

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 05.04.01 «Геология»
Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ4А	Смирнова Анастасия Юрьевна

Тема работы:

Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в месторождениях сульфидного типа на примере Риддер-Сокольного месторождения

Утверждена приказом директора (дата, номер)

2820/С от 12.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Материалы, полученные в ходе учебных и производственных практик, а также научно-исследовательской работы, производственные отчеты ОАО «Казцинк», статистические данные Риддерской обогатительной фабрики. Литературные источники и фондовый материал.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Описать физико-географические и геологические условия района работ, установить корреляционные зависимости элементов, выявить формы нахождения и главные минералы концентраты исследуемых элементов, проанализировать процессы технологического передела (обогащения) сырья в целях установления потерь извлекаемых компонентов.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Боярко Г.В.
Социальная ответственность	Крепша Н.В.
Literature review	Матвеев И.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л.П.	Д.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ4А	Смирнова Анастасия Юрьевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 05.04.01 «Геология»

Уровень образования магистр

Кафедра геоэкологии и геохимии

Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.11.2015	<i>Обзор литературы по теме диссертации</i>	15
15.12.2015	<i>Описание физико-географических и геологических условий исследуемого района работ</i>	10
15.02.2016	<i>Сбор и анализ статистических данных Риддерской обогатительной фабрики</i>	15
15.03.2016	<i>Минераграфическое изучение анилифов Риддер-Сокольного месторождения</i>	20
20.04.2016	<i>Анализ корреляционных связей, построение графиков зависимости</i>	10
13.05.2016	<i>Построение блочной модели рудных тел</i>	10
30.05.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
03.06.2016	<i>Социальная ответственность</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л.П.	Д.Г.-М.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Язиков Е.Г.	Д.Г.-М.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 136 страниц, 4 приложений, 118 рисунков. Использовано 63 источника.

Ключевые слова: минерал, ассоциация, содержания, форма нахождения, корреляция, распределение, зависимость, руда, золото, сульфиды, кварц, доломит, серицит, оруденение, медь, свинец, цинк, серебро, редкие элементы, рассеянные элементы.

Объектом исследования выступают полиметаллические руды и горные породы Риддер-Сокольного месторождения.

Целевым назначением работы является изучение распределения благородных, редких и рассеянных элементов в сульфидных типах руд месторождения.

В процессе исследования изучены типоморфные особенности благородных, редких и рассеянных элементов, закономерности их распределения в рудах и характер корреляционной связи с основными компонентами. Установлено, что золото является «сквозным» компонентом. Вместе с другими элементами отлагалось на протяжении всего процесса формирования месторождения и заключено в различных количествах во всех сульфидных минералах, кварце, барите, сериците и карбонатах.

В результате проведенного анализа получены данные о характере корреляционной зависимости, установлены минералы-носители и формы нахождения благородных, редких и рассеянных металлов, дана вещественная характеристика руд для технологических целей.

Область применения: геологоразведочные работы.

В будущем планируется продолжить исследования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Аналитический обзор литературы по теме диссертации
2. Объекты, материалы и методы исследования
 - 2.1. Географо-экономическая характеристика района исследования
 - 2.2. Орогидрография
 - 2.3. Климатические условия
 - 2.4. Экономическое состояние района
3. Краткая геологическая характеристика района
 - 3.1. Стратиграфия
 - 3.2. Интрузивные образования
 - 3.3. Тектоника
 - 3.4. Метаморфизм
 - 3.5. Гидрогеологические условия месторождения
4. Вещественный состав руд
5. Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в сульфидных рудах
 - 5.1. Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в породах и рудах Риддер-Сокольного месторождения
 - 5.1.1. Корреляционные зависимости исследуемых элементов
 - 5.1.2. Пространственное распределение благородных, редких и рассеянных элементов в пределах рудных тел
 - 5.2. Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в главных рудообразующих минералах
 - 5.2.1. Минералы концентраты
 - 5.3. Редкие и рассеянные элементы в процессе технологического передела (обогащения)

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
7. Социальная ответственность

Заключение

Список публикаций студента

Список использованных источников

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

Приложение Г

Список принятых сокращений

РСМ – Риддер-Сокольное месторождение

РСР – Риддер-Сокольный рудник

р.т. – рудное тело

р.м. – рудная минерализация

скв. – скважина

гор. – горизонт

л.о. – линия ортов

л.ш. – линия штреков

шх – шахта

п/м – полиметаллическая

бог. – богатая (руда)

бал. – балансовая

заб. – забалансовая

о.л. – отдельная (обособленная) линза

зол. – золотосодержащие

медн. - медные

Введение

За последние десять лет, большинство специалистов пришли к выводу что объемы добычи и переработки полезных ископаемых стали сопоставимы с их запасами в земной коре. В связи с данной концепцией не удивительно что разведанные запасы многих видов сырья постепенно сокращаются. Особенно пессимистичны прогнозы геологов в отношении таких металлов, как серебро, олово, кобальт, медь, ртуть.

Основой сырьевого кризиса часто выступает не исчерпаемость того или иного минерально-сырьевого комплекса, но и стремление к селективной отработке богатых запасов. Однако по мере расходования их, переработке начинают подвергаться все более бедные, что по своей сути приводит к усложнению технологии и повышению себестоимости добычи металлов и, следовательно, к росту их цен на мировом рынке.

Среди разнообразных богатств, которые хранят в себе недра Земли, особенное значение имеют редкие и рассеянные металлы. Исключительная ценность редких металлов определяется тем, что они обладают свойствами, которые позволяют использовать их в очень важных областях промышленности, науки и техники. Большей частью рассеянные элементы находятся в форме изоморфной примеси в малых концентрациях в решетках других минералов и извлекаются попутно из отходов металлургических и химических производств [1].

В данной работе изложены представления об особенностях локализации оруденения, парагенетических минеральных ассоциациях золотосодержащих руд и условиях их образования.

В связи с этим решались следующие задачи: 1) установление корреляционной связи между благородными, цветными, редкими и рассеянными элементами; 2) выяснение морфоструктурной обстановки

рудолокализации путем минералогического картирования с отбором проб; 3) изучения минералов носителей и их типоморфных ассоциаций; 4) установления форм нахождения исследуемых элементов с привлечением спектрального анализа данных; 5) определение потерь исследуемых элементов в процессе технологического передела сырья.

Отдельное внимание уделено особенностям нахождения благородных, редких и рассеянных элементов в различных минералах и их парагенетических ассоциациях, слагающих золотосодержащие руды.

Несмотря на многолетнюю интенсивную отработку Риддер-Сокольного месторождения сведения о формах нахождения золота, а также редких и рассеянных элементов, характере и особенностях их распределения в рудолокализирующих структурах не получили должного объяснения на современном уровне. Последнее и достаточно обстоятельное изучение данного месторождения производилось в период с 1976 по 1978 г.г. Изучались в основном отрабатываемые в то время руды средних рудоносных уровней с 9 по 15 горизонты.

Объектом исследования выступали руды залежей: Быструшинской, Южного фланга Быструшинской, 3-ей Юго-Западной и Победа. Наибольший интерес представляет залежь «Победа» в связи со сложным геологическим строением и разнообразной локализацией рудных тел.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Открытие Ф. Риддером 31 мая 1786г. нового прииска, как и большинства алтайских рудников того периода, произошло по следам «чудских» разработок. Поощрявшиеся «Кабинетом ее императорского Величества» поиски привели вскоре к выявлению рядом с Риддерским Крюковского (1811г.) рудника, Филипповского (1817г.) прииска и Сокольного (1820г.) рудника.

Ранние сведения по геологии Риддерских месторождений, как и в целом по Алтайскому округу, весьма отрывочны и разрознены и характеризуют, главным образом, горнозаводское производство. Среди более поздних публикаций заслуживают внимания работы К.Гривнака, Г.Н.Майера и П.П.Пилипенко, касающиеся соответственно, вопросов геологии, генезиса и минералогии алтайских месторождений, в том числе и по району Риддера.

Первые поисковые работы послереволюционного времени по поручению Геолкома были начаты В.К Котульским с обобщения материалов дореволюционных разведок (1920-21гг.) и составления первой геологической карты окрестностей Риддера (1925г.) [19].

Начиная с 1926 года, силами геологоразведочного бюро (ГРБ) ведутся систематические разведочные работы. В 1929 году здесь же проводит работы геологоразведочная партия Геолкома под руководством П.П.Бурова, объединение которой с ГРБ в 1930г. значительно усилило геологическую службу. В 1932-40гг. под руководством Н.Н.Курека и П.П.Бурова произведена обработка старых и вновь полученных геологических материалов по Риддерскому району, результатом чего явилась монография указанных авторов «Риддерское рудное поле», не утратившая своей актуальности вплоть до 60-70-х годов [14].

В результате разведок довоенных лет Риддер-Сокольное месторождение вошло в разряд крупнейших в Союзе. В этот период открыты 1я и 2я Юго-

Западные, 2я Риддерская и Северо-Восточная (1932-33 годы), а также Быструшинская (1940г.) залежи. Во время войны выявлены 3я Юго-Западная (1943г.), 2я Иннокентьевская и залежь Победа (1944г.). В последующем были открыты Перспективная (1948г.) и Заводская (1951г.) залежи [19].

В послевоенный период изучение Риддер-Сокольного месторождения возобновляется в более широких масштабах. Наряду с разведочными работами до середины 50-х годов проводились исследования вещественного состава и минералогии руд (Б.Г. Вейц, Г.П. Болгов, И.В. Покровская) [6, 18], структурных и морфологических особенностей месторождений (К.Ф. Ермолаев) [17], геохимии редких и рассеянных элементов (А.Н.Литвинович) [15]. Обобщение материалов по стратиграфии и магматизму выполнено Г.Н. Щербой, выводы которого нашли подтверждение при последующих работах в пределах Лениногорского рудного поля.

Начатые в середине 50-х годов активные работы на более глубоких горизонтах основных залежей месторождения позволили геологической службе комбината выявить и разведать богатые и мощные руды медно-цинкового горизонта. Разведкой фланговых залежей ранее и сегодня занимается ТОО «Геолен» (ранее Лениногорская ГРЭ).

Вопросами минералогии полиметаллических и руд медно-цинкового горизонта занимался ИГН АН КазССР (И.В. Покровская, О.А. Ковриго) [16, 18]. Геохимическим процессам были посвящены работы А.Н. Литвинович (АО ИГН КазССР) [15]. Значительная часть изысканий касалась различных аспектов магматизма (К.Ф. Ермолаев, Б.Л. Чепрасов, В.В. Авдонин, О.А. Ковриго) [10], стратиграфии (В.В. Дубатов, М.С. Козлов), геолого-структурных особенностей (С.А. Сандомирский, В.И. Старостин, Б.Л.Чепрасов, А.П.Пронин и др.). Проблемы генезиса месторождения отражены в многочисленных статьях исследователей Рудного Алтая (Г.Н.Щерба, В.В.Попов, Г.Ф.Яковлев, И.В.Покровская, О.А.Ковриго, Ю.Ф.Олейник) [7].

Основополагающей работой этого периода по Риддер-Сокольному месторождению являлся геологический отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.08.1964 г., как результат наиболее полного обобщения и переосмысления геологических материалов, полученных в результате резкого увеличения добычных и горно-разведочных работ. Практически все основные положения этой работы по геолого-структурным особенностям распределения оруденения и его морфологии актуальны до настоящего времени.

Значительное место в исследованиях, выполненных на месторождении ИГН АН КазССР, ЦНИГРИ, КазИМС, Лениногорской геолого-тематической партией, занимали проблемы его золотоносности (К.Ф.Ермолаев, Х.Х.Куленов, К.А.Чекалова, И.З.Исакович, Х.А.Беспаев, О.А.Ковриго, Е.С.Рыльский и др.) [8, 21].

Реализация рекомендаций, полученных в результате обобщения и анализа материалов по Лениногорскому рудному полю, выполненного Лениногорской ГРЭ под руководством Н.Г.Сухарева, позволила в пределах фланговых залежей месторождения, в области контакта метаморфических сланцев с девонскими отложениями выявить и изучить новый уровень оруденения с концентрацией его в пределах залежей Глубокая, Новая, 2-я Северо-Восточная и Дальняя, а также открыть на восточном фланге рудного поля Ново-Лениногорское месторождение.

Научные исследования последнего периода (до прекращения их в начале 90-х годов) не так многочисленны, и имеют либо обобщающий характер по вопросам генезиса и условиям формирования месторождения (И.В. Покровская, О.А. Ковриго, В.В. Авдонин, В.Л. Дергачев, Н.И. Еремин) [11].

С целью восполнения выбывающих в процессе отработки запасов Риддер-Сокольного месторождения ТОО "Казцинк" решает задачи по оценке перспектив его флангов путём изучения перспективных участков, расположенных в контуре горного отвода. В течение более 15 лет поисково-оценочные работы на них на договорных началах выполняются ТОО "Геолен".

В период с 1997 по 2004гг. геологоразведочные работы были проведены: на юго-западном фланге Быструшинской залежи, на глубоких горизонтах 3 Юго-Западной залежи, на северных флангах Быструшинской и 2 Юго-Западной залежей, на юго-западном фланге залежи Победы, на Крюковской залежи. В 2005-2007 годах изучены юго-западный, западный, южный и северный фланги структур Быструшинской залежи, западный фланг структур Риддер-Сокольного месторождения, юго-восточные фланги залежей Перспективной и Победы, западный и северный фланги Долинного месторождения, западный фланг 2 Риддерской залежи. Изучение указанных структур было продолжено в 2011 году.

2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика, виды и объёмы работ

В основу методики работ положен комплексный минералого-геохимический анализ с использованием современных методов исследования минерального сырья. Пробирного, химического, спектрального, минералогического и обработки графоаналитического материала с применением компьютерных технологий.

В ходе работы были отобраны 58 задириковых и бороздовых проб. А также предварительно отобраны, изготовлены и проанализированы 24 аншлифов, из которых особое внимание было уделено шести образцам.

Изучение особенностей пространственного распределения благородных металлов и сопутствующих им цветных, редких и рассеянных элементов в различных типах оруденения внутри рудных залежей осуществлялось путем анализа материалов генерального подсчета запасов и отбора, специальных проб, которые анализировались на основные и попутные компоненты. Отбор и обработка проб осуществлялась по общепринятым методикам.

Определение участков для выборочного минералогического картирования, проводилось совместно с геологической службой РГОКа. Картирование заключалось в фотодокументации подземных горных выработках и проводилось с целью визуального выделения главных морфоструктурных типов оруденения в естественном залегании с отбором проб на различные виды анализов.

Аналитические работы выполнялись в различных лабораториях: пробирные, химические и спектральные и геохимические пробы анализировались РГОКом. Дробление и истирание геохимических, мономинеральных проб, изготовление аншлифов и их минераграфическое изучение проводилось в отделе ИГН г.Усть-Каменогорске.

3. ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Орогидрография

Риддер-Сокольное месторождение расположено в черте г. Риддер Восточно-Казахстанской области (рис. 3.1).

В орогидрографическом отношении оно находится в северо-восточной части Лениногорской котловины субширотной ориентировки. Абсолютные отметки данной впадины постепенно уменьшаются от 900-1000 м на северо-востоке до 650-700 м на юго-западе.

Основные залежи месторождения расположены в области нижнего течения рек Филипповки и Быструхи, прослеживаясь при этом от северо-западных отрогов сопки Риддерской на северо-западе до юго-восточных склонов г.Сокольной и верховий ручья Белкин на юго-востоке и от рек Хариузовки и Быструхи на юго-западе до юго-восточных склонов г.Риддерской и северо-восточных отрогов г. Сокольной на северо-востоке [23].

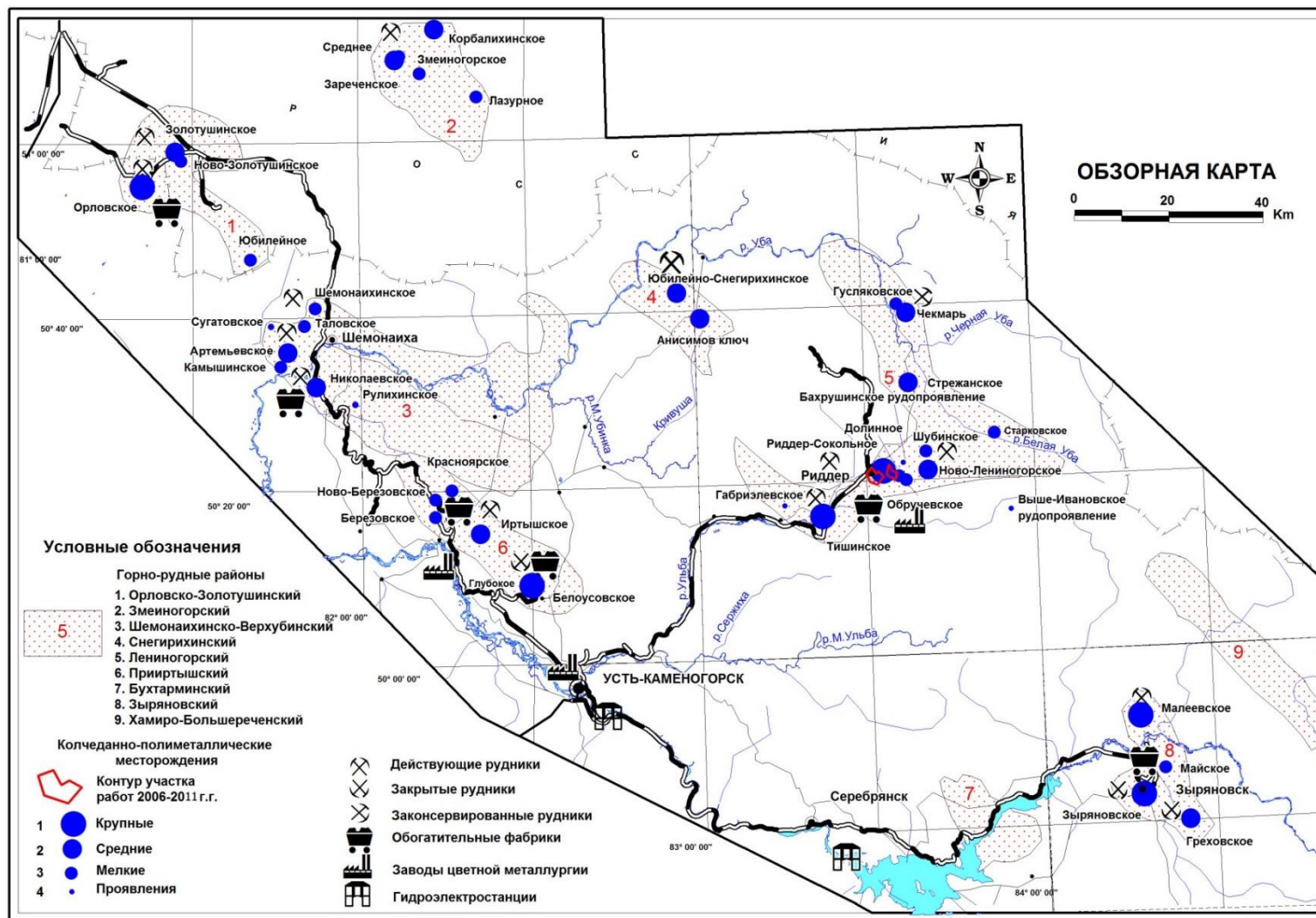


Рисунок 3.1. Обзорная карта района работ [23].

3.2 Климатические условия

Климат района резко континентальный с большими колебаниями суточных и годовых температур воздуха. Средние температуры наиболее холодного месяца (января) колеблются в пределах минус 13-19° Цельсия, минимум достигает -47°. Средние температуры самого жаркого месяца (июля) составляют 17-20° при максимуме +37°.

Среднегодовое количество осадков составляет 641мм и приходится, в основном, на теплый период года (апрель – октябрь, 83%). Глубина промерзания почвы обычно составляет 1,5 м, но в особо суровые зимы может достигать 1,7 м. Среднегодовая скорость ветра 2,6м/с, максимальная достигает 43 м/с. Район является сейсмически опасным. По прогнозным оценкам возможны землетрясения силой 6 баллов по шкале Рихтера [23].

3.3 Экономическое состояние района

Основу экономики г. Риддера составляет производство цветных и благородных металлов Риддерским ГОКом ТОО "Казцинк" из минерального сырья, добываемого подземным способом на Тишинском, Шубинском и Риддер-Сокольном месторождениях. Помимо рудников действуют также обогатительная фабрика по переработке и обогащению руд, цинковый завод, ремонтно-механический завод и ряд вспомогательных цехов (рис. 3.2).

Энергоснабжение города и его предприятий обеспечивается Бухтарминской ГЭС и Лениногорской ТЭЦ, входящими в систему ВК РЭК. Они же служили источниками энергии при проведении геологоразведочных работ в черте города и его окрестностях [26].

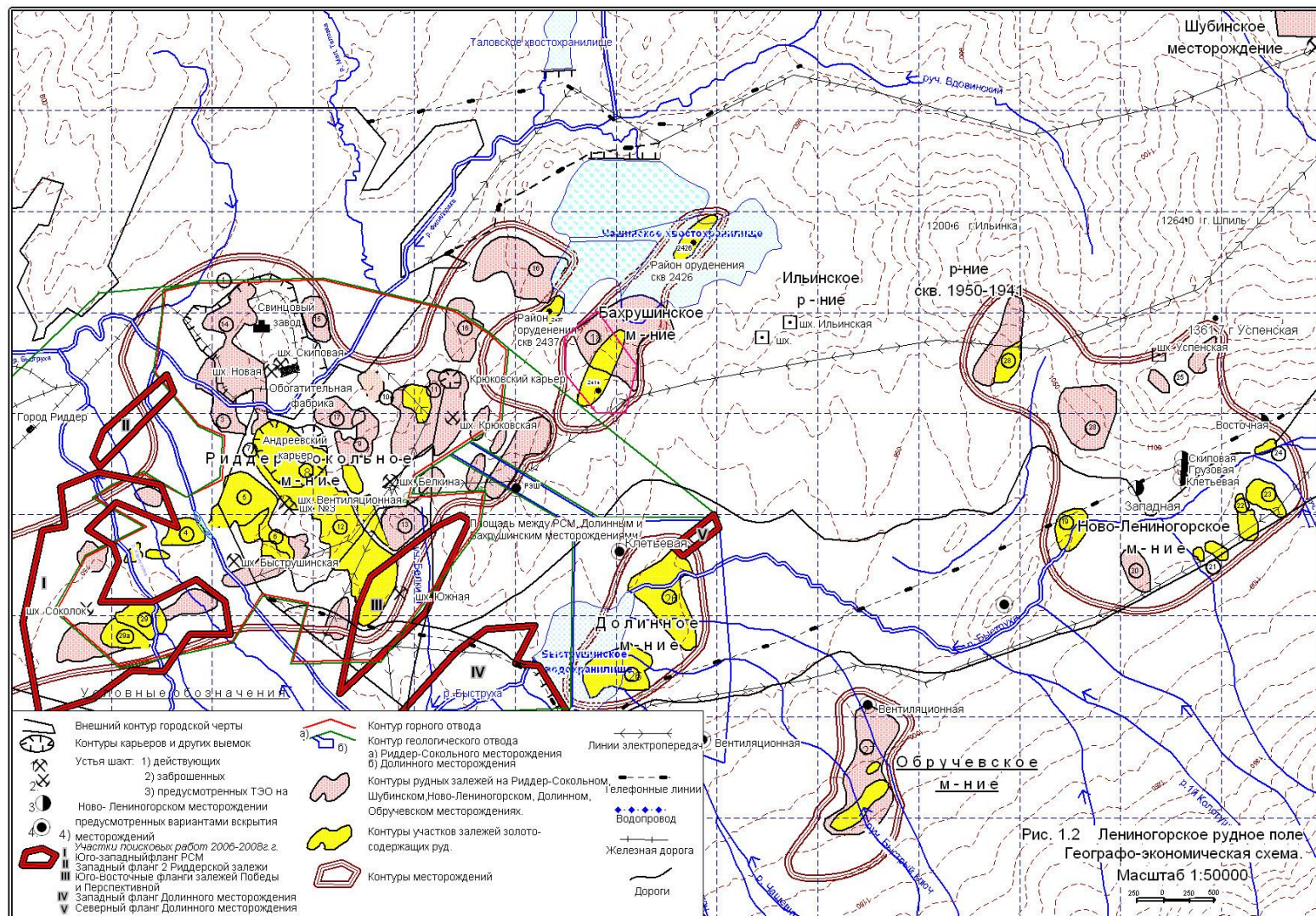


Рисунок 3.2. Географо-экономическая схема [26].

4. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

В геологическом строении исследуемого района принимают участие метаморфические породы нижнего палеозоя и вулканогенно-осадочные образования нижнего и среднего девона. Особенностью геологической структуры месторождения и в целом рудного поля является их слабая дислоцированность относительно сопряженных с ними геологических структур (Успенско-Карелинской с северо-востока и Бутачихинско-Кедровской с юго-запада зон смятия) и пологое ($5-15^{\circ}$) залегание геологических структур с погружением их к югу, юго-западу и юго-востоку от Риддер-Сокольного месторождения. На севере и северо-западе структуры рудного поля ограничены Северным надвигом, по которому на эрозионный срез выведены нижнепалеозойские метаморфические породы, прорванные гранитоидами Синюшинского комплекса. Северный надвиг имеет субширотное простирание, испытывая погружение на северо-запад под углом $35-40^{\circ}$. Амплитуда смещения вдоль поверхности надвига оценивается не менее 1,5-2,0 км (рис. 4.1) [7].

3.1 Стратиграфия

Геологический разрез Риддер-Сокольного месторождения и участков работ сложен геологическими образованиями (снизу вверх) заводской, лениногорской, крюковской, ильинской и сокольной свит.

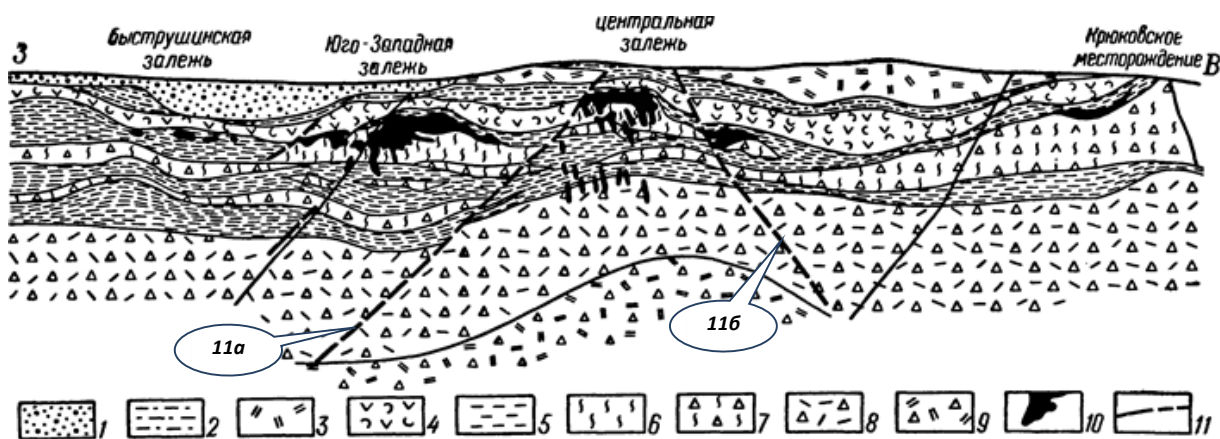


Рисунок 4.2: Схематичный разрез Риддер-Сокольного месторождения (по Чепракову Б.):

- 1 – четвертичные отложения; Сокольная свита: 2 – аргиллиты, песчаники; 3 – альбитофиры; Ильинская свита: 4 – туфы и лавы среднего и основного состава; Крюковская свита: 5 – алевропелиты; 6 – микрокварциты; 7 – вулканогенно-осадочные брекчии; Лениногорская свита: 8 – лавы кислого состава; 9 – брекчии; 10 – рудные тела; 11 – разломы: 11а – сброс скважин 50-53; 11б – сброс шахты Николаевская [17].

В основании разреза на всей площади месторождения и Лениногорского рудного поля залегают имеющие повсеместное распространение метаморфические породы заводской свиты верхнесилурийского-нижнедевонского возраста (S_2 - D_{1zv}). На эрозионный срез они выходят в северной части участка работ, где совместно с прорывающими их гранитоидами надвинуты на девонские породы.

Верхняя часть разреза свиты представлена метаморфизованными осадочными породами (песчаниками, алевролитами, гравелитами), в которых ещё прослеживаются реликты слоистости, но более отчётливо выражены плоскопараллельные текстуры метаморфического генезиса. Мощность этой части разреза 150-200м. Ниже, постепенно нарастает степень метаморфизма, и толща приобретает монотонно-однообразное строение. Представлена метаморфическими породами переменного эпидот-кварц-альбит-карбонат-

хлоритового состава тонкозернистого, чешуйчатого, полосчатого строения. Общая мощность свиты по скважине №2215 достигает 1300м. Другими поисковыми скважинами изучена верхняя часть разреза свиты мощностью 150-200 метров, где она является рудовмещающей для полиметаллического и медно-цинкового оруденения залежей 2-й Северо-Восточной, Новой, Глубокой и Дальней (4 горизонт рудолокализации).

В основании нижнедевонских отложений, которые перекрывают метаморфические породы заводской свиты, залегают осадочно-пирокластические и туфогенно-осадочные породы *лениногорской свиты* (D₁ln). В нижней части преобладают чередующиеся кварц-полевошпатовые и полимиктовые гравелитистые песчаники, алевролиты известково-глинистые и кремнисто-глинистые, слагающие горизонт мощностью от 0 до 50-80 метров. Выше залегают туфопесчаники, туфогравелиты, чередующиеся с прослоями кристалло-витрокластических и пизолитовых туфов кислого состава. Верхняя часть свиты сложена переслаивающимися глинисто-кремнистыми алевролитами, алевропесчаниками, разномиктовыми полимиктовыми песчаниками, вулканомиктовыми гравелитами. Общая мощность свиты изменяется от 50м до 315м. Порода свиты являются рудовмещающими для части жильно-штокерного оруденения 2 и 4 горизонтов рудолокализации, выделенных на месторождении.

Выше разрез представлен образованиями *крюковской свиты* нижнего девона (D₁kr). Крюковская свита подразделяется на две пачки: нижнюю и верхнюю. Нижняя пачка сложена вулканомиктовыми гравелитами кислого состава, обломочная фракция которых (размером от мм до нескольких десятков см) состоит из продуктов разрушения нижележащих образований лениногорской свиты, сцементированных кремнистым, кремнисто-глинистым или углисто-глинистым цементом. В составе обломков распространены туфогенные породы кислого состава, кварц-полевошпатовые метасоматиты, порфириды. Верхняя пачка крюковской свиты сложена преимущественно

алевролитами с прослоями песчаников и гравелитов. Среди осадочных пород повсеместно встречаются прослои, жилообразные тела и линзы гидротермально-осадочных, гидротермально-метасоматических пород, микрокварцитов, серицитовых кварцитов, серицито-кварцевых пород пятнистой, брекчиевой и полосчатой текстур, часть которых сформировалась за счёт лавовых и брекчиевых эффузивно-пирокластических образований с сохранившимися реликтами флюидальной и брекчиевидно-флюидальной текстур [17].

Алевролиты в составе крюковской свиты развиты повсеместно, как на месторождении, так и на участках проведенных работ. В нижней части верхней пачки свиты залегают алевролиты слоистые, углисто-кремнистые, известково-углистые, имеющие от темно-серого до черного цвета. Средняя часть пачки представлена ритмичным переслаиванием кремнистых и известковистых, в разной степени доломитизированных алевролитов и тонкозернистых песчаников. Установлено также большое количество неравномерно распределенных извилистых, ветвящихся кварц-карбонатных прожилков, объём которых достигает 30% от общего. Характерной особенностью этой части разреза является наличие тонкозернистого сингенетического пирита, образующего рассеянную вкрапленность и скопления в виде линз, желваков, конкреций.

Разрез крюковской свиты завершают известковистые и кремнистые алевролиты пепельно-серого и серого цвета, которые образуют довольно выдержанный и уверенно прослеживаемый горизонт (пачка "5") мощностью от нескольких метров до 50-60м.

Общая мощность отложений крюковской свиты на месторождении и на участках работ составляет около 560 метров.

Образования *ильинской свиты* ($D_{1-2}il$) с размывом перекрывают рудовмещающие породы крюковской свиты и характеризуются значительной

пестротой и фациальной изменчивостью состава. В разрезе свиты преобладают пестроцветные и зеленоцветные – вулканомиктовые гравелиты, туфы смешанного состава и туффиты, переслаивающиеся с песчаниками, кремнистыми алевролитами, яшмовидными кремнистыми породами, среди которых присутствуют в небольшом объёме известковистые алевролиты и линзы органогенных известняков. Мощность свиты от 50 до 100м. Её увеличение происходит за счёт присутствия в разрезе свиты диабазов, андезито-базальтовых порфиритов и их брекчий [13].

Верхняя часть геологического разреза представлена осадочными отложениями *сокольной свиты* (D_{2sk}). В её составе преобладают слабо известковистые углисто-глинистые алевролиты тёмно-серого цвета, среди которых распространены прослои кремнистых алевролитов, песчаников и гравелитов. В нижней части свиты на значительной части площади прослеживается горизонт известковистых алевролитов светло-серого цвета, содержащих органогенные остатки, представленные большей частью криноидеями.

К нижней части свиты приурочены тела субвулканических кварцевых альбитофиров (кератофиров) и диабазов.

Завершают разрез *четвертичные отложения*, которые практически повсеместно перекрывают породы палеозоя. Они представлены преимущественно валунно-галечниковыми отложениями с прослоями глин, песков, суглинков аллювиальных фаций древних русел. Мощность их изменяется от первых метров на возвышенных участках до 90-130м в понижениях рельефа и вдоль палеодолин рек Быструхи и Хариузовки [11, 13].

3.2 Интрузивные образования

Интрузивные и субвулканические образования кислого и основного состава распространены на всей площади участка работ. Гранитоиды Синюшинского массива (γD_{1-2}) выведены на эрозионный срез в северо-западной части площади. Они представлены краевой частью массива, в составе которой преобладают плагиограниты и гранодиориты, биотитовые граниты серой, розовато-серой окраски, среднезернистой или порфировидной структуры.

Субвулканические образования по составу представлены телами кислого и основного состава. Кислые субвулканические тела ранне- и среднедевонского возраста распространены большей частью в пределах разрезов лениногорской и сокольной свит, реже отмечаются в крюковской и ильинской свитах. Они представлены кварцевыми альбитофирами, фельзитовидными афировыми альбитофирами и липарито-дацитами. Мощность тел от нескольких метров до десятков и сотен метров. Характерным признаком этих пород является многообразие разновидностей, обусловленное текстурно-структурными особенностями. Среди них встречаются массивные, полосчатые, брекчиевидные, туфовидные разновидности [11].

Субвулканические образования основного состава представлены андезито-базальтовыми порфиритами ($\alpha\beta\pi D_{1-2}$) массивной или миндалекаменной текстуры, мелкокристаллической или порфировой структуры. Встречаются они в основном в разрезе ильинской свиты или в верхних горизонтах разреза крюковской свиты. Субвулканические андезито-базальты образуют субсогласные линзовидные залежи мощностью до 45-70 метров. В них иногда отмечаются проявления прожилково-вкрапленной сульфидной (полиметаллической) минерализации, которая связана с поздними процессами незначительного переотложения рудного вещества.

Крупные по мощности и протяженности тела диабазов, габбро-диабазов и диабазовых порфиритов нижнекарбонового возраста залегают в верхних частях девонского разреза среди образований ильинской и сокольной свит,

занимают слабосекущее (под острыми углами) положение по отношению к напластованиям и пересекают контакты свит.

Диабазы имеют темно-зеленый цвет, неравномерно хлоритизированы, эпидотизированы, иногда содержат миндалины карбоната, эпидота округлой формы диаметром 0,2-1,0см, занимающие до 5% объема породы. Миндалекаменные текстуры более характерны для диабазов, слагающих тела нижне-среднедевонского возраста, расположенные в виде "зонты" над контурами пологозалегающих линз рудного тела № 1 на западном фланге Быструшинской залежи и, в отдельных участках залежи «Соколок».

На месторождении и на его флангах фиксируются дайки андезитовых порфиритов светло-зеленовато-серого цвета. По данным наблюдений в горных выработках месторождения, они пересекают все породы и руды и являются одними из наиболее поздних образований.

Как правило, вблизи даек отмечается проявление золотого оруденения с повышенными концентрациями, что может указывать на более позднее поступление золота и наложение его на ранее образованные полиметаллические руды [19, 21].

3.3 Тектоника

Лениногорское рудное поле, в структурах которого расположено Риддер-Сокольное и другие месторождения, а также участки проведенных работ, представляет собой крупный тектонический блок, в своем основании сложенный метаморфизованными породами верхнесилурийского – нижнедевонского возраста и вулканогенно-осадочными образованиями нижнего и среднего девона. В региональных структурах района этот блок в виде жёсткой глыбы находится в ядерной части Синюшинского антиклинория. Отличительной чертой этого блока является пологое, субгоризонтальное залегание слагающих его толщ и относительно слабая их дислоцированность,

по сравнению с сопряженными блоками, представляющими собой зоны смятия (Бутачихинско-Кедровской - на юго-западе и Успенско-Карелинской – на северо-востоке) с крутым (до близвертикального и опрокинутого) залеганием пород. На севере и северо-западе границей рудного поля является Северный надвиг, сопрягающийся с Босяковским сбросом, на юге - Обручевский взброс.

В пределах рудного поля выделяются три основные плекативные структуры северо-восточного простирания: Северная и Южная антиклинали и Центральная синклиналь, оси которых занимают ортогональное положение по отношению к оси Синюшинского антиклинория.

Практически во всех случаях эффузивно-брекчиевые породы подверглись проявлению интенсивного гидротермального метаморфизма и превращены в серицито-кварцевые и кварцевые метасоматиты, сопровождающиеся проявлением неравномерной рассеянной сульфидной минерализации [16].

3.4 Метаморфизм

В пределах изучаемых участков, также, как и на рудном поле в целом, интенсивно и неравномерно проявлены процессы метаморфических изменений вулканогенно-осадочных пород. Наложение разных типов метаморфизма затрудняет выделение отдельных его фаций и выявление зональности.

Процессы регионального метаморфизма более заметны в разрезе вулканогенных отложений среднего и основного состава (ильинская свита) и выражены в альбитизации полевых шпатов, разложении темноцветных минералов с образованием альбит-эпидот-хлорит-карбонат-лейкоксен-пиритовой низкотемпературной ассоциации [6].

Контактовый метаморфизм отмечен на контактах нижнекарбоновых интрузий порфиритов с вмещающими осадочными отложениями сокольной свиты в виде осветления и частичной перекристаллизации пород, с проявлением узловато-пятнистых текстур и новообразований хлорита, эпидота, актинолита, альбита. Зоны контактовых роговиков имеют незначительную мощность – от 0,1-0,3м до 2-3м.

Локальное проявление рассланцевания и милонитизации пород установлено вблизи тектонических разломов. По скважинам в различных частях разрезов фиксируются многочисленные зоны интенсивной трещиноватости, дробления, зеркала скольжения, свидетельствующие о наличии тектонических подвижек пород, амплитуды которых достигают от 3-5 до 30-40 метров.

Гидротермально-осадочные образования отмечены преимущественно в отложениях ильинской, реже крюковской и сокольной свит и имеют локальный характер. Представлены они колломорфным кремнистым веществом с примесью пелитового, алевроитового и псаммитового материала, включающего линзы, пятна и полосы, сложенные мелкочешуйчатым агрегатом хлорита и серицита.

Гидротермально-метасоматические образования носят как площадной, так локальный характер и наиболее широко развиты среди отложений крюковской свиты в её верхней и средней частях. Процессам гидротермально-метасоматических преобразований подверглись как пачки туфогравелитов, так и тонкообломочные осадочные породы, а также тела липаритовых порфиров и их брекчий с образованием серицито-кварцевых, карбонат-серицито-хлорито-кварцевых пород, кварцитов. При метасоматозе происходит частичное или полное замещение первичных породообразующих минералов с сохранением текстурно-структурных особенностей пород (флюидалности, полосчатости, слоистости, брекчиевидных или массивных текстур), проявление порфиризации [11].

Локально проявленные метасоматиты тесно ассоциируют с оруденением полиметаллического и золотополиметаллического состава.

Доломитизация в алевролитах наиболее широко распространена в верхних и средних частях тонкообломочной осадочной толщи крюковской свиты. Проявлена она очень неравномерно и является результатом перекристаллизации и перегруппировки первичного карбоната, характерного для этих пород крюковской свиты. В колонне метасоматических образований, сопровождаемых сульфидное оруденение, доломитизированные породы занимают верхнее положение, сменяясь на глубину интенсивно окварцованными (до кварцитов) породами, а по латерали переходят в доломит - серицито - кварцевые метасоматиты.

Горизонты повышенной доломитизации сопровождаются также проявлением окварцевания, серицитизации, рассеянной пиритизации, а иногда гнездами сульфидов: галенита, сфалерита, реже — халькопирита с образованием залегающих согласно с напластованием рудных тел полиметаллического, иногда с повышенными содержаниями золота [6, 16].

3.5 Гидрогеологические условия месторождения

Залежь Быструшинская расположена на западном фланге Риддер-Сокольного месторождения в пределах современной долины реки Быструхи и древней долины реки Филипповки. В гидрогеологическом строении залежи принимают участие два водоносных комплекса - порово-пластовых вод в рыхлых четвертичных аллювиальных отложениях и воды зоны открытой трещиноватости скальных палеозойских пород (регионально-трещинные и трещинно-жильные).

Рыхлообломочная водоносная толща четвертичных отложений мощностью до 120м представлена валунно-гравийно-галечниками с

песчаным, в различной степени заглинизированным заполнителем, с прослоями суглинков и глин.

Воды зон открытой трещиноватости палеозойских пород (Pz) подразделяются на регионально-трещинные и трещинно-жильные. Регионально - трещинные воды распространены в зоне экзогенного выветривания коренных пород мощностью в среднем 40-50м. Трещинно-жильные воды функционируют в нижней гидрогеодинамической зоне затрудненного водообмена, имеют локальное распространение и приурочены к узким линейно вытянутым участкам горного массива - к тектоническим трещинам, дайковым фациям, зонам дробления, контактам руд и вмещающих пород [29].

Поступление подземных вод в горные и буровые выработки осуществляется в основном за счет трещинно-жильных вод, ресурсы которых восполняются за счет перетекания из регионально-трещинного водоносного горизонта, а последние, в свою очередь, получают питание за счет дренажа из четвертичного водоносного комплекса на участках непосредственного залегания водовмещающих отложений на скальных выветрелых породах.

Массив горных пород между толщей водоносных четвертичных отложений и участком работ представлен слабопроницаемыми скальными породами: алевропелитами, микрокварцитами, туфами, которые в свою очередь выполняют роль водоупора. Поэтому питание трещинно-жильных вод осуществляется на отдельных участках непосредственного выхода зон повышенной трещиноватости и дробления в подошву зоны выветривания коренных пород. Вследствие этого обводненность горных выработок на залежи является неравномерной как по протяженности обводненных интервалов, так и по интенсивности водопроявлений.

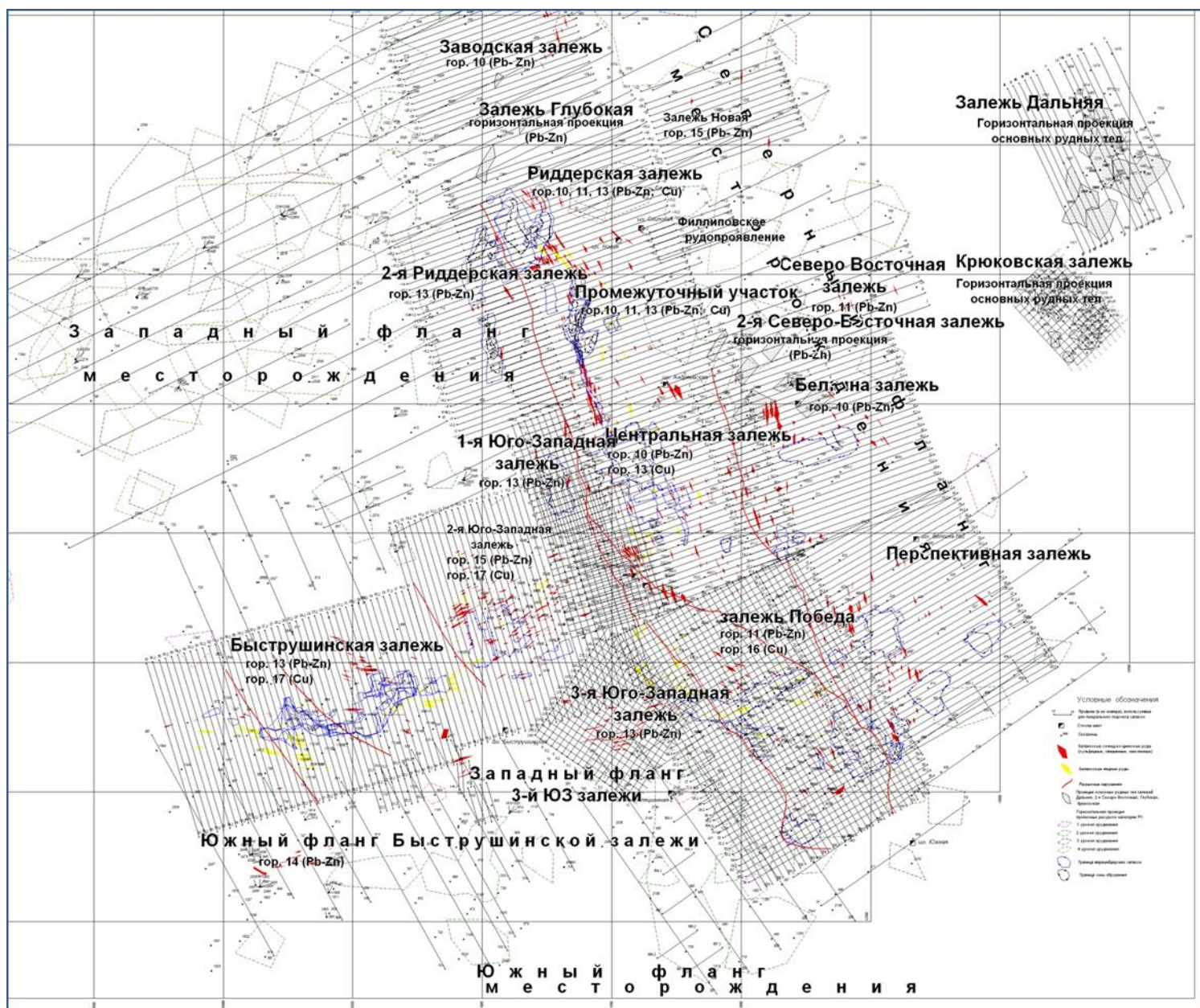


Рисунок 4.3. Залежи Риддер-Сокольного месторождения [24].

Залежь Победа занимает юго-восточную часть Риддер-Сокольного месторождения, в геоморфологическом отношении - часть Срединного низкогорного массива, являющегося водоразделом между реками Филипповка и Быструха. С запада и востока залежь ограничивается сбросами скважин «50-53» и «шахты Николаевская». Природные гидрогеологические условия и характер формирования водопритока на залежи Победа являются простыми. Питание трещинных вод осуществляется исключительно за счёт атмосферных осадков, а склоновое положение участка в рельефе определило значительное превышение поверхностного стока над подземным. Отсутствие постоянного

источника питания, низкая трещинная пустотность пород, обусловили их слабую обводнённость, вследствие чего, естественные запасы и ресурсы подземных вод в пределах залежи крайне незначительны [24].

Залежь Перспективная находится на юго-востоке Риддер-Сокольного месторождения.

В плане поверхности она расположена в пределах междуречного Срединного массива под юго-восточным склоном с. Сокольной в долине Белкинского ручья. Ручей является правым притоком р. Быструхи, имеет сезонный характер функционирования, что связано с формированием его атмосферными осадками.

Четвертичные отложения, имеют широкое распространение, включают лессовидные суглинки мощностью 6,5-45м и глины, встреченные в долине ручья и на юге залежи, мощностью 15,6-47,9м.

Воды спорадического распространения в лессовидных суглинках, имеющих коэффициенты фильтрации меньше 0,05м/сут, питаются инфильтрационными водами атмосферных осадков, уровни находятся на глубинах 0,5-10м.

Трещинные воды подразделяются на воды, приуроченные к зоне выветривания пород, и воды тектонических трещин и локальных зон трещиноватости. В зоне выветривания мощностью 25-45м функционируют грунтовые воды, питание которых происходит перетеканием вод спорадического распространения суглинков и инфильтрацией вод атмосферных осадков. Разгрузка трещинно-грунтовых вод осуществляется в зону обрушения залежи и у подножья южного склона с. Сокольной в долине ручья Белкинский. Кварцевые альбитофиры в зоне выветривания обладают высокими водопрводящими свойствами, коэффициенты фильтрации составляют 3,82-6,10м/сут. Ниже по гидрогеологическому разрезу отмечаются трещинно-жильные воды, питающиеся перетеканием трещинно-грунтовых

вод и имеющие ограниченные естественные запасы и ресурсы. Наиболее трещиноватыми породами на участке являются туфы и кварцевые альбитофиры. В целом породы ниже зоны выветривания слабо водообильны и обладают низкими водопроводящими свойствами.

Гидрогеологическое строение района и фильтрационные свойства отложений обуславливают слабую обводненность шахтных выработок при условии сохранения надрудной толщи девонских и четвертичных пород в естественном состоянии [40].

5. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД

Основные черты геологического строения и особенности оруденения Риддер-Сокольного месторождения свидетельствуют о его полигенном и полихронном характере. Взгляды на генезис месторождения изложены в

работах многочисленных авторов и сводятся в основном к двум положениям. Согласно первому образование руд месторождения связывают с дериватами Змеиногорского интрузивного комплекса – кварцевыми альбитофирами; по второму этот процесс увязывается с очагами девонского вулканизма. Последней точки зрения в настоящее время придерживается большинство геологов.

Руды Риддер-Сокольного месторождения, являются типичными полиметаллическими с преобладанием цинка над медью и свинцом и соотношением металлов Cu:Pb:Zn, равным 1,2:1:2,4 [18].

Состав руд месторождения отличается от руд других полиметаллических месторождений повышенным содержанием золота и серебра и большим разнообразием генетических типов. Различные типы руд отличаются в основном соотношением главных рудных и нерудных минералов: сфалерита, галенита, халькопирита, пирита, кварца, карбоната, барита, серицита, фенгита [6].

Наиболее распространенным минералом в рудах Риддер-Сокольного месторождения является **сфалерит**, в котором установлены: железо (от десятых долей до 2,3%), кадмий (0,16-0,7%), висмут (тысячные доли %), селен (0,0007-0,01%), теллур (0,0003-0,001%), серебро (0,0003-0,001%), марганец (сл.-0,7%), таллий (сл.-0,01%), кобальт (сл.-0,02%), спорадические - золото, германий. Максимальные количества селена, теллура и висмута характерны для сфалерита из медных руд (0,01, 0,001 и 0,0012%), минимальные - в минерале слоистых руд.

Галенит – главный минерал в полиметаллических и свинцово-цинковых рудах месторождения.

По результатам спектральных анализов галенит по сравнению с другими минералами наиболее обогащен серебром (0,01-0,29%), висмутом (0,0006-0,047%), селеном (0,0008-0,08%), теллуrom (0,0006-0,014%). Наибольшее количество серебра установлено в галенитах слоистых, медно-цинковых и

золотосодержащих руд; висмута, селена, теллура много в галените медно-цинковых, барит-полиметаллических и сульфидно-серицитовых руд [15].

В галените постоянно присутствуют сурьма (от сотых долей до 0,27%), кадмий (тысячные доли %), марганец (сотые-тысячные доли %), молибден (тысячные-десяти-тысячные доли %), в ряде проб установлены ртуть, золото, таллий, индий.

Халькопирит - главный рудный минерал нижнего продуктивного уровня.

В халькопирите присутствуют: висмут (0,0001-0,019%), селен (0-0,19%), теллур (0-0,03%), серебро (0,001-0,019%), марганец (0,001-0,02%); в медных рудах - молибден (сл.-0,002%), спорадически - таллий (0,0001-0,0007%), индий (0,001-0,002%), ртуть (0,00005-0,0000934%), золото (0,05-5,0 г/т) и др. Висмут, селен и теллур в халькопиритах стремятся преимущественно к нижнему уровню оруденения.

Пирит - «сквозной» минерал на месторождении. Он встречается во всех типах руд, хотя в целом развит довольно незначительно, является главным рудным минералом в жильных и прожилково-вкрапленных серно- и медно-колчеданных рудах, второстепенным - в слоистых и прожилково-вкрапленных полиметаллических, медных рудах.

Из элементов-примесей для пирита характерны: серебро (первые г/т), висмут, селен, теллур (десятичные доли % в свинцово-цинковых и сотые-тысячные доли % в медно-цинковых рудах) [3].

Блеклая руда - редкий минерал на месторождении. По данным И. В. Покровской и Б. И. Вейц, состав блеклых руд колеблется в пределах (%): Cu - 30,27-37,8; Fe - 1,1-5,7; Zn - 4,9-7,94; Cd - 0,08-1,7; Sb - 13,99-29,25; Ag - 0,42-9,36; S - 23,6-26,8.

В верхней части месторождения преобладают тетраэдриты с высоким содержанием серебра (1,9-3,52%) и цинка (4,9-7,9%), на глубине - цинк- и железосодержащие тетраэдриты.

По спектральным анализам в блеклых рудах установлены: золото(0,001-0,009%), кадмий(0,002-0,2%), ртуть (сл.-0,03%), марганец(0,003-0,007%).

Сопутствующие элементы

Руды месторождения наряду с золотом, серебром, кадмием, селеном, теллуrom содержат также мышьяк, сурьму, висмут, молибден, таллий, германий, индий, галлий, кобальт, никель, рений, ртуть [4].

Золото - один из компонентов (минералов), имеющих большое промышленное значение, встречается во всех типах руд месторождения, но больше всего распространено в барит-полиметаллических разностях и в малосульфидных золотосодержащих кварцевых жилах. Основная масса золота находится в свободном состоянии в самородном виде и лишь небольшое его количество присутствует в форме электрума, силъванита и калаверита; а также концентрируется в халькопирите, тетраэдрите, сфалерите, галените, пирите. В парагенетической связи с сульфидами золото встречается как в самих рудных минералах в виде мелких неправильных зёрен и каплевидных включений, так и выполняет межзёрновые пространства, образуя петельчатые скопления или тончайшие нитевидные жилки и зёрнышки, часто концентрирующиеся по периферии зёрен сульфидов [17].

Специфической особенностью золотосодержащих сульфидных ассоциаций является тесная парагенетическая связь самородного золота с теллуридами висмута и свинца. Установлена особо тесная связь золота с кварцем, который в различной степени подвергнут бластезу. Золото в рудах отлагалось совместно с серебром, поэтому корреляционные связи этих компонентов руд положительные и довольно устойчивые. Проведённый анализ распределения золота по простиранию и падению рудных жил

свидетельствует о крайне неравномерном распределении металла в пространстве.

Размер выделений золота колеблется от первых микрон до 0,012-0,12мм. Сравнительно крупное (0,01-0,05мм) золото характерно для сульфидных жильных руд, где оно тесно связано с главными сульфидными минералами. В сульфидных, существенно кварцевых рудах преобладает тонкозернистое (0,007-0,02мм) и дисперсное золото, которое устанавливается только электронной микроскопией. Часть пылевидного золота с размером частиц 1-10мк и менее, установленная фазовым анализом, как сульфидная, не подтверждается микроскопическими исследованиями [6].

Серебро также тяготеет к верхнему уровню, где концентрируется, изоморфно находясь в галените и блёклой руде, а также в виде самородной формы, электрума и гессита.

Кадмий изоморфно входит в сфалерит (0,2-0,5%), цинкосодержащие блёклые руды (0,04-0,6%) и постоянно устанавливается также в галените (0,001-0,05%).

Селен изоморфно замещает серу в сульфидах (галените).

Теллур и висмут (большая часть их) образуют собственные минералы, частично связаны с галенитом.

Сурьма и мышьяк связаны, в основном, с блёклыми рудами; **галлий, германий, индий** - со сфалеритом, серицитом, хлоритом; **таллий** - с пиритом.

Остальные элементы-примеси четкой связи с рудообразующими минералами не обнаруживают, поскольку характеризуются низкими содержаниями в рудах.

Таблица 5.1 – Минералогический состав руд Риддер-Сокольного месторождения [6].

Зона	По степени распространения	Рудные минералы	Нерудные минералы
Сульфидных руд	Главные	Галенит, сфалерит, пирит, халькопирит	Доломит, кварц, серицит, фенгит
	Второстепенные	Блеклая руда, золото, серебро, тетраэдрит, фрейбергит, зандбергит, пирит тонкодисперсный	Альбит, анкерит, гидрофенгит, кальцит, прохлорит, рипидолит, хлорит, барит, эпидот
	Редкие	Алтаит, гематит, гессит, марказит, молибденит, пирсеит, рутил, золото, серебро, электрум, стефанит	Олигоклаз, прохлорит, гипс, глиноземистый, клевеландит, клинохлор, корундофиллит, магнезит, мусковит, углистое вещество, флюорит, амезит, афросидерит, ломонтит, метахлорит, микроклин
	Весьма редкие	Акантит, арсенопирит, висмут, висмутин, калаверит(?), петцит, теллуру-висмутит, теннантит, энаргит, борнит, сильванит, вюртцит	Брейнерит, пеннин, рутил, сидерит, тальк, антигорит, пренит, тремолит
Вторичного сульфидного обогащения	Главные	Ковеллин, халькозин	
	Второстепенные	Лимонит, акантит, самородная медь	
	Редкие	Борнит, золото, серебро, электрум	
Окисления	Главные	Лимонит, монгеймит, малахит, смитсонит, церуссит	
	Второстепенные	Азурит, ярозит	
	Редкие	Англезит, герерит, гетит, золото, каламин, квенселит, куприт, медь, серебро, хризоколла	Кальцит, каолинит
	Весьма редкие	Аурихальцит, биверит, браунит, брошантит, гидрогематит, гидроцинкит, гидроцеруссит, госларит, кераргирит, танганит, медь, миметизит, пиролюзит, плюмбоярозит, псиломелан, серебро, скородит, тенорит, фосгенит, хризоколла	Алунит, галлуазит, гипс, опал, халцедон

Таблица 5.2 – Минералы элементов-спутников полиметаллических руд [15].

№ № п/п	Номер аншлафа	Минерал формула	Парагенетическая минеральная ассоциация
1	Б-032	ГЕССИТ $(\text{Ag}_{1.97}\text{Cu}_{0.03}\text{Fe}_{0.02}\text{Si}_{0.02})_{2.04}\text{Te}_{0.96}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
2	Б-032	ВИСМУТ САМОРОДНЫЙ	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
3	Б-072-2	ТЕЛЛУРОВИСМУТИТ $(\text{Bi}_{2.05}\text{Ag}_{0.02})_{2.07}\text{Te}_{2.93}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
4	Б-026-2	ТЕТРАДИМИТ $(\text{Bi}_{2.02}\text{Ag}_{0.05}\text{Cu}_{0.02})_{2.09}\text{Te}_2(\text{S}_{0.68}\text{Se}_{0.23})_{0.91}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
5	Б-095-2	ТЕТРАДИМИТ $(\text{Bi}_{1.9}\text{Pb}_{0.09})_{1.99}(\text{Te}_{1.85}\text{Se}_{0.08})_{1.93}\text{S}_{1.08}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
6	Б-095-2	ТЕТРАДИМИТ $\text{Bi}_{1.98}(\text{Te}_{1.91}\text{Se}_{0.08})_{1.99}\text{S}_{1.03}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
7	ЗЮЗ-039-13	ТЕТРАДИМИТ $(\text{Bi}_{1.72}\text{Pb}_{0.22}\text{Cu}_{0.02}\text{Ni}_{0.03})_{1.99}(\text{Te}_{1.5}\text{Se}_{0.30})_{1.8}\text{S}_{1.21}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
8	Б-026-2	ТЕЛЛУРОТОЗЕИТ $(\text{Bi}_{3.77}\text{Ag}_{0.09}\text{Cu}_{0.08})_{3.94}(\text{Te}_{1.37}\text{Se}_{0.65})_{2.02}\text{Si}_{1.04}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
9	ЗЮЗ-039	ТЕЛЛУРОТОЗЕИТ $\text{Bi}_{4.01}\text{Te}_{1.99}(\text{S}_{0.47}\text{Se}_{0.53})_{1.0}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
10	Б-095-2	ПИЛЬЗЕИТ $(\text{Bi}_{3.83}\text{Ag}_{0.04}\text{Pb}_{0.01})_{3.88}(\text{Te}_{2.84}\text{S}_{0.14}\text{Se}_{0.14})_{3.0}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
11	ЗЮЗ-039	ХЕДЛЕЙИТ $(\text{Bi}_{1.79}\text{Zn}_{0.16})_{1.95}(\text{Te}_{0.9}\text{Se}_{0.15})_{1.05}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
12	П-049-4	АЛЕКСИТ $(\text{Pb}_{0.74}\text{Ag}_{0.05})_{0.79}\text{Bi}_{2.19}\text{Te}_{1.84}(\text{S}_{1.46}\text{Se}_{0.72})_{2.18}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
13	ЗЮЗ-039	БУРСАИТ $(\text{Pb}_{3.72}\text{Ag}_{0.43}\text{Cu}_{0.34}\text{Zn}_{0.56})_{5.05}\text{Bi}_{3.82}(\text{S}_{10-72}\text{S}_{0.41})_{11,13}$	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит

14	ЗЮЗ-039-13	БУРСАИТ (Pb _{4.07} Cu _{0.43} Ag _{0.83} Zn _{0.19} Ni _{0.04}) _{5.11} (Bi _{3.67} Sb _{0.7}) _{4.04} (S _{10.27} Se _{0.58}) _{10.85}	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
15	ЗЮЗ-039-13-1	БУРСАИТ (Pb _{3.57} Ag _{1.05} Cu _{0.02}) _{4.64} Bi _{4.11} (S _{10.20} Se _{1.0}) _{18.25}	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
16	Б-032-11	БУРНОНИТ Pb _{1.03} Cu _{0.91} Sb _{0.98} S _{3.08}	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
17	Б-032-11	БУРНОНИТ Pb _{0.97} Cu _{0.94} Sb _{0.98} S _{3.11}	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит
18	ЮБ-018-2	Сульфид свинца неизвестный в справочной литературе Состав, (%): Pb-54,53 Ag-0,89 Bi-2,54 Fe-1,22 Sb-1,68 S – 39,13	Кварц-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-золото-серицит-хлорит-доломит

Примечание: Состав минералов определялся на микрозонде (операторы Левин В.Л., Котельников П.Е.) в ИГН им. К.И.Сатпаева

Текстуры и структуры руд

Руды рассматриваемых залежей образованы в основном путем заполнения разнообразных по форме и размерам крутопадающих трещин (Приложение Б, рис. 4.8; рис. 4.9; рис. 4.11; рис. 4.18), зон дробления (Приложение Б, рис. 4.17; рис. 4.19), в меньшей степени полостей и иногда метасоматического развития в боковых породах. Способом отложения обусловлен текстурный облик руд. Мелкие трещинки обычно беспорядочно или попеременно заполнены рудными и нерудными минералами, а в более крупных, по жильному выполнению выделяются полосчатые, брекчиевидные, пятнистые (гнездовые) вкрапленные, прожилковые и петельчатые текстуры [18].

Полосчатые золото-кварц-сульфидные жилы представлены симметрично и асимметрично расположенными грубыми и тонкими

полосками кварца различающимися зернистостью, оттенками за счет пигментации его серицитом, хлоритом, гематитом и др. Полоски ровные, извилистые, прихотливые, крустификационные, иногда фестончатые. В основном они повторяют очертания стенок. Рудные минералы (сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, блеклые руды) образуют в жильной массе вкрапленность, гнезда, прерывистые полоски, линзочки, петельчатые и фестончатые обособления (Приложение Б, рис. 4.10 – 4.13). Выделения сульфидов характеризуются грубозернистостью, переменчивым соотношением в составе и крайне неравномерным распределением в жильной массе.

Полосчатость жил нередко пересекают жилки хлорита, серицита, пирита. В отдельных прожилках наблюдается смещение поздними нарушениями (Приложение Б, рис 4.1; рис. 4.8; рис. 4.15).

Брекчиевый и брекчиевидный облик золото-кварц-сульфидных руд обусловлен наличием в жильной массе обломков вмещающих микрокварцитов, более раннего кварца или сульфидов представленных сфалеритовым или –халькопирит-пиритовым агрегатом. Цементом является более поздний кварц или кварц-карбонатный материал с вкрапленностью сульфидов (Приложение Б, рис. 4.15; рис. 4.16).

Вкрапленные и прожилково-вкрапленные текстуры представлены мелкой вкрапленностью сфалерита, пирита, галенита, халькопирита в кварце, карбонате, сериците, хлорите и иногда вблизи жил вмещающих породах.

Пятнистый текстурный рисунок возникает в результате гнездовых обособлений кварца различной окраски, сульфидов, хлорита, карбонатов, серицита в кварце или нерудных минералов среди сульфидной массы, а также при обособлении одного сульфида в другом, чаще халькопирита и пирита в сфалерите.

Массивная текстура встречается, редко слагая отдельные участки стратифицированных полиметаллических руд Южного фланга Быструшинской залежи состоящих в основном из сфалерита, галенита и в обогащенных сульфидами кварцевых жилах [14].

По соотношению крупности зерен структуры минеральных агрегатов относятся к неравномерно-зернистые – крупно – тонкозернистым с преобладанием мелко-среднезернистых с размером зерен лежащих в интервале 0,02-2мм.

Форма минеральных зерен неправильная, реже изометричная. Границы срастания сульфидов между собой и особенно с нерудными (кварцем, карбонатом, серицитом, хлоритом) в подавляющем большинстве неровные.

Неоднородным внутренним строением характеризуется сфалерит и пирит. Неоднородность сфалерита обусловлена эмульсионной вкрапленностью халькопирита. В пиритах неоднородность вызвана пойлитовым или ситовидным строением его зерен в отдельных случаях наблюдается грубая зональность.

Из структур срастания рудообразующих минералов распространение зернистые, коррозионные, распада твердых растворов, встречаются метаколлоидные.

Для срастания зерен мономинеральных выделений сфалерита, халькопирита и галенита характерна аллотриоморфнозернистая структура. С пиритом эти минералы (преимущественно халькопирит) образуют гипидиоморфнозернистые срастания, как правило, переходящие в коррозионные, замещая пирит иногда до реликтового состояния.

Распространена сетчатая (петельчатая) коррозионная структура, созданная сетью тонких прожилков выполненных халькопиритом, галенитом и реже сфалеритом (выполнение обычно переменное) в зернах и агрегатах

пирита. Нередко к таким микропрожилкам приурочено включений или попеременно с сульфидами выполняя эти прожилки.

Пойкилитовое и ситовидное строение характерно для зерен пирита. Тонкие (до 0,003мм) пойкилитовые вроски образованы халькопиритом, галенитом, реже сфалеритом и иногда борнитом. Ситовидное строение связано с обильными включениями кварца в межзернистом пирите наиболее распространенном в залежи Победа.

Эмульсионная вкрапленность халькопирита в сфалерите широко распространена в рудах всех типов и залежей. Эмульсия очень тонкая (тыс. доли мм), тяготеет к периферическим частям сфалеритовых выделений и характеризуется неравномерным распределением. Примерно около 3% всего халькопирита заключено в виде эмульсии.

Каемочная структура образуется в результате последовательного выделения сульфидов. Более поздние по времени выделения халькопирит, галенит и реже блеклая руда, часто совместно нарастают на выделения сфалерита образуя прерывистые, невыдержанные по мощности каемки, внедряются в его контуры короткими прожилками и струйчатыми образованиями. Большинство выделений золота среди сфалерита приурочено к этим прожилкам и струйкам.

Интерстициальная и петельчатая структуры характеризуют срастания сульфидов (халькопирита, галенита и реже сфалерита) с нерудными минералами и пиритом. Наиболее распространены тонкие интерстициальные вроски галенита и халькопирита в кварце и реже карбонатах обычно они переходят в петельчатые образования. Развиваются эти структуры вблизи более крупных обособлений сульфидов.

Метаколоидные структуры широким распространением не пользуются и характерным в основном для пирита образующего глобулы, почковидные, атоллвидные и в виде фрагментов колломорфно-зональные образования с

различной степенью раскристаллизации на фоне сульфидной массы. Наиболее распространены атоллоидные образования пирита среди халькопирита, центральные части в них нередко выполнены карбонатом или галенитом. Часто к этим образованиям приурочено золото (рис.3.3;3.4) [19, 20].

Типы оруденения

Руды Риддер-Сокольного месторождения являются типично полиметаллическими с повышенным содержанием золота и серебра. По условиям рудоотложения на месторождении выделяются три природных типа руд: гидротермально-осадочные, гидротермально-метасоматические, жильные гидротермальные, которые в зависимости от процентного соотношения сульфидных и нерудных минералов подразделяются на массивные и прожилково-вкрапленные. Качественные различия как сплошных, так и вкрапленных разностей заключаются в количественных соотношениях главных промышленных компонентов – свинца, цинка, меди и золота. По соотношениям цветных металлов руды подразделяются на одно – двух и трехкомпонентные. При этом, последние называются полиметаллическими. При низких содержаниях или отсутствии цветных металлов, но высоких концентрациях золота, выделяются золотосодержащие (флюсовые) руды [20].

Характерной особенностью руд Риддер-Сокольного месторождения является их повышенная золотоносность и четко проявленная неповторяющаяся минералого-геохимическая зональность локализации различных типов оруденения. Как было отмечено, подавляющая часть промышленного оруденения тяготеет к двум основным продуктивным горизонтам: верхнему полиметаллическому, существенно свинцово-цинковому и нижнему медно-цинковому.

На нижних горизонтах, изучаемых нами залежей, развиты в основном золотосодержащие полиметаллические и собственно золото-кварцево – сульфидные типы оруденения.

Таблица 5.3 - Схема минералообразования РСР [6].

Минералы	Стадии			
	I – предрудный	II – медно- колчеданная	III – ранняя свинцово- цинковая	IV – поздняя полиметаллическая
Сфалерит			+	+
Галенит			+	+
Пирит		+		+
Халькопирит		+		+
Кварц		+	+	+
Доломит	+			
Серицит	+			
Кальцит	+			+
Золото				+

Серно-колчеданная минерализация представлена аутигенным и метасоматