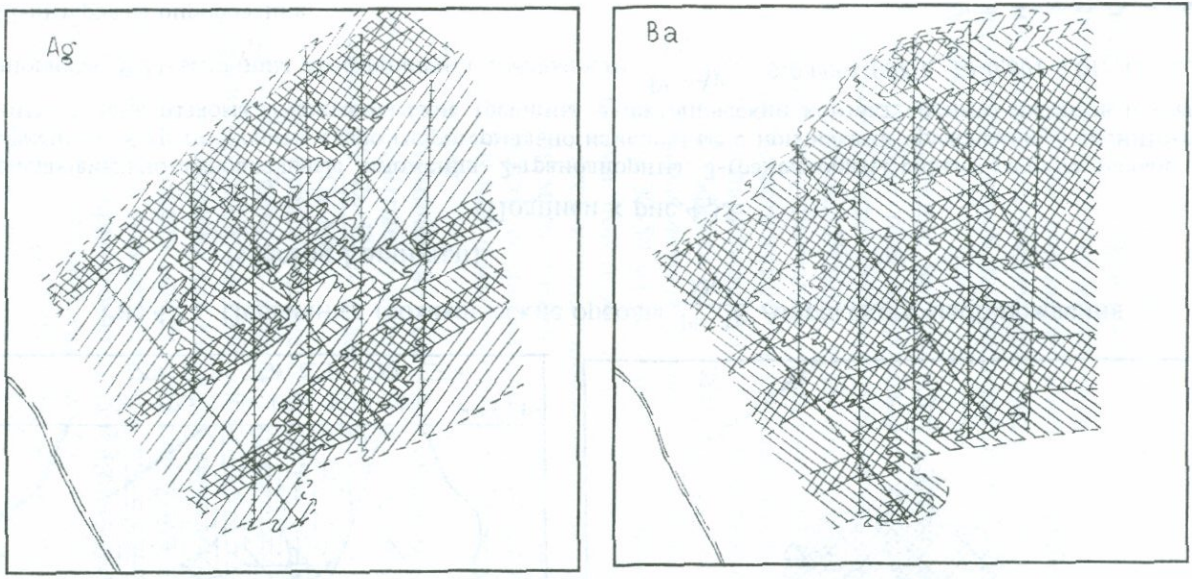
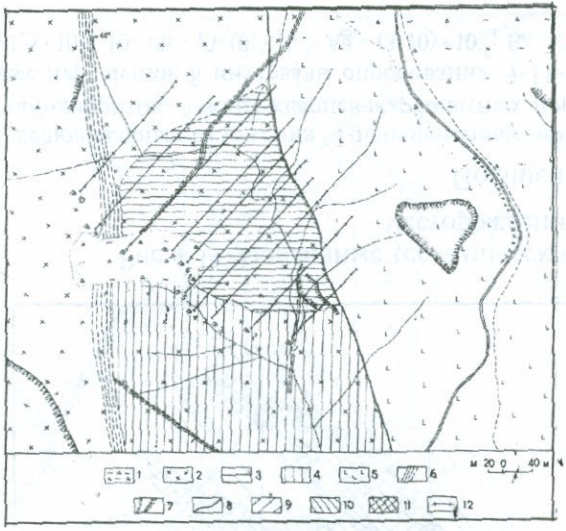


Рис.4.34. Первичные геохимические ореолы серебра и бария Каджаранского месторождения (участок Шлоркут)

Подписи к рис.4.33, 4.34

1-делювиальные отложения. 2-неизмененные монцониты. 3-измененные монцониты. 4-безрудные дайки гранодиоритов. 5-зоны кварцевокарбонатных пород. 6-измененные порфириты, зона разлома. 7-разрывные нарушения. 8-интервалы опробования. 9-11-содержания элементов; 9-Pb - $(1\text{-}3)\cdot10^{-3}$; Ag - $>3\cdot10^{-5}$; Ba - $>1{,}5\cdot10^{-2}$. 10- Pb - $(3\text{-}10)\cdot10^{-3}$; Ag - $(3\text{-}10)\cdot10^{-5}$; Ba - $(1{,}5\text{-}5)\cdot10^{-2}$. 11- Pb - $>10\cdot10^{-3}$; Ag - $>10\cdot10^{-5}$; Ba - $>5\cdot10^{-2}$.



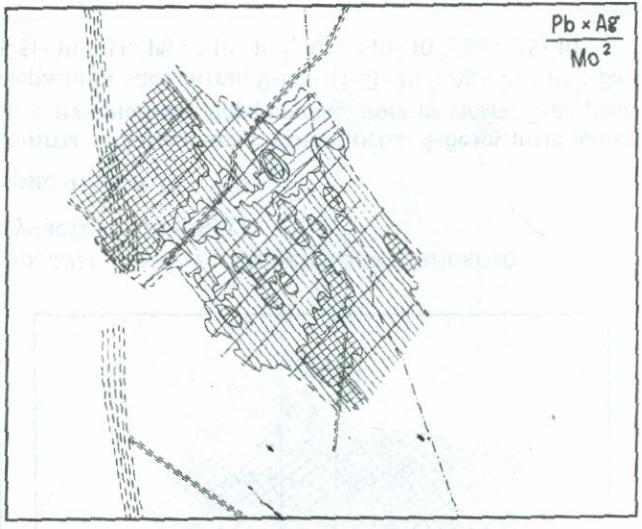


Рис.4.35. Первичные геохимические ореолы $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$ Агаракского месторождения (участок Кашнатап)

Подписи к рис.4.35

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-гранодиориты. 3-гранодиориты сильно гидротермально измененные. 4-гранодиориты слабо гидротермально измененные с признаками оруденения. 5-сиенито-граниты. 6-зона разлома. 7-тектонические трещины. 8-тектонический контакт сиенито-гранитов и гранодиоритов. 9-11-величины коэффициента зональности $\frac{Pb \cdot Ag}{Mo^2}$: 9-0,0001-0,001; 10-0,001-0,01; 11->0,01. 12-интервалы опробования.

4.1.4. Свинцово-цинковая формация

Поисковые модели разработаны по совокупности предпосылок и признаков прогнозирования на примере Ахтальского свинцово-цинкового месторождения.

"Первая поисковая модель" разработана по результатам минералого-геохимического опробования и измерений геофизических параметров на поверхности и в подземных горных выработках.

Выходящие на поверхность (сечение в подземной выработке) рудные тела сопровождаются околорудно-измененными породами и интенсивными геохимическими ореолами рудогенных элементов. Рудные тела создают пониженные магнитные аномалии ΔZ, аномалии удельного электрического сопротивления - ρ_k, естественного электрического поля - U, повышенные аномалии поляризуемости - η_k, силы тяжести - Δg и пьезоэлектрического эффекта - d.

"Вторая поисковая модель". Скрытые рудные тела (глубина залегания 30-50 м) на поверхности проявляются околорудно-измененными породами, интенсивными геохимическими ореолами элементов-индикаторов оруденения, а также слабыми пониженными магнитными аномалиями, аномалиями удельного электрического сопротивления, естественного электрического поля и слабыми повышенными аномалиями поляризуемости и силы тяжести.

Геохимические ореолы обладают высокой контрастностью - скрытые рудные тела фиксируются на поверхности величиной Кз $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ - более $1 \cdot 10^2$.

Минералогические ореолы представлены кварцево-серицитовыми, кварцево-серицито-хлоритовыми и кварцево-хлоритовыми породами, из которых наиболее тесная связь с рудными телами установлена для кварцево-серицитовых пород.

Эта модель может использоваться при поисках скрытого оруденения на поверхности и в подземных горных выработках. При поисках скрытого оруденения применяются наземные методы поисков: геологическая съемка, геохимические методы поисков, электроразведка (ЭП, ВП), магниторазведка, гравиразведка.

"Третья поисковая модель". Скрытые рудные тела и мин-

ралогические ореолы на поверхности проявляются слабыми геохимическими ореолами. Верхняя кромка рудных тел расположена на глубине 120-150 м от поверхности. Первичные геохимические ореолы характеризуются слабой концентрацией надрудных элементов-индикаторов, величиной Кз - $(0,1\text{-}1) \cdot 10^2$. Рудные тела на поверхности проявляются очень слабыми пониженными аномалиями удельного электрического сопротивления, естественного электрического поля, пониженными магнитными аномалиями и очень слабыми повышенными аномалиями поляризуемости.

Поиски осуществляются сочетанием наземных и глубинных систем поисковых работ: наземные поиски - геологическая съемка, геохимические методы поисков, петрофизическое опробование, электроразведка (ЭП, ЕП, ВП), магниторазведка; глубинные поиски - минералогическое опробование, измерение геофизических параметров из буровых скважин на глубине 50 м.

"Четвертая поисковая модель". Скрытые рудные тела (на глубине более 300 м) на поверхности не проявляются минералого-геохимическими и геофизическими аномалиями.

Для выявления предпосылок и признаков поиски осуществляются сочетанием наземных и глубинных систем поисковых работ: наземные поиски - для выявления структурно-тектонических, магматогенных и петрофизических предпосылок необходимо проведение геологической съемки; глубинные поиски - для установления минералогических, геохимических и петрофизических предпосылок и признаков необходим отбор проб и образцов из буровых скважин на глубине 80-100 м; для выявления геофизических критериев - измерение геофизических параметров из тех же скважин.

Оценка перспектив флангов Ахтальского месторождения проводится по третьей поисковой модели. Наиболее перспективными объектами поисков скрытого оруденения являются первичные геохимические ореолы величиной Кз более $1 \cdot 10^2$. Такими объектами являются широкие интенсивные ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$, расположенные на северо-восточных и северо-западных флангах месторождения (рис.3.63).

Участок Южно-Ахтальский (рис.4.36, 4.37). В результате площадного геохимического опробования обнаружены и оконтурены широкие интенсивные вторичные геохимические ореолы элементов-индикаторов. В результате опытно-методических работ на Ахтальском месторождении установлена прямая корреляционная зависимость параметров первичных и вторичных ореолов.

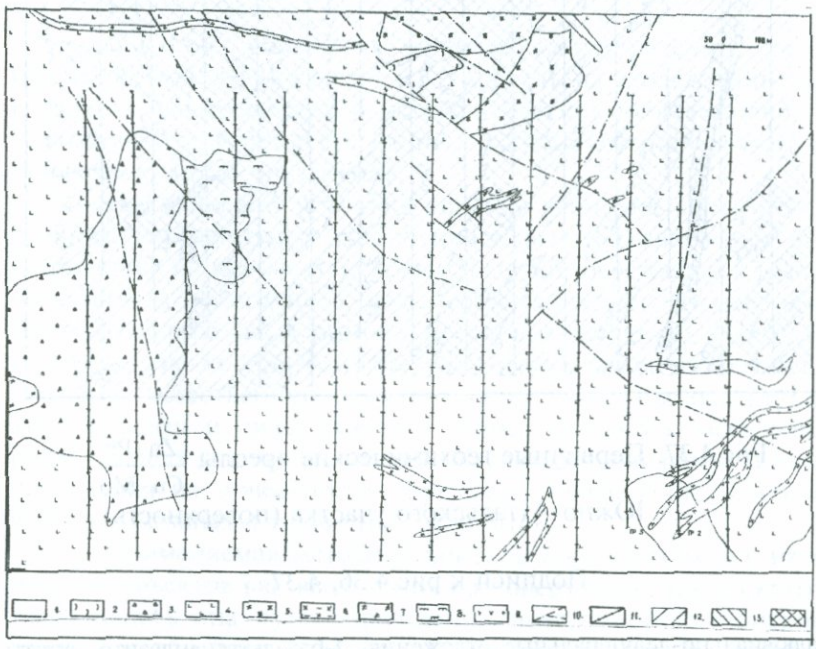


Рис.4.36. Геологическая карта Южно-Ахтальского участка (Сопко, Лачинян, Чернышев, Монахов, 1968)

Перспективными объектами поисков скрытого оруденения на участке являются ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ величиной Кз более $10 \cdot 10^2$. Эти объекты приурочены к разрывным нарушениям и зонам трещиноватости пород, в основном северо-восточного и северо-западного простирания. Наибольший интерес представляют объекты, расположенные на северо-западных и северо-восточных флангах участка.

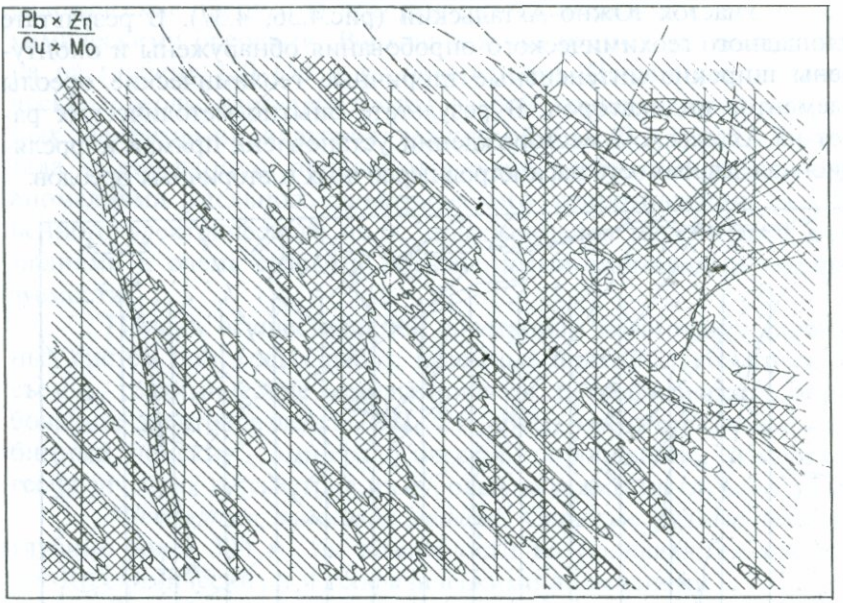


Рис.4.37. Первичные геохимические ореолы $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$ Южно-Ахтальского участка (поверхность)

Подписи к рис.4.36, 4.37

1-аллювиально-делювиальные отложения. 2-базальты, андезито-дациты (Q). 3-туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов ($J_2 b_1^2$). 4-андезитовые порфириты, вулканические брекчии, туфы, туффиты ($J_2 b_1^1$). 5-кварцевые порфиры и порфиры (J_2). 6-субвулканические кварцевые порфиры. 7-андезитовые порфириты (жильные). 8-кератофиры (жильные). 9-кварцевые порфиры (жильные). 10-разрывные нарушения. 11- интервалы опробования. 12-14-величины коэффициента зональности $\frac{Zn \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}$: 12-(0,1-1,0) $\cdot 10^2$; 13-(1,0-10,0) $\cdot 10^2$; 14->10 $\cdot 10^2$.

Поисковые модели месторождений главных рудных формаций отражают общность характера проявления скрытого ору-

денения на поверхности и различных глубинах. Вместе с тем, отдельные модели, например, меднорудной формации, отличаются характерными особенностями, отражающими специфику проявления скрытого оруденения.

4.2. Методика поисков скрытого оруденения

Сходство поисковых моделей месторождений главных рудных формаций указывает на общность их геолого-минералогических, геохимических и петрофизических особенностей, позволяющую разрабатывать единые схемы методики прогноза и поисков скрытого оруденения.

Предлагаемая методика поисков и оценки скрытого оруденения для отдельных стадий поисковых и разведочных работ разработана на основе поисковых моделей, отражающих главные особенности эндогенного оруденения (аномалии элементов-индикаторов привноса и выноса, ореолов измененных пород, магнитного поля, поляризуемости, удельного электрического сопротивления, естественного электрического поля, пьезоэлектрического эффекта и силы тяжести) применительно к месторождениям главных рудных формаций. Характер проявления скрытого оруденения на поверхности определяет применение поисковых работ в наземных и глубинных вариантах.

Применяемая методика поисков ориентировалась на выявление объектов как выходящих на поверхность, так и скрытых. Выполнялась она путем проведения поверхностных поисковых работ и глубинных поисков из подземных горных выработок разведуемых месторождений. Рекомендуемая методика поисков должна ориентировать на возможное наличие скрытых объектов, создающих на поверхности различной интенсивности аномалии, а также учитывать те скрытые объекты, которые не проявляются в поверхностных полях и аномалиях (ненарушенные экраны, большая мощность перекрывающих толщ, непроницаемые толщи с точки зрения их физико-механических свойств и т.д.). В связи с этим комплекс поисковых методов должен разрабатываться в вариантах, сочетающих поверхностные и глубинные поиски или только глубинные поиски.

Скрытые и выходящие на поверхность месторождения

имеют не только общие черты сходства, но и существенные отличия. Сходство однотипных скрытых и выходящих на поверхность месторождений выражается прежде всего в их близких условиях образования. Отличия скрытых объектов от однотипных месторождений, выходящих на поверхность, выражаются в различной глубине залегания верхней кромки месторождений, в особенностях морфологии тел полезных ископаемых, их минерального состава и зональности, а также в характере создаваемых ими геологических, минералогических, геохимических и геофизических аномалий. Отличительные особенности скрытых месторождений существенным образом влияют на прогноз оруденения и, следовательно, на методику поисков месторождений подобного типа.

В последние годы значение поисков скрытого оруденения особенно возросло для освоенных горнорудной промышленностью районов, а также месторождений, находящихся в стадии разведки, где основной источник прироста запасов - слепое оруденение. Эта проблема требует совершенствования методики поисковых работ.

По В.В.Аристову и Л.Л.Ляхову, (1982) системы поисковых работ для выявления скрытых объектов полезных ископаемых определяются теми характерными особенностями, которые могут быть отражены в геологических, минералогических, геохимических и геофизических моделях этих объектов. Скрытые месторождения (объекты) твердых полезных ископаемых по глубине залегания верхней кромки, а также возможностями выявления современными методами поисков подразделяются на четыре группы: первая группа - близповерхностные (средняя глубина верхней кромки до 30 м и от 30 до 100 м); вторая – среднеглубинные (от 100 до 300 м); третья – глубокозалегающие (от 300 до 1000); четвертая - сверхглубокие (свыше 1000 м).

В зависимости от типов полезных ископаемых и условий их локализации, скрытые объекты по-разному проявляются на поверхности земли. Некоторые из них могут быть обнаружены наземными поисками, при которых измерение параметров или опробование полей (минералогических, геохимических, геофизических) выполняется на современной земной поверхности. Скрытые объекты других типов проявляются только в глубинных

полях, и их изучение требует применения глубинных поисков, при которых измерение параметров и опробование полей производится из скважин или подземных горных выработок.

Основными факторами, влияющими на изменение характера первичных аномалий, связанных с месторождениями твердых полезных ископаемых, являются: глубина и условия залегания верхней кромки месторождения по отношению к современной земной поверхности; мощность рыхлых отложений; параметры нормального поля (геологического, минералогического, геохимического, геофизического) вмещающих месторождение пород; характер тектонических структур, особенно разрывных нарушений, вмещающих или осложняющих месторождение; условия измерения параметров полей и аномалий - наземные или глубинные.

Наземные поиски осуществляют для выявления тех скрытых объектов полезных ископаемых, надежные предпосылки и признаки которых могут быть обнаружены и оконтурены на современной земной поверхности определенным комплексом поисковых методов. Поиски ведутся минералогическим и геохимическим опробованием, измерениями геофизических параметров на поверхности земли.

Глубинные поиски - это поиски скрытых объектов полезных ископаемых, надежные предпосылки и признаки прогнозирования которых отчетливо проявляются на определенной глубине от поверхности. Поиски осуществляются глубинным минералогическим и геохимическим опробованием и измерением геофизических параметров в буровых скважинах или в подземных горных выработках.

В практике поисков скрытых месторождений наземные и глубинные поиски обычно выполняются в сочетании, но при разных их объемах. Принцип рационального их сочетания определяется степенью получения информации о поисковых предпосылках и признаках прогнозируемых объектов.

В связи с полным сокращением месторождений, выходящих на поверхность, производственными геологическими организациями РА были выполнены целенаправленные поиски скрытого оруденения с применением широкого комплекса современных поисковых методов (геологическая съемка, минера-

логические, геохимические и геофизические методы поисков). При проведении поисковых работ недостаточное внимание обращалось на особенности проявления скрытого оруденения на поверхности. Вместе с тем, скрытые рудные тела не всегда создают отчетливые геохимические и геофизические аномалии на поверхности исследуемого региона. В связи с этим стало необходимым более широкое использование глубинных поисков, при которых геохимические и геофизические исследования должны проводиться из подземных горных выработок и из буровых скважин.

В рассматриваемом регионе, в пределах рудных районов выполнены поисковые и поисково-разведочные работы в больших объемах. При проведении поисковых работ применялись в различных сочетаниях как геологические, так и минералогические, геохимические, геофизические и горно-буровые методы поисков. В различных рудных районах опробированы следующие методы: геологические методы - геологическая съемка; минералогические методы - шлиховая съемка, минералогическая съемка на основе отбора проб-протолочек; геохимические методы – геохимическое опробование коренных пород, рыхлых отложений и потоков рассеяния; геофизические методы - магнитометрическая съемка, электропрофилирование (ЭП), вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), метод вызванной поляризации (ВП), метод естественного электрического поля (ЕП), метод пьезоэлектрического эффекта (ПЭЭФ), гравиметрический метод; горно-буровые методы.

В результате целенаправленных комплексных детальных поисковых работ составлены геологические, минералогические, геохимические и геофизические карты рудных полей и месторождений различных масштабов - 1:10000, 1:5000, 1:2000, и в последние десятилетия выявлены перспективные рудные поля и обнаружены новые месторождения золота, меди, молибдена и полиметаллических руд (Марцигет, Техут и др.).

Рекомендуемая методика поисков скрытого оруденения основана на использовании имеющегося опыта в Армении и некоторых предложений, которые направлены на совершенствование существующих систем поисковых работ. В основе рекомендуемой методики поисков скрытого оруденения должны

быть поисковые модели перспективных объектов и особенности их проявления в различных условиях вмещающей среды и глубинности. Общие системы поисковых работ для различных формаций должны включать наземные и глубинные варианты. Их соотношение определяется характером аномалий, создаваемых скрытыми рудными объектами.

При рассмотрении общих принципов методики поисков скрытых месторождений твердых полезных ископаемых в известных горнорудных районах В.В.Аристовым (1964) выделяется пять наиболее распространенных и применяющихся в настоящее время систем поисковых работ. Эти системы основаны на использовании характера тех аномалий (геологических, минералогических, геохимических, геофизических), которые создают месторождения или вмещающие их структуры. При поисках скрытого эндогенного оруденения главных рудных формаций региона должна применяться пятая система поисковых работ – комплексные геологические, минералогические, геохимические, геофизические исследования – проходка горных выработок, бурение.

Действительно, рудные тела и вмещающие их породы отдельных месторождений главных рудных формаций создают сложные, но отчетливые геологические, минералогические, геохимические и геофизические аномалии, выявление и оконтуривание которых требует применения сложного комплекса поисковых методов.

На основе анализа результатов отдельных поисковых методов, опробированных на рудных полях и месторождениях региона, а также опыта поисковых работ в других районах и рудных полях данных типов, в соответствии с указанной системой поисковых работ рекомендуется схема методики поисков скрытого оруденения цветных металлов и золота в пределах рудных полей и месторождений (табл.4.4).

Согласно этой схеме, поиски скрытого оруденения осуществляются в следующей последовательности:

1. Поиски скрытого оруденения в пределах рудных полей. Поисковые работы должны проводиться со второй стадии геологоразведочных работ (Методические указания..., 1975) - со стадии поисков - на подстадиях детальных поисков (масштаб 1:10000-1:5000) и поисково-оценочных работ (1:5000-1:2000);

Таблица 4.4

Схема рекомендуемой методики поисков скрытого эндогенного оруденения в пределах рудных полей и месторождений Армении

Поиски скрытого оруденения	Стадии, подстадии	Цели	З а д а ч и	Методы	Результаты
1	2	3	4	5	6
1 Поиски скрытого оруденения в пределах рудных полей	II Поиски 2.Детальные поиски (проводятся на перспективных площадях, выделенных внутри металлогенических зон и районов по совокупности благоприятных предпосылок)	Выявление скрытых рудных месторождений	Выявление закономерностей локализации скрытого оруденения во вмещающих породах; вскрытие и прослеживание разрывов, зон дробления и измененных пород, генетически связанных с постмагматическими процессами; обнаружение массивов благоприятных для локализации скрытого оруденения цветных металлов и золота; отбор образцов по профилям и выработкам для изучения петрографических и физико-механических свойств пород.	Геологическая съемка масштаба 1:10000-1:5000 с проходкой горных выработок и картировочных скважин	Карта прогнозов М 1:10000-1:5000 с выделенными перспективными участками для поисково-оценочных работ
			Оконтуривание литохимических ореолов элементов-индикаторов, оценка перспектив рудоносности ореолов на основе геохимической зональности первичных геохимических ореолов известных месторождений данной рудной формации; выявление природы минерализации элементов в ореолах.	1.Литогеохимиеская съемка М 1:10000-1:5000 с отбором проб-протолочек 2.Геохимическое опробование горных выработок и керна картировочных скважин (интервал опробования 10-5м)	

1	2	3	4	5	6
			Оконтуривание скрытых массивов пород благоприятных для локализации скрытого оруденения; выявление зон измененных пород и скрытых рудоконтролирующих структур.	1.Наземная магнитометрическая съемка М 1:10000-1:5000 2.Наземная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ) 3.Гравиразведка	
	3.Поисково-оценочные работы (проводятся на перспективных участках, выделенных внутри рудных полей по совокупности предпосылок и признаков скрытого оруденения)	Выявление скрытых рудных тел и их предварительная геолого-экономическая оценка	Изучение рудоконтролирующих структур, сопряженных с ними зон трещиноватости; изучение околорудно-измененных пород; изучение физико-механических свойств вмещающих пород; выявление скрытых рудных тел.	1.Геолого-структурная съемка М 1:5000-1:2000 с объемом горных выработок и картировочных скважин	Детальная карта прогнозов М 1:5000-1:2000 с выделенными объектами для предварительной разведки
			Выявление перспективных объектов по геохимическим предпосылкам и признакам скрытого оруденения; изучение ореолов на глубину; выявление скрытых рудных тел.	1.Геохимическая съемка по коренным породам М 1:5000-1:2000, с отбором проб-протолочек 2.Геохимическое опробование горных выработок и керна картировочных скважин (интервал опробования 10-5м)	
			Выявление перспективных объектов по геофизическим предпосылкам скрытого оруденения; выявление скрытых рудных тел.	1.Наземная магнитометрическая съемка М 1:5000-1:2000 2.Наземная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ)	

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
			Выявление скрытых рудных тел.	Горно-буровые: канавы, траншеи, шурфы, буровые скважины, реже штольни	
			Оценка перспектив рудоносности рудных тел на глубину.	Геохимическое опробование шурфов, скважин, штолен (интервал опробования 10-5м)	
2.Поиски скрытого оруденения на флангах и глубоких горизонтах месторождений	III-предварительная разведка; IV-детальная разведка; V-разведка в пределах горного отвода; VI-эксплуатационная разведка	Выявление скрытых рудных тел на флангах месторождений	Выявление перспективных объектов по совокупности геохимических, геофизических, структурно-тектонических и др. предпосылок и признаков скрытого оруденения на флангах месторождений; выявление скрытых рудных тел.	1.Геолого-структурная съемка М 1:2000-1:1000 2.Геохимическая съемка М 1:2000-1:1000 3.Наземная детальная магниторазведка 4.Наземная детальная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ)	Детальная карта прогнозов М 1:2000-1:1000, планы разведочных горизонтов и разрезы с выделенными объектами для разведки
		Выявление скрытых рудных тел на глубоких горизонтах месторождений	Выявление перспективных объектов по совокупности геохимических, геофизических, структурно-тектонических и других предпосылок и признаков скрытого оруденения на глубоких горизонтах месторождений; выявление скрытых рудных тел.	5.Геохимическое опробование подземных горных выработок и керна буровых скважин (интервал опробования 10-5м) 6.Подземная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ)	

2. Поиски скрытого оруденения на флангах и глубоких горизонтах разведуемых месторождений. Эти работы должны проводиться на третьей стадии геологоразведочных работ - предварительной разведки, четвертой - детальной разведки, а также пятой - разведки в пределах горного отвода и шестой - эксплуатационной разведки. Для каждой стадии (подстадии) определены цели и задачи, намечен комплекс поисковых методов и необходимые результаты, которые должны быть получены после проведения работ каждой стадии.

1. Поиски скрытого оруденения в пределах рудных полей.

Детальные поиски проводятся на перспективных площадях, выделенных внутри металлогенических зон или районов по совокупности благоприятных поисковых предпосылок на стадии общих поисков (масштаб 1:50000-1:25000).

II. Стадия - поиски.

2. *Подстадия - детальные поиски (масштаб 1:10000-1:5000).*

Поисковые работы (масштаб 1:10000-1:5000) осуществляются с целью обнаружения скрытых рудных месторождений. На стадии детальных поисков основной метод - геологическая съемка масштаба 1:10000-1:5000 с проходкой горных выработок и картировочных скважин - должен сопровождаться геохимическим опробованием коренных пород и рыхлых отложений, отбором проб-протолочек, а также наземными геофизическими методами – магниторазведкой, электроразведкой (ЭП, ЕП, ВП, ПЭЭФ), гравиразведкой. Горные выработки и картировочные скважины, проходимые в процессе геологической съемки, целесообразно располагать по профилям, ориентированным, в основном, вкрест простирания зон разрывных нарушений и простирания массивов потенциально рудовмещающих пород. Длина каждого поискового профиля, ориентированного также вкрест простирания зон разрывных нарушений и массивов пород, будет определяться шириной массивов вулканогенных, основных, ультраосновных и кислых интрузивных пород. Расстояния между профилями и точками наблюдения определяются масштабом геологической съемки. Так при съемке в масштабе 1:10000 расстояния между поисковыми профилями будут равны 100 м, между точками наблюдения 50-25 м; при съемке в масштабе 1:5000 эти расстояния соответственно равны 50 м и 25 м.

Расстояние между поисковыми профилями с горными выработками и скважинами можно принять в два раза больше, чем расстояние между точками наблюдения (горными выработками и скважинами) на профиле. Промежуточные "пустые" профили, наряду с профилями, по которым пройдены горные выработки и скважины, будут дополнительно освещены геофизическими методами. По наиболее типичным образцам из керна картировочных скважин и горных выработок (шурфов), пройденных по профилям, следует определять их физико-механические свойства. На основании этих данных производится оценка полей с различными свойствами и выделение среди них наиболее благоприятных пород для размещения рудоконтролирующих разломов и рудоотложения.

Геохимическое опробование и наземные геофизические исследования должны проводиться по тем же профилям, что и геологическая съемка.

Параметры сети площадного геохимического опробования выбираются согласно "Инструкции по геохимическим методам..." (1983): геохимическое опробование коренных пород - масштаб 1:10000 (расстояние между профилями 100 м, между точками отбора проб 10 м), масштаб 1:5000 (50х10 м); геохимическое опробование рыхлых отложений - 1:10000 (100х20-25 м), 1:5000 (50х10-20 м). Отбор и обработка проб осуществляется по общепринятой методике (Григорян, 1974; "Инструкция по геохимическим методам...", 1983). Наряду с этим необходимо отметить, что в зависимости от конкретных геолого-структурных и минералого-геохимических особенностей рудных полей, возможны определенные отклонения от стандартных норм. Например, для оконтуривания геохимических ореолов на площадях меградзорского типа интервал опробования по профилям должен быть меньше, чем на объектах соткского типа; расстояния между профилями можно увеличить на площадях, близких по геолого-структурным особенностям Азатекскому, Личкваз-Тейскому, Шамлугскому, Ахтальскому месторождениям и др. Проходка горных выработок и картировочных скважин должна сопровождаться детальным (10-5 м) геохимическим опробованием канав, шурфов и керна скважин.

Рекомендуется сокращение количества определяемых

спектральным анализом химических элементов: при геохимических поисках месторождений золоторудной формации до 10 элементов (Ag, Zn, Pb, Ba, Sb, As, Cu, Mo, Ni, Co), золоторудных подформаций до 6-8; меднорудной до 8 (Ba, Ag, Zn, Pb, Cu, Mo, Ni, Co); медно-молибденовой до 6 (Zn, Pb, Ag, Cu, Mo, Co); свинцово-цинковой до 8 (Ba, Zn, Pb, Ag, Cu, Mo, Ni, Co). Сокращение количества определяемых элементов обусловит большой экономический эффект и сократит, как минимум, в три раза, сроки производства анализа проб, которые обычно анализируются на 28-30 элементов.

В пределах перспективных объектов отбираются пробы–протолочки для выявления природы минерализации, а также для оконтуривания минералогических ореолов.

Магнитометрическая съемка должна сопровождаться параметрическими измерениями магнитной восприимчивости пород. Шаг магнитометрических наблюдений при масштабе 1:10000 равен 20-10 м, при масштабе 1:5000 - 10-5 м. В пределах магнитных аномалий пониженных значений рекомендуется проведение электроразведки (ЭП, ВП, ЕП) - для медно-молибденовой и свинцово-цинковой; ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ - для золоторудной формаций с целью выявления перспективных объектов на скрытое оруденение, а также гравиразведки для уточнения характера контактов и контуров малых интрузий и для оконтуривания скрытых объектов свинцово-цинковой и меднорудной формаций.

В результате детальных поисковых работ, проводимых комплексно с геологической съемкой, должна быть составлена карта прогнозов с выделенными перспективными участками для поисково-оценочных работ. Этими участками могут быть отдельные вновь выявленные минерализованные зоны или известные рудные зоны, получившие новую оценку их перспективности, а также благоприятные для локализации оруденения интервалы рудоконтролирующих разрывных структур.

3. Подстадия - поисково-оценочные работы (масштаб 1:5000-1:2000).

Поисково-оценочные работы являются завершающей подстадией поисковых работ, которая имеет черты поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (Горжевский,

Якубовский, 1968).

Основная задача поисково-оценочных работ заключается в перспективной оценке проявлений полезных ископаемых или аномалий различного типа, с целью выявления объектов, заслуживающих постановки предварительной разведки, с определением прогнозных ресурсов по категории P_1 и частичного подсчета запасов по категории C_2. Для решения этой задачи используется комплекс геологических, минералогических, геохимических и геофизических методов. Ведущее значение при поисково-оценочных работах приобретают горнобуровые методы, которые позволяют подтвердить или отвергнуть первоначальный прогноз и оценить качественные показатели полезного ископаемого. Этим определяется необходимость рассмотрения следующих вопросов: систем поисково-оценочных работ, рациональной сети пересечений, опробования полезных ископаемых и вмещающих их пород, рационального комплекса дополнительных методов, сопровождающих горно-буровые методы (геологическая съемка, минералогические, геохимические, геофизические).

Системы поисково-оценочных работ могут представлять собой: совокупность горных выработок (канав, траншей, шурфов); совокупность буровых скважин; сочетание горных выработок и буровых скважин. Каждая горная выработка или скважина представляет собой поисково-оценочное пересечение. В зависимости от геологических условий, применяются разные системы поисково-оценочных пересечений: система горизонтальных пересечений, осуществляемых канавами или траншеями, в редких случаях штольнями; система вертикальных пересечений, осуществляемых вертикальными горными выработками (шурфами, дудками, шахтами) или буровыми скважинами (вертикальными или наклонными); система комбинированных горизонтальных и вертикальных пересечений (горных выработок и скважин).

Параметры сети поисково-оценочных пересечений определяются рядом факторов: формой и размерами ожидаемых объектов, распределением полезных компонентов в телах полезных ископаемых, условиями залегания скрытых объектов (Аристов, 1975). Они представляют собой среднее между параметрами сети детальных поисков и сети предварительной разведки. Поэтому можно ориентироваться на параметры сети предварительной

разведки с соответствующим ее разрежением.

Поиски скрытого оруденения в пределах перспективных площадей (участков), выделенных внутри рудных полей, по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования определяют следующую последовательность выполнения отдельных видов поисково-оценочных работ:

- геолого-структурная съемка масштаба 1:5000-1:2000 с дополнительным объемом горных выработок и картировочных скважин;
- геохимическое опробование коренных пород масштаба 1:5000-1:2000 с отбором проб-протолочек. Геохимическое опробование горных выработок и керна картировочных скважин (интервал опробования 10-5 м);
- наземная магнитометрическая съемка масштаба 1:5000 -1:2000. При масштабе 1:5000, шаг магнитометрических наблюдений равен 10-5 м, при масштабе 1:2000 - 4 м; наземная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ);
- горно-буровые работы; канавы, траншеи, шурфы, буровые скважины, реже штольни;
- геохимическое опробование шурфов, скважин, штолен (интервал опробования 10-5 м).

Конечным результатом поисково-оценочных работ является детальная карта прогнозов масштаба 1:5000-1:2000 с выделенными объектами для предварительной разведки.

2. Поиски скрытого оруденения на флангах и глубоких горизонтах месторождений.

Поиски скрытого оруденения на флангах и глубоких горизонтах месторождений осуществляются на стадиях разведочных работ (предварительная разведка, детальная разведка, разведка в пределах горного отвода, эксплуатационная разведка).

Ведущая роль при поисках принадлежит геохимическим и геофизическим методам, умелое комплексирование которыми позволяет достоверно выделять перспективные объекты поисков скрытого оруденения. Использование геохимических методов на стадиях разведки месторождений способствует решению задач, в которой рассматриваются геологическая структура, форма и условия залегания месторождения, в меньшей степени - количество и качество полезного ископаемого, а также задач по повыше-

нию эффективности геологоразведочных работ при разведке недр. Роль первичных ореолов на стадиях разведочных работ особенно возрастает благодаря тому, что разведочные работы вскрывают рудные тела и вмещающие их коренные породы и создают благоприятные условия для объемного изучения первичных геохимических ореолов, выяснения особенностей их развития в пространстве и оценки на этой основе перспектив рудоносности отдельных участков (Беус, Григорян; 1975).

Поиски скрытого оруденения на стадии предварительной разведки проводятся на флангах и глубоких горизонтах месторождений путем выявления перспективных объектов по совокупности структурно-тектонических, геохимических, геофизических и других предпосылок поискового прогнозирования. Ведущими поисковыми методами являются геохимические (детальное площадное геохимическое опробование флангов, опробование керна скважин и подземных горных выработок) и геофизические - наземная магниторазведка и электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ); подземная электроразведка (ЭП, ВП, ЕП, ПЭЭФ).

Оценка флангов месторождений проводится на основе результатов площадного геохимического опробования месторождения масштаба 1:2000-1:1000, подземных геохимических исследований, а также наземных и подземных геофизических, геолого-структурных и минералогических исследований. Морфология и строение первичных ореолов месторождений, выявленных при поисково-оценочных работах определяют объем и направление горно-буровых работ при предварительной разведке, в особенности, при проходке поверхностных горных выработок. Дальнейшее геохимическое опробование выработок и скважин уточняет морфологию и строение ореолов, определяя оптимальную систему разведочных работ на глубоких горизонтах месторождений. Выявление перспективных объектов поисков скрытого оруденения на глубоких горизонтах и флангах месторождений по совокупности предпосылок и признаков, где наиболее важными являются геохимические, на стадии предварительной разведки играет существенную роль при подсчете запасов полезного по категории C_2. Подвеска запасов на глубокие горизонты определяется степенью достоверности прогнозной оценки скрытого оруденения на глубину от исследуемых сечений. При подвеске

запасов могут использоваться перспективные объекты, выделенные на планах разведочных горизонтов с учетом комплекса геологических, минералогических, геохимических и геофизических предпосылок и признаков поискового прогнозирования.

Поиски скрытого оруденения осуществляются на всех стадиях разведочных работ на основе интерпретации комплексных геолого-структурных, минералого-геохимических и геофизических аномалий, выявленных на глубоких горизонтах и флангах месторождений. Результаты этих работ представляются в виде детальных прогнозных карт поверхности масштаба 1:2000-1:10000, планов разведочных горизонтов и разрезов с выделенными объектами для разведки.

Геохимические методы (в комплексе с геолого-структурными, минералогическими и геофизическими) на стадии детальной разведки месторождений используются для решения ряда задач: оценки перспектив рудоносности вокруг пройденных горных выработок и буровых скважин; обнаружения скрытых рудных тел на глубоких горизонтах и флангах месторождений; оценки прогнозных ресурсов полезного ископаемого; при сгущении разведочной сети для перевода запасов полезного ископаемого в более высокие категории; определения объема и направления дальнейших разведочных работ.

Характерной особенностью геохимических исследований на стадии разведки в пределах горного отвода является использование результатов отработки эксплуатационных участков при интерпретации геохимических аномалий. Результаты геохимических исследований на стадии эксплуатационной разведки используются для замены проходки подземных выработок бурением подземных скважин.

Положительные результаты проверки практических рекомендаций на ряде объектов показали высокую экономическую эффективность применения геохимических методов, определяемую сокращением объема геологоразведочных работ.

Рекомендуемая схема методики поисков скрытого оруденения основана на тех поисковых методах, эффективность которых подтверждена практикой поисково-разведочных работ в пределах изученных рудных полей и месторождений. Она отвечает условиям ведения поисковых работ в Армении, но при со-

ответствующих коррективах может быть использована при поисках скрытого оруденения в пределах рудных полей и месторождений, расположенных в других регионах.

4.3. Прогнозные ресурсы скрытого оруденения

Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых, наличие которых предполагается на основе общих геологических представлений, научно-теоретических предпосылок, результатов геологического картирования, геофизических и геохимических исследований оцениваются в границах бассейнов, крупных районов, рудных узлов, рудных полей и отдельных месторождений. Данные о прогнозных ресурсах используются для планирования поисково-оценочных и геологоразведочных работ (Быбочкин, 1982).

Оценка прогнозных ресурсов скрытого эндогенного оруденения по геохимическим ореолам является сложной, но наиболее важной в практическом отношении задачей при разработке геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых.

Этой проблеме посвящены работы А.П.Соловова (1959, 1965), А.И.Карцева (1971), А.С.Малахова и А.И.Карцева (1976), Г.Я.Абрамсона, С.В.Григоряна и С.А.Григорова (1977), А.А.Иванова (1977), В.Л.Барсукова, С.В.Григоряна, Л.Н.Овчинникова (1981), В.Т.Покалова и В.Г.Орлова (1982), С.В.Григоряна (1982, 1987), Б.Г.Безирганова и Г.П.Гареян (1987). Однако, в настоящее время, в практике геологоразведочных работ апробированной методики оценки прогнозных ресурсов по геохимическим ореолам нет и, следовательно, любые рекомендации должны применяться осторожно, с учетом конкретных геолого-структурных и ландшафтно-геохимических условий. В основе оценки прогнозных ресурсов лежит метод аналогии, где используется зависимость основных параметров ореолов от особенностей рудных тел, вокруг которых они развиты. В прямой зависимости от тех же параметров рудных тел находятся размеры, продуктивность, среднее содержание и др. особенности геохимических ореолов. По С.В.Григоряну (1987), наиболее тесная связь между этими параметрами выявляется для ореолов основных промышленно

ценных компонентов руд (уран для урановых, олово для оловорудных, золото для золоторудных месторождений и др.). Для элементов-спутников эта связь ослабевает по причине их зонального распределения.

Возможность использования первичных геохимических ореолов для оценки прогнозных ресурсов полезного ископаемого рассматривается на примере Меградзорского месторождения. Объектом опытной оценки прогнозных ресурсов является участок Лусаджур, расположенный в север-северо-западной части месторождения (рис.4.2). По результатам геохимических и геофизических исследований, с учетом других предпосылок и признаков прогнозирования (структурно-тектонических и минералогических), перспективы рудоносности объекта на глубину оцениваются положительно.

На исследуемом объекте установлено пространственное совмещение геохимических ореолов интенсивностью Кз - $\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ba}{Ni \cdot Co \cdot Cr}$ более $90 \cdot 10^3$, геофизических аномалий и зон интенсивно измененных пород. Для оценки уровня эрозионного среза выявленной аномалии используется вертикальная зональность элементов-индикаторов месторождения, установленная вокруг эталонных рудных тел. Сопоставление уровней срезов ореолов показывает, что исследуемый объект представляет собой надрудный ореол и соответствует уровню поверхности изученных разрезов и, согласно "второй поисковой модели" золоторудной формации, на глубине 40-50 м метров ожидается слепое оруденение.

Глубина "подвески" прогнозных ресурсов по категории P_1 принимается 150 м, являющаяся минимальной по аналогии с глубиной "подвесок" запасов по категориям C_1 и C_2, принятой при подсчете запасов месторождения. С целью установления зависимости параметров геохимических ореолов и рудных тел, на месторождении проводились опытно-методические исследования (детальное изучение ореолов вокруг Первого и Пятого рудных тел, запасы которых подсчитаны по категориям C_1 и C_2). Установлено пространственное совмещение интенсивных ореолов (Кз - более $90 \cdot 10^3$) с проекциями рудных тел на поверхности. На поверхности зафиксированы повышенные содержания золота от 0,003 до 0,1 г/т. Опытными исследованиями выявлена

прямая зависимость параметров (ширина, среднее содержание, линейная продуктивность) геохимических ореолов и рудных тел (рис.4.38). Сопоставление особенностей ореолов объекта оценки и разведанных рудных тел месторождения позволило установить их сходство в интенсивности, морфологии, величин Кз, эрозионного среза, близких содержаний золота и т.д. Сходство участка и месторождения выражается в характере проявления геофизических аномалий, степени гидротермального преобразования пород и приуроченности к подобным зонам трещиноватости.

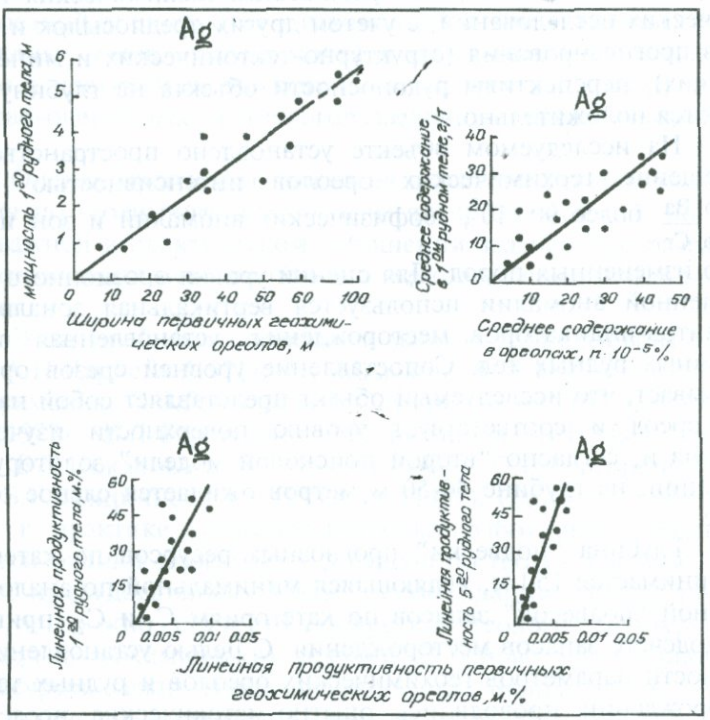


Рис.4.38. Графики зависимости параметров первичных геохимических ореолов и рудных тел Меградзорского месторождения

Прогнозные ресурсы участка оцениваются по категории P_1, т.к. прирост запасов Меградзорского месторождения осуществляется за счет дополнительного выявления новых скрытых рудных тел полезного ископаемого.

Подсчетный блок расположен в пределах северо-западной зоны кварцево-серицитовых пород, являющейся наиболее перспективной для обнаружения скрытого оруденения. Прогнозные ресурсы оцениваются с глубины 50 м от поверхности с учетом геохимической зональности и вертикальной протяженности ореолов от предполагаемой верхней кромки рудных тел и опыта подсчета запасов на месторождении. Некоторые исходные данные для оценки заимствованы из практики разведочных работ Меградзорской ГРЭ (объемная масса, бортовое содержание золота, коэффициент рудоносности и др.). Длина блока - 80 м, высота - 150 м, средняя мощность - 2 м. Форма блока - прямоугольная.

Таблица 4.5

Оценка прогнозных ресурсов золота по опытному блоку (Меградзорское месторождение; участок Лусаджур)

Подсчетный блок и категория ресурсов	Площадь блока, $м^2$	Средняя мощность, м	Объем блока, $м^3$	Объемная масса, $т/м^3$	Прогнозные ресурсы руды, тыс.т	Среднее содержание золота, г/т	Коэффициент достоверности	Коэффициент рудоносности	Прогнозн.ресурсы золота, кг
Блок-I-P_1	12000	2	24000	2,8	672000	2*	0,6	0,6	483,84

* За среднее содержание золота в блоке принято значение его бортового содержания на месторождении.

Оценка прогнозных ресурсов производится по формуле:

$$Q=V \cdot d \cdot C \cdot Кд \cdot Кр$$, где

Q - прогнозные ресурсы, кг;

V - объем блока, $м^3$;

d - объемная масса, $т/м^3$;

C - среднее содержание золота в подсчетном блоке, г/т;

Кд - коэффициент достоверности;

Кр - коэффициент рудоносности.

Прогнозные ресурсы золота по категории P_1 равны 483,8 кг (табл.4.5).

Необходимо отметить, что предлагаемая методика количественного прогнозирования скрытого оруденения, в основе которой лежит большой опыт предыдущих исследователей, не является рациональной и требует дополнительных исследований.

ВЫВОДЫ

Оценка перспективности объектов поисков скрытого оруденения осуществляется на основе поисковых моделей, разработанных по совокупности предпосылок и признаков поискового прогнозирования.

Сходство поисковых моделей для главных рудных формаций указывает на общность их геолого-минералогических, геохимических и петрофизических особенностей, позволяющих разрабатывать единые схемы методики прогноза и поисков скрытого оруденения.

Рекомендуемая схема методики поисков скрытого эндогенного оруденения предусматривает проведение поисково-разведочных работ в следующей последовательности: 1 - поиски скрытого оруденения в пределах рудных полей на стадии поисков - подстадиях детальных поисков (масштаб 1:10000-1:5000) и поисково-оценочных работ (масштаб 1:5000-1:2000); 2 - поиски скрытого оруденения на флангах и глубоких горизонтах разведуемых (эксплуатируемых) месторождений на всех стадиях разведки. Для каждой стадии (подстадии) определены цели и задачи, намечен комплекс поисковых методов и необходимые результаты, которые должны быть получены после проведения работ каждой стадии.

Оценка прогнозных ресурсов скрытого оруденения по геохимическим ореолам осуществляется на основе установленной зависимости параметров (ширина, среднее содержание, линейная продуктивность и др.) ореолов и эталонных рудных тел разведанных месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах междуречья Куры и Аракс выделяются структурно-металлогенические зоны, отличающиеся друг от друга геолого-структурными особенностями и характером магматизма без отчетливой металлогенической специализации: Сомхето-Карабахская зона; Севано-Амасийская зона; Армянская зона с Капанским сегментом.

Выделены четыре главные рудные формации постмагматических месторождений Армении: золоторудной с подформациями золото-серебряной, золото-свинцово-цинковой и золото-серебро-сурьмяной; меднорудной; медно-молибденовой; свинцово-цинковой.

Скрытые рудные тела месторождений главных рудных формаций (золоторудная, меднорудная, медно-молибденовая, свинцово-цинковая) обладают специфическими особенностями морфологии и условий залегания, определяющими локальный прогноз и методику их поисков. Рудные тела (жильные, штокообразные, линзообразные, штокверковые) локализуются в зонах разрывных нарушений, обычно под фильтрационными и структурными экранами.

Локальный прогноз скрытого оруденения определяется комплексом предпосылок и признаков, выявленных в процессе изучения промышленных эталонных месторождений. Выделяются две группы предпосылок и признаков: первая группа общая для главных рудных формаций (геохронологические, структурно-тектонические, магматогенные); во второй группе объеденены предпосылки и признаки различные для отдельных рудных формаций (минералогические, геохимические, петрофизические, геофизические).

Наиболее эффективные для обнаружения скрытого оруденения геохимические предпосылки и признаки в пределах рудных полей Армении определяются специфическими особенностями состава, интенсивности, морфологии, зональности и условий образования первичных геохимических ореолов месторождений отдельных рудных формаций. Например, рудные тела золоторудной формации сопровождаются отчетливыми ореолами привноса (Au, Ag, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Ba и др.) и выноса (Ni, Co,

Mn). Отдельные месторождения золоторудной формации обладают характерными рядами индикаторной значимости элементов для золота. Для прогноза скрытого оруденения используются мультипликативные коэффициенты геохимической зональности (Кз) и мультипликативные коэффициенты привноса (Кп).

Возраст эндогенного оруденения предположительно установлен по геохимическим данным для месторождений золоторудной, меднорудной и свинцово-цинковой формаций как послепозднеюрский, а не среднеюрский, как это принималось ранее. В связи с этим значительно расширяются площади поисковых работ для выявления скрытого оруденения.

Предлагаемая методика поисков и оценки скрытого оруденения для отдельных стадий поисковых и разведочных работ разработана на основе поисковых моделей, отражающих главные особенности эндогенного оруденения (аномалии элементов-индикаторов привноса и выноса, ореолов измененных пород, магнитного поля, поляризуемости, удельного электрического сопротивления, естественного электрического поля, пьезоэлектрического эффекта и силы тяжести) применительно к месторождениям главных рудных формаций. Характер проявления скрытого оруденения на поверхности определяет применение поисковых работ в наземных и глубинных вариантах.

Կուր և Արաքս գետերի միջև ընկած տարածքում անջատվում են ստրուկտուրա-մետաղածնական գոտիներ, այդ թվում Սոմխեթո-Ղարաբաղյան և Սևան-Ամասիայի գոտիները, Հայկական գոտին՝ Կապանի սեգմենտով, որոնք միմյանցից տարբերվում են երկրաբանա-կառուցվածքային առանձնահատկություններով և մագմատիզմի բնույթով՝ առանց ցայտուն մետաղածնական մասնագիտացման:

Անջատվել են Հայաստանի հետմագմատիկ հանքավայրերի չորս գլխավոր հանքային ֆորմացիաներ. ոսկեբեր՝ ոսկի-արծաթ ենթաֆորմացիայով, ոսկի-արծաթ-ցինկային և ոսկի-արծաթ-ծարիրային, պղնձահանքային, պղինձ-մոլիբդենային, կապար-ցինկային:

Հանքային ֆորմացիաների գլխավոր խմբերի (ոսկեբեր, պղնձահանքային, պղինձ-մոլիբդենային, կապար-ցինկային) հանքավայրերի չմերկացած հանքային մարմինները բնորոշվում են մորֆոլոգիայի և տեղադրման պայմանների յուրահատուկ առանձնահատկություններով, որոնք էլ որոշում են տեղային կանխագուշակումը և նրանց որոնման մեթոդները: Հանքային մարմինները (երակային, շտոքանման, ոսպնյակաձև, շտոկվերկային) տեղայնացված են խզումային խախտումների գոտիներում՝ սովորաբար ֆիլտրացիոն և ստրուկտուրային էկրանների տակ:

Չմերկացած հանքայնացման տեղային կանխագուշակումը որոշվում է արդյունաբերական էտալոնային հանքավայրերի ուսումնասիրության պրոցեսում բացահայտված նախադրյալների և հատկանիշների համալիրով: Անջատվում են նախադրյալների և հատկանիշների երկու խումբ. առաջին խումբը ընդհանուր է հանքային ֆորմացիաների գլխավոր խմբերի համար (երկրաժամանակագրական նախադրյալներ, ստրուկտուրա-տեկտոնական, մագմածին). երկրորդ խմբի մեջ ընդգրկվում են հանքային ֆորմացիաների առանձին խմբերի համար տարբեր նախադրյալները և հատկանիշները (միներալոգիական, երկրաքիմիական, պետրոֆիզիկական, երկրաֆիզիկական):

Չմերկացված հանքայնացման հայտնաբերման համար առավել արդյունավետ երկրաքիմիական նախադրյալները և հատկությունները, Հայաստանի հանքային դաշտերի սահմաններում, որոշվում են հանքային ֆորմացիաների առանձին խմբերի հանքավայրերի առաջնային երկրաքիմիական պսակների կազմի, ինտենսիվության, մորֆոլոգիայի, գոտիականության և առաջացման պայմանների յուրահա-

տուկ առանձնահատկություններով: Օրինակ, ոսկեբեր ֆորմացիայի հանքային մարմինները ուղեկցվում են Au, Ag, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Ba և այլ տարրերի ներս բերման և Ni, Co, Mn դուրս բերման ցայտուն պսակներով: Ոսկեբեր ֆորմացիայի առանձին հանքավայրեր ունեն ոսկու համար ինդիկատորային նշանակության տարրերի բնորոշ շարքեր: Չմերկացված հանքայնացման կանխագուշակման համար օգտագործվում են երկրաքիմիական գոտիականության (K_3) և տարրերի ներս բերման (Kn) մուլտիպիկատիվ գործակիցներ:

Ոսկեբեր, պղնձահանքային և կապար-ցինկային ֆորմացիայի հանքավայրերի համար հրածին հանքայնացման հասակը, ըստ երկրաքիմիական տվյալների, ենթադրվում է որպես հետյուրային և ոչ թե միջին յուրա, ինչպես դա ընդունվում էր նախկինում: Դրա հետ կապված նշանակալիորեն ընդլայնվում են չմերկացված հանքայնացման բացահայտման համար որոնողական աշխատանքների տարածքները:

Չմերկացված հանքայնացման որոնման և գնահատման առաջարկվող մեթոդը, որոնման և հետախուզման առանձին փուլերի համար, մշակված է որոնողական մոդելների հիման վրա, որոնք արտացոլում են գլխավոր հանքային ֆորմացիաների հանքավայրերի համար կիրարկելի հրածին հանքայնացման գլխավոր առանձնահատկությունները (ինդիկատոր-տարրերի դուրս բերման և ներս բերման անոմալիաներ, փոփոխված ապարների, մագնիսական դաշտի, բևեռայնության, տեսակարար էլեկտրական դիմադրության, բնական էլեկտրական դաշտի, պիեզոէլեկտրական էֆեկտի և ծանրության ուժի պսակներ): Մակերևույթում չմերկացված հանքայնացման արտահայտման բնույթը որոշում է որոնողական աշխատանքների կիրառումը վերերկրյա և խորքային տարբերակներով:

THE CONCLUSION

In the limits of Kura and Araks rivers the zones of structural-metallogenic zones are selected distinguished from each other by geological-structural peculiarities and nature of magmatism without sharp metallogenic specialization: Somkhet-Karabakh zone; Sevan-Amasia zone; Armenian zone with Kaphan segment.

Four major ore formations of post-magmatic deposits of Armenia are chosen: gold ore with gold-silver, gold-zinc-lead and gold-silver-antimony sub-formations; copper-ore; copper-molybdenum; zinc-lead.

The concealed ore bodies of major ore formations deposits (gold ore, copper-ore, copper-molybdenum, zinc-lead) have particular features of morphology and modes of occurrence, defining local forecast and method of their searching. The ore bodies (veined, stocking, lensing, stockworked) are localized in zones of fissures, usually under filtration and structural shields.

The local forecast of the concealed mineralization is determined by a complex of premises and signs detected during analysis of industrial standard deposits. Two groups of premises and signs are selected: the first group is general for major ore formations (geochronological, structural-tectonic, magmatogenous); in the second group the premises and signs, different for separate ore formations (mineralogical, geochemical petrophysical, geophysical) are united.

The most effective for discovery of concealed mineralization the geochemical premises and the signs within the limits of ore fields of Armenia are determined by particular features of composition, intensity, morphology, zonality and conditions of formation of primary geochemical blooming of fields of separate ore formations. For example, the ore bodies of gold ore formation are tracked by clear bloomings of introducing (Au, Ag, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Ba etc.) and removal (Ni, Co, Mn). The separate deposits of gold ore formation have the series of a display significance of elements for gold. For the forecast of concealed mineralization the multiplicative coefficients of geochemical zonality (Кз) and multiplicative coefficients of introducing (Кп) are utillized.

The age of the endogenic mineralization is presumptively established on geochemical datas for deposits of gold ore, copper-ore

and zinc-lead formations as After Late Jurassic, instead of Middle Jurassic, as it was accepted earlier. Therefore the floor spaces of search operations for eliciting concealed mineralization are considerably reamed.

The tendered method of application of concealed mineralization searching and estimation for separate stages of searching and exploratory operations is designed on the basis of the search patterns reflected the key features of endogenic mineralization (anomaly of elements -detectors of introducing and removal, bloomings of the altered soils, magnetic field, polarizability, specific electrical field, piezoelectric effect and gravitation) with reference to fields of main ore formations. The nature of concealed mineralization development on a surface determines the applying of search operations in ground level and plutonic alternatives.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абовян С.Б.** Геология и полезные ископаемые северо–восточного побережья оз.Севан. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1961.

2. **Абрамсон Г.Н., Григорян С.В., Григоров С.А.** Способ оценки геохимических аномалий на промышленное золотое оруденение. В кн.: "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, М., 1977.

3. **Адамян А.З., Григорян С.В.** Особенности состава и строения первичных ореолов Шаумянского полиметаллического месторождения. В сб.: "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМГРЭ, М., 1978.

4. **Адамян А.И.** Некоторые замечания о возрасте интрузий Южной Армении. Изв. АН Арм.ССР, серия матем., естеств. и техн. наук, т.VI, 1949, № 2.

5. **Акопян В.Т.** Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Зангезура. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1962.

6. **Алоян П.Г.** Складчатость Сомхетского сегмента. Труды Армнипроцветмет, вып.5 (14), изд. "Айастан", Ереван, 1977.

7. **Алоян П.Г.** История развития и интрузивный магматизм Сомхетского сегмента (Армянская ССР). Труды Армнипроцветмет, вып.5 (14), изд. "Айастан", Ереван, 1977.

8. **Алоян П.Г.** Промышленная типизация руд месторождений Армении. Известия НАН РА, Науки о Земле, Ереван, 2000, LIII, № 3.

9. **Алоян П.Г.** Геология горнорудных районов Армении. Ереван, ГЕОИД, 2001, ISBN 99930-900-0-X.

10. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А., Давтян Ю.А., Маркосян А.А, Товмасян В.В.** Формационно-технологические параметры Меградзорского золоторудного месторождения. Серия: Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении. Выпуск 4. Ереван, ГЕОИД, 2002, ISBN 99930-900-3-4.

11. **Алтунян А.З.** Этапы развития и возраст оруденения Шамлугского месторождения. Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, 1971, № 5.

12. **Амирян Ш.О.** Характер оруденения золота на одном месторождении. Докл. АН Арм.ССР, 1960, № 4.

13. **Амирян Ш.О.** О вещественном составе руд одного из золоторудных месторождений. Изв. АН Арм.ССР, геол. и географ. науки, 1960, № 3-4.

14. **Амирян Ш.О.** Об источнике золоторудной минерализации на примере золоторудных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1971, № 1.

15. **Амирян Ш.О.** Место золоторудного оруденения в ряду рудных формаций Армянской ССР. Записки Арм. отд. ВМО, вып.6, 1972.

16. **Амирян Ш.О.** Классификация золоторудных месторождений Армянской ССР и их общая характеристика. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1973, № 2.

17. **Амирян Ш.О., Карапетян А.И.** Минералого-геохимическая характеристика руд Меградзорского золоторудного месторождения. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1964, № 2.

18. **Амирян Ш.О., Тунян Г.А.** Минералого-геохимическая характеристика руд Тейского золоторудного месторождения. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1971, № 5.

19. **Амирян Ш.О., Тунян Г.А.** Тей-Личквазское золото-сульфидное месторождение Арм.ССР (геология, минералогия, геохимия и условия образования). Фонды Арм.ГУ, Ереван, 1972.

20. **Амирян Ш.О.** Золоторудные формации Армянской ССР. Докт. диссертация, Ереван, 1974.

21. **Амирян Ш.О., Тунян Г.А., Хачатрян Н.Д.** О характере оруденения Тертерасарского золото-полиметаллического рудопроявления. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1982, № 2.

22. **Амирян Ш.О., Фарамазян А.С.** Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Арм.ССР (Зод, Каджаран). Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1974.

23. **Амирян Ш.О.** Золоторудные формации Армянской ССР. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1984.

24. **Аристов В.В.** Вопросы теоретического обоснования поисков скрытых постмагматических месторождений. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1964, № 4.

25. **Аристов В.В.** Основные типы скрытых месторождений твердых полезных ископаемых и применяемая методика их по-

исков. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1964, № 4.

26. **Аристов В.В.** Методика поисков месторождений твердых полезных ископаемых. В кн.: "Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых". Изд. "Недра", М., 1968.

27. **Аристов В.В.** *Поиски* твердых полезных ископаемых. Изд. "Недра", М., 1975.

28. **Аристов В.В., Безирганов Б.Г., Кудрявцев Ю.К., Филатов Е.И.** О методике обработки данных геохимического опробования для составления карт ореолов рассеяния. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1968, № 8.

29. **Аристов В.В., Безирганов Б.Г., Шевырев И.А.** *О* проблеме первоисточников золота в золоторудных месторождениях и ее значение для решения поисковых задач. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1972, № 12.

30. **Аристов В.В., Ляхов Л.Л.** Поисковая группировка месторождений твердых полезных ископаемых по характеру создаваемых ими геологических и геофизических аномалий. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1970, № 5.

31. **Аристов В.В., Ляхов Л.Л.** Наземные и глубинные поиски скрытых месторождений твердых полезных ископаемых. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1982, № 4-5.

32. **Аристов В.В., Безирганов Б.Г., Бортников А.Я., Крейтер Д.С. и др.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Лабораторный практикум. М., "Недра", 1989.

33. **Асланян А.Т.** Региональная геология Армении. Изд. "Айпетрат", Ереван, 1958.

34. **Асланян А.Т., Гульян Э.Х., Пиджян Г.О. Амирян Ш.О., Фарамазян А.С., Овсепян Э.Ш., Арутюнян С.Г., Галстян Х.Г.** Техутское медно-молибденовое месторождение. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1980, № 5.

35. **Ачикгезян С.О., Зограбян С.А., Саркисян Р.А.** Характер распределения золото-серебряного оруденения на Шаумянском месторождении в зависимости от литологического состава вмещающих пород. ИГН АН Арм.ССР, Ереван, 1975.

36. **Ачикгезян С.О., Безирганов Б.Г.** Роль гидротермальных метасоматитов и геохимических ореолов в оценке перспектив глубоких горизонтов Кафанского месторождения. Известия

АН Арм.ССР, Науки о Земле, XL, 1987, № 5.

37. **Багдасарян Г.П., Гукасян Р.Х. и др.** Об абсолютном возрасте магматических пород Алавердского рудного района. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1966, № 5.

38. **Багдасарян Г.П.** Итоги абсолютного датирования ряда рудных формаций Армянской ССР. Изв. АН Арм.ССР, серия геол., 1968, № 5.

39. **Бадалян С.В., Газарян Г.О., Гамоян В.Б.** Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1980.

40. **Баласанян С.И.** Магматические формации Арм.ССР. Изд.ЕрГУ, Ереван, 1975.

41. **Баранов Э.Н.** Некоторые особенности первичных геохимических ореолов колчеданных месторождений. В сб.: "Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений". Иркутск, 1971.

42. **Баранов Э.Н., Головин А.А, Лазарев В.Н., Поливанов В.В., Рыфтин В.М.** Геохимические критерии поисков скрытых колчеданных месторождений. В кн.: "Геохимические критерии прогнозирования и поисков рудных месторождений". Изд. ИМГРЭ, М., 1973.

43. **Барсуков В.Л., Григорян С.В., Овчинников Л.Н.** Геохимические методы поисков рудных месторождений. Изд. "Наука", М., 1981.

44. **Безирганов Б.Г.** Влияние физико-механических свойств горных пород на формирование эндогенных геохимических ореолов рассеяния и их значение для поисков скрытого оруденения (на примере одного из золоторудных месторождений Малого Кавказа). научные труды НИГМИ, вып. VIII, Ереван, 1969.

45. **Безирганов Б.Г.** Поисковые предпосылки и признаки золоторудных месторождений, приуроченных к основным и ультраосновным породам. Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1971, № 2.

46. **Безирганов Б.Г.** Рациональная схема методики поисков скрытых золоторудных тел, приуроченных к основным и ультраосновным породам (на примере золоторудного поля Малого Кавказа). Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1973, № 1.

47. **Безирганов Б.Г.** О возможности использования "отри-

цательных" геохимических аномалий при поисках скрытых золоторудных тел (Малый Кавказ). Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1982, № 2.

48. **Безирганов Б.Г.** О практическом значении первичных геохимических ореолов полиметаллического месторождения (Малый Кавказ). Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1982, № 4.

49. **Безирганов Б.Г., Вартанян С.У., Бадалян С.В.** Прогнозная оценка глубоких горизонтов и флангов Шаумянского полиметаллического месторождения. В сб.: "Состояние минерально-сырьевой базы и перспективы рационального комплексного использования сырья в цветной металлургии Армянской ССР". Сб. научных трудов Армнипроцветмет, Ереван, 1983.

50. **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 ЕрГУ, Естеств. науки, 1983, № 3.

51. **Безирганов Б.Г.** Предпосылки прогнозирования и методика поисков скрытого эндогенного оруденения цветных металлов и золота в пределах рудных полей Армении. Докт. Диссертация. М., МГРИ, 1983.

52. **Безирганов Б.Г.** Геохимические предпосылки прогнозирования и поисков скрытого эндогенного оруденения. Ереван, Промышленность Армении, 1986, № 1.

53. **Безирганов Б.Г.** Обоснование возраста эндогенного оруденения по геохимическим данным и его значение для поисков скрытых рудных тел. Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1984, № 1.

54. **Безирганов Б.Г.** К прогнозу скрытого эндогенного оруденения в пределах Азатекского месторождения. Ереван, Промышленность Армении, 1984, № 9.

55. **Безирганов Б.Г., Товмасян А.И.** К методике геохимических поисков месторождений бирюзы. Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1985, № 2.

56. **Безирганов Б.Г.** О первичных геохимических ореолах Техутского медно-молибденового месторождения (Северная Армения). Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1986, № 1.

57. **Безирганов Б.Г.** Использование корреляционного анализа для решения геолого-геохимических задач. Ученые записки

ЕрГУ, Естеств. науки, 1986, № 2.

58. **Безирганов Б.Г., Гареян Г.Р.** К методике оценки прогнозных ресурсов скрытого эндогенного оруденения по геохимическим ореолам. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1987, № 10.

59. **Безирганов Б.Г.** К методике разработки поисковой модели рудного месторождения Малого Кавказа. В кн.: "Многофакторные модели рудных месторождений - основа разработки эффективных методик поисков, оценки и разведки". Тбилиси, КИМС, 1988.

60. **Безирганов Б.Г.** О количественной связи геохимических и геофизических аномалий. М., Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1988, № 6.

61. **Безирганов Б.Г.** Характерные особенности золоторудных месторождений, приуроченных к основным и ультраосновным породам. Ученые записки ЕрГУ, Естеств. науки, 1988, № 3.

62. **Безирганов Б.Г.** Геохимические предпосылки и признаки поискового прогнозирования скрытого эндогенного оруденения в пределах рудных полей Армении. Сб. научных трудов, Армнипроцветмет, Перспективы расширения и укрепления минеральной базы и эффективность освоения недр, Ереван, 1988.

63. **Безирганов Б.Г., Маркосян А.А.** Поисковые модели месторождений главнейших рудных формаций Армении. Сб. Научных трудов (1999-2000), Горно-металлургический институт, Ереван, 2000.

64. **Безирганов Б.Г., Маркосян А.А., Хачатрян Ш.В.** Характерные особенности первичных геохимических ореолов месторождений золоторудной формации Армении. Сб. научных трудов (1999-2000), Горно-металлургический институт, Ереван, 2000.

65. **Безирганов Б.Г.** Геохимические работы (первичные геохимические ореолы Меградзорского месторождения). В кн.: "Формационно-технологические параметры Меградзорского золоторудного месторождения. Алоян П.Г., Алоян Гайк П. и др.". Серия: Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении. Вып.4, Ереван, ГЕОИД, 2002.

66. **Безирганов Б.Г.** Геохронологические предпосылки прогнозирования скрытого эндогенного оруденения на территории Армении. Научные труды, посвященные 50-летию ГМИ, Изд. ЕГЕЯ,

Ереван, 2002.

67. **Беус А.А., Григорян С.В.** Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Изд. "Недра", М., 1975.

68. **Бородаевский Н.И.** Типы золоторудных месторождений, подчиненных ультраосновным породам в Миасском и Учалинском районах Южного Урала. В кн.: "Двести лет золотой промышленности Урала". Изд. УФАН СССР, Свердловск, 1948.

69. **Буряк В.А.** О генезисе золоторудной минерализации центральной части Ленского золотоносного района. В кн.: "Генетические особенности развития золотой минерализации Дальнего Востока". Изд. "Наука", М., 1966.

70. **Быбочкин А.М.** Новая классификация запасов. Разведка и охрана недр, 1982, № 4.

71. **Вартанесов В.Е.** Эндогенные ореолы рассеяния Агаракского медно-молибденового месторождения. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1970, № 4.

72. **Варданян К.Р.** Опыт применения йодометрии для поисков медных руд в Армянской ССР. В сб. "Геохимические поиски рудных месторождений". Изд. "Недра", М., 1972.

73. **Вартанян С.У.** Роль физико-механических свойств пород в локализации слепых рудных тел и обоснование их поисков (на примере колчеданных месторождений Северной Армении). Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1961, № 12.

74. **Вартанян С.У.** Некоторые данные о поисковом значении ореолов рассеяния и физико-механических свойств пород медноколчеданных месторождений Северной Армении. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1961, № 1.

75. **Вартанян С.У.** Петрофизические особенности пород Кафанского рудного поля и их роль в рудообразовании. Изв. АН СССР, серия геол., 1969, № 6.

76. **Вартанян С.У., Вартанян Н.С.** Сравнительная характеристика структурно-петрофизических особенностей месторождений медно-молибденовой формации Зангезурской рудной области. Сб. научных трудов (1999-2000), Горно-металлургический институт, Ереван, 2000.

77. **Вартанян С.У., Вартанян Н.С.** Зональность петрофизических показателей метасоматитов в качестве критерия поис-

кового прогноза эндогенного оруденения. Научные труды, посвященные 50-летию ГМИ, изд. ЕГЕЯ, Ереван, 2002.

78. **Вартапетян Б.С.** К вопросу о генезисе колчеданного оруденения Армении. Советская геология, 1960, № 10.

79. **Вартапетян Б.С.** Магматический контроль эндогенного оруденения на территории Армянской ССР. Геология и разведка, 1960, № 2.

80. **Вартапетян Б.С.** Структурный контроль эндогенного оруденения на территории Армянской ССР. Научные труды НИГМИ, вып. 1, Ереван, 1960.

81. **Вартапетян Б.С.** Геологическое положение гранитоидных интрузивов рудного поля Алаверди-Шамлуг-Ахтала. Изв. АН Арм.ССР, геол. и географ. науки, 1962, № 5.

82. **Вартапетян Б.С.** Закономерности распределения медного оруденения на территории Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1965.

83. **Вартапетян Б.С., Ванюшин С.С., Мкртчян С.С., Мовсесян С.А.** Медь. В кн.: "Геология Арм.ССР", т.VI, Металлические полезные ископаемые. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1967.

84. **Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И.** Роль изучения структур рудных месторождений и физико-механических свойств горных пород в выяснении условий локализации эндогенного оруденения. В сб. "Вопросы изучения структур рудных месторождений". Труды ИГЕМ АН СССР, вып. 41, 1961.

85. **Габриелян А.А.** Геотектоническое районирование территории Армянской ССР. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1974, № 4.

86. **Гинзбург И.И.** Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков. Госгеолтехиздат, М., 1957.

87. **Гинзбург И.И., Россман Г.И. и др.** Применение геохимических методов при металлогенических исследованиях рудных районов. Изд. "Недра", М., 1966.

88. **Гогишвили В.Г., Гуниева В.Д., Ратман И.П., Гогишвили Т.Ш.** Послеэоценовый рудогенез Закавказья (Сомхето-Карабахская и Гагра-Джавская тектонические зоны). Изв. АН СССР, серия геол, 1976, № 11.

89. **Горжевский Д.И., Якубовский Ю.В.** Геологические обстановки и особенности их изучения (с применением геофизи-

ческих методов) при проведении поисково-разведочных работ. В кн.: "Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых". М., 1968.

90. **Григорян С.В.** Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке гидротермальных месторождений. Советская геология, 1973, № 1.

91. **Григорян С.В.** Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений (Методические рекомендации). Изд. ИМГРЭ, М., 1974.

92. **Григорян С.В.** Рудогенные геохимические аномалии. Изд. "Недра", М., 1982.

93. **Григорян С.В.** Геохимические методы при поисках рудных месторождений. Изд. "Недра", М., 1982.

94. **Григорян С.В.** Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. Изд. "Недра", М., 1987.

95. **Григорян С.В.** Рудничная геохимия. Изд. "Недра", М., 1992.

96. **Григорян С.В., Зубов М.А., Розанов Ю.А.** О влиянии физико-механических свойств горных пород на формирование первичных геохимических ореолов. В кн.: "Роль физико-механических свойств горных пород в локализации эндогенных месторождений". Изд. "Наука", М., 1973.

97. **Григорян С.В., Янишевский Е.М.** Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений и их использование при поисках скрытого оруденения. Изд. "Недра", М., 1968.

98. **Григорян С.В., Амирян Ш.О., Хачанов Х.В., Симонян Р.С., Фарамазян А.С., Асланян М.П.** Геохимическая специализация рудовмещающих пород и критерии рудоносности метасоматитов Соткского (Зодского) месторождения золота. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, LI, № 1-2.

99. **Грушевой В.Г. и др.** О геологическом изучении Зангезурского рудоносного района. Разведка недр, 1935, № 5.

100. **Гукасян Р.Х., Меликсетян Б.М.** Об абсолютном возрасте и закономерностях формирования сложного Мегринского плутона. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1965, № 3-5.

101. **Джрбашян Р.Т.** Палеогеновые вулканические пояса зоны замыкания океана Тетис (Малый Кавказ). Автореф. докт. диссертации, Тбилиси, 1990.

102. **Джрбашян Р.Т., Меликсетян Б.М., Мелконян Р.Л.** О магматических формациях альпийского тектоно-магматического цикла (Армянская ССР). Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, Ереван, 1967, № 4.

103. **Захаров Е.Е.** О некоторых вопросах классификации рудных месторождений. Советская геология, 1965, № 9.

104. **Звягинцев Л.И.** Значение пористости горных пород в локализации сульфидного оруденения на Рудном Алтае. В кн.: "Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры". Изд. "Недра", М., 1968.

105. **Зограбян С.А.** Особенности геологической структуры Ахтальского барит-полиметаллического месторождения и условия локализации рудных тел. Канд. диссертация. ИГН Арм.ССР, Ереван, 1966.

106. **Иванов А.А.** О возможности определения масштаба оруденения по параметрам ореольного распределения главного компонента. В сб.: "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, М., 1977.

107. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. (С.В.Григорян, А.П.Соловов, М.Ф.Кузин). Изд. "Недра", М., 1983.

108. **Каблуков А.Д., Сочеванов Н.Н. и др.** Использование ореолов рассеяния урана и элементов-спутников при поисках и разведке гидротермальных месторождений (Методическое руководство). Изд. "Недра", М., 1964.

109. **Карапетян А.И.** Ахтальское полиметаллическое месторождение. В кн.: "Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР". Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1972.

110. **Карапетян А.И., Амирян Ш.О.** Об обнаружении теллуридов золота, серебра, висмута и свинца в рудах Меградзорского золоторудного месторождения Армянской ССР. Доклады АН Арм.ССР, 1964, № 1.

111. **Карапетян А.И.** Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1982.

112. **Карцев А.И.** Подсчет прогнозных запасов золота по вторичным ореолам рассеяния элементов-спутников. Разведка и охрана недр, 1971, № 5.

113. **Конноли Дж., Гиллюли Дж., Клайд П.Р.** Мезотермальные месторождения золота. В кн.: "Геология рудных месторождений западных штатов США". Изд. ОНТИ, Л., 1937.

114. **Константинов М.М., Грушин В.А.** Геологическая позиция Зодско-Агдуздакского золоторудного узла в Закавказье. Советская геология, 1969, № 11.

115. **Константинов М.М., Попова Т.Н., Карпинский Н.И.** Особенности локализации и типы золоторудных месторождений Армении и Азербайджана. ЦНИГРИ, М., 1968.

116. **Константинов М.М., Варгунин Н.П., Косовец Т.Н. и др.** Золото-серебряные месторождения. ЦНИГРИ, М., 2002.

117. **Константинов Р.М.** Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. Изд. "Наука", М., 1973.

118. **Котляр В.Н.** Экструзивы, эффузивы и оруденение. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1960, № 9.

119. **Крейтер В.М.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.-Л., Госгеолиздат, 1940.

120. **Кузнецов В.А., Дистанов Э.Г., Оболенский А.А.** Формационный анализ рудных месторождений как основа научного прогнозирования. Геология и геофизика, 1972, № 5.

121. **Кутюхин П.И.** Геология, структура и вещественный состав руд Джетыгаринского золоторудного месторождения. Свердловск, 1947.

122. **Кутюхин П.И.** Значение измененных боковых пород при поисках и разведке "слепых" золотоносных жил на Джетыгаринском месторождении. Труды Свердловского горного института, вып. 35, 1960.

123. **Ложечкин М.П.** Карабашское месторождение медистого золота. Труды УФАН СССР, вып. 4, Свердловск, 1935.

124. **Лингрен В.** Месторождения золота и платины. Цветметиздат, М.-Л., 1932.

125. **Магакьян И.Г.** Металлогения Армении. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1954.

126. **Магакьян И.Г.** Основные черты металлогении Армении. Советская геология, 1959, № 7.

127. **Магакьян И.Г.** Закономерности размещения оруденения на территории Армянской ССР. В кн.: "Закономерности размещения полезных ископаемых", т.VIII, изд. "Наука", М., 1967.

128. **Магакьян И.Г.** Опыт классификации рудных формаций СССР. Геология рудных месторождений, 1967, № 5.

129. **Магакьян И.Г.** Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. Изд. "Недра", М., 1969.

130. **Магакьян И.Г., Амирян Ш.О.** Золото. В кн.: "Геология Арм.ССР", т. VI, Металлические полезные ископаемые. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1967.

131. **Магакьян И.Г., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С., Амирян Ш.О., Карапетян А.Н. и др.** Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1972.

132. **Магакьян И.Г., Мкртчян С.С.** Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении (на примере Малого Кавказа). Изв. АН Арм.ССР, серия геол. и географ. наук, 1957, № 4.

133. **Магакьян И.Г., Мкртчян С.С.** Генетическая связь оруденения с магматизмом (на примере Малого Кавказа). В сб.: "Магматизм и связь с ним полезных ископаемых". Госгеолтехиздат, 1960.

134. **Магакьян И.Г., Мкртчян С.С., Мовсесян С.А., Карамян К.А.** Молибден. В кн.: "Геология Армянской ССР", т.VI, Металлогенические полезные ископаемые. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1967.

135. **Малахов А.С., Карцев А.И.** Оценка медно-порфировых проявлений по геохимическим данным. Разведка и охрана недр, 1976, № 11.

136. **Малхасян Э.Г.** Геологическое развитие и вулканизм Армении в юрский период. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1975.

137. Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). Министерство геологии СССР, М., 1975.

138. **Мкртчян Св.С.** Особенности распределения элементов вокруг рудных тел на Ахтальском полиметаллическом месторождении. Изв. АН Арм. ССР, геол. и географ. науки, 1963, № 4-5.

139. **Мкртчян С.С.** Зангезурская рудоносная область Арм. ССР. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1958.

140. **Мкртчян С.С.** К проблеме поисков скрытых колчеданных и медно-молибденовых рудных тел на Малом Кавказе. Геология рудных месторождений, 1960, № 4.

141. **Мкртчян С.С., Карамян К.А., Аревшатян Т.А.** Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1969.

142. **Мкртчян С.С., Паффенгольц К.Н., Хачатурян Э.А.** Алавердский рудный район. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1968.

143. **Мовсесян С.А.** Промышленные типы рудных месторождений Армянской ССР. Магматизм и металлогения Армянской ССР. Изд. АН Арм.ССР, 1972.

144. **Мовсесян С.А.** Закономерности размещения рудных месторождений Армении. Изд. "Недра", М., 1979.

145. **Моисенко В.Г.** Поведение золота при термическом метаморфизме. В кн.: "Генетические особенности и общие закономерности золотой минерализации Дальнего Востока". Изд. "Наука", М., 1966.

146. **Мягков В.Ф.** О геохимическом принципе исследования минеральных парагенезисов магматогенных месторождений. Геохимия, 1963, № 4.

147. **Напарте В.А.** Зональность первичных ореолов Дарасунского золоторудного поля и ее применение для прогнозных оценок. Автореф. канд. диссертации, М., 1970.

148. **Овчинников Л.Н., Баранов Э.Н.** Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений. Геология рудных месторождений, 1970, № 2.

149. **Овчинников Л.Н., Григорян С.В.** Закономерности состава и строения первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений. В сб.: "Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих месторождений". Иркутск, 1970.

150. **Овчинников Л.Н., Григорян С.В., Баранов Э.Н.** Зональность геохимических ореолов гидротермальных месторождений и ее практическое значение. В кн.: "Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений". Изд. "Наука", М., 1976.

151. **Овчинников Л.Н., Григорян С.В.** Геохимические поиски рудных месторождений. Советская геология, 1977, № 11.

152. **Пароникян В.О.** Шамлугское месторождение. В кн.: "Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР". Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1972.

153. **Пароникян В.О., Акопян А.Г.** Азатекское месторожде-

ние. В кн.: "Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР", изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1972.

154. **Паффенгольц К.Н.** Геологический очерк междуречья среднего и нижнего течения р.р. Ахстафа-чай и Дебед-чай. Труды ВГРО, вып. 353, 1934.

155. **Пиджян Г.О.** Медно-молибденовая формация руд Арм.ССР. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1975.

156. **Покалов В.Т.** Генетические типы и поисковые критерии эндогенных месторождений молибдена. Изд. "Недра", М., 1972.

157. **Покалов В.Т.** Опыт классификации эндогенных месторождений молибдена на тектоно-магматической основе. Советская геология. 1972, № 6.

158. **Покалов В.Т., Орлов В.Г.** Количественная прогнозная оценка молибденового оруденения по ореолам в зоне гипергенеза. Советская геология, 1982, № 8.

159. **Розанов Ю.А.** Роль физико-механических свойств горных пород в формировании структур месторождений и локализации оруденения. В кн.: "Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры". Изд. "Недра", М., 1968.

160. **Рубо Г.Л.** Некоторые черты зонального строения первичных ореолов рассеяния на Ахтальском барит-полиметаллическом месторождении (Северная Армения). Изв. АН СССР, серия геол., 1968, № 1.

161. **Сагателян Э.А.** Сурьма. В кн.: "Геология Армянской ССР", т. VI, Металлические полезные ископаемые. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1967.

162. **Саркисян Г.А.** Роль вмещающих пород при метасоматизме и зональность его продуктов на примере золоторудного месторождения. В кн.: "Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании". Изд. "Недра", М., 1966.

163. **Сафронов Н.И.** К теории первичных ореолов рассеяния. В сб.: "Новое в методике и технике геологоразведочных работ", вып. 5, 1962.

164. **Соловов А.П.** Поиски невыходящих на поверхность рудных тел месторождения Ачисай. Советская геология, 1959, № 3.

165. **Соловов А.П.** Оценка рудопроявлений по их вторичным ореолам рассеяния. Изв. АН Каз.ССР, серия геол., 1965, № 3.

166. **Соловов А.П.** Параметры первичного ореола эндогенного месторождения. Геология рудных месторождений, 1966, № 3.

167. **Соловов А.П.** Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Изд. "Недра", М., 1985.

168. **Сопко П.Ф.** Геология колчеданных месторождений Алавердского рудного района. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1961.

169. **Срапионян М.Г., Вартанян С.У.** Физико-механические свойства горных пород и структурно-литологические условия локализации оруденения на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1978, № 9.

170. **Строна П.А.** Главные типы рудных формаций. Изд. "Недра", Л., 1978.

171. **Строна П.А.** К проблеме рудных формаций. Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1982, № 11.

172. **Тагунова Н.Н.** Вещественный состав руд Зодского месторождения и содержание в них рассеянных элементов. ЦНИГРИ, М., 1961.

173. **Таусон Л.В.** Закономерности образования эндогенных ореолов рассеяния в полях рудных месторождений. Геология и геофизика, 1974, № 5.

174. **Твалчрелидзе Т.А.** Золото-висмут-теллуровая ассоциация Далиблудского и Зодского месторождений. Труды КИМС, Тбилиси, 1959.

175. **Тунян Г.А.** Минеральный состав руд и характер распределения благородных элементов в рудах Тей-Личквазского золоторудного месторождения. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1971, № 6.

176. **Фаворская М.А., Томсон И.Н.** Проблемы глобальной геологии и металлогении. В кн.: "Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений". Изд. "Недра", М., 1974.

177. **Ферсман А.Е.** Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. Изд. АН СССР, М., 1940.

178. **Фахри А.А.** Первичные ореолы золота и элементов-спутников одного из золоторудных месторождений Казахстана. Канд. диссертация, МГУ, М., 1966.

179. **Филатов Е.И.** Влияние физико-механических свойств горных пород на локализацию свинцово-цинкового оруденения. Геология рудных месторождений, 1967, № 1.

180. **Фирсов Л.В** Содержание химических элементов в жилах золоторудных месторождений Яно-Колымской складчатой зоны и некоторые вопросы генезиса рудоносных растворов. В кн.: "Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока". Изд. "Наука", М., 1966.

181. **Фоменко А.Е.** К методике выделения рудных формаций гидротермальных месторождений по геологическим условиям образования (на основе логико-информационного анализа). Изв. ВУЗ, Геология и разведка, 1981, № 4.

182. **Хачатурян Э.А.** Колчеданная рудная формация Арм. ССР. Автореф. докт. диссертации, Баку, 1968.

183. **Щеглов А.Д.** Основы металлогенического анализа. Изд. "Недра", М., 1980.

184. **Щербаков Ю.Г.** Распределение и условия концентрации золота в рудных провинциях. Изд. "Наука", М., 1967.

185. **Янишевский Е.М.** Поиски рудных месторождений по эндогенным ореолам рассеяния. Изд. "Недра", М., 1966.

186. **Янишевский Е.М., Григорян С.В.** Эндогенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1963.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение стр

1. Эндогенные месторождения главных рудных формаций Армении. 4

1.1. Структурно-металлогеническое районирование территории Армении. 4

1.2. Главные рудные формации. 8

1.3. Общая характеристика месторождений. 20

1.3.1. Золоторудная формация. 20

1.3.2. Меднорудная формация. 61

1.3.3. Медно-молибденовая формация. 66

1.3.4. Свинцово-цинковая формация. 71

Выводы 74

2. Геологические и геофизические предпосылки локального прогнозирования скрытого эндогенного оруденения. 75

2.1. Геохронологические предпосылки. 76

2.1.1. Обоснование возраста оруденения по геохимическим данным. 82

2.2. Структурно-тектонические предпосылки. 84

2.3. Магматогенные предпосылки. 88

2.4. Минералогические предпосылки и признаки 93

2.5. Петрофизические предпосылки. 97

2.6. Геофизические предпосылки. 102

Выводы 108

3. Геохимические предпосылки и признаки локального прогнозирования скрытого оруденения. 110

3.1. Геохимические ореолы месторождений главных рудных формаций. 111

3.1.1. Золоторудная формация. 113

3.1.2. Меднорудная формация. 185

3.1.3. Медно-молибденовая формация. 218

3.1.4. Свинцово-цинковая формация. 227

3.2. Характерные особенности первичных геохимических ореолов рудных формаций..... 239

3.2.1. Золоторудная формация. 240

3.2.2. Меднорудная формация. 248

3.2.3. Медно-молибденовая формация. 250

3.2.4. Свинцово-цинковая формация. 251

Выводы. 251

4. Методика локального прогноза и поисков скрытого оруденения. 254
4.1. Типы и перспективность объектов поисков скрытого оруденения. 254
4.1.1. Золоторудная формация. 256
4.1.2. Меднорудная формация. 280
4.1.3. Медно-молибденовая формация. 299
4.1.4. Свинцово-цинковая формация. 307
4.2. Методика поисков скрытого оруденения. 311
4.3. Прогнозные ресурсы скрытого оруденения. 326
Выводы. 330
Заключение (на русском, армянском и английском языках). 332
Литература. 338

Безирганов Борис Гайкович

ПРОГНОЗ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ СКРЫТОГО ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Серия: Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении

Выпуск 5

Художественный редактор
Ж.Д.Саакян
Технический редактор
В.С.Асланян
Компьютерный набор
З.Г.Гаспарян
Графическое оформление
А.С.Вартанян

Тираж 100 экз.

Общество охраны недр, ГЕОИД, Ереван-9, ул.Корюна, 14.
E-mail: hayk_a@yahoo.com ☎ 524443

Выпуски серии

Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении

Издано

Выпуск 1. Алоян П.Г. Геология горнорудных регионов Армении. Повышение эффективности освоения рудных месторождений. Ереван, ГЕОИД, 2001, 243 с. ISBN 99930-900-0-X

Выпуск 2. Алоян Гайк П., Алоян П.Г. Геологическое строение и типы руд Марцигетского золотополиметаллического месторождения. Ереван, ГЕОИД, 2001, 129 с. ISBN 99930-900-1-8

Выпуск 3. Алоян П.Г. Редкие металлы в промышленных рудах Армении. Ереван, ГЕОИД, 2002, 135 с. ISBN 99930-900-2-6

Выпуск 4. Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А. и др. Формационно-технологические параметры Меградзорского золоторудного месторождения. Ереван, ГЕОИД, 2002, 190 с. ISBN 99930-900-3-4

Выпуск 5. Безирганов Б.Г. Прогноз и методика поисков скрытого эндогенного оруденения в пределах рудных полей и месторождений Армении. Ереван, ГЕОИД, 2002, 355 с. ISBN 99930-900-4-2

Готовятся к изданию в 2003г.

Выпуск 6. Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А. Формационно-технологические основы промышленной типизации руд месторождений цветных и благородных металлов Армении.

Выпуск 7. Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А., Маркосян А.А., Снхчян А. Геолого-структурные особенности и типы руд Азатекского золотополиметаллического месторождения.

5608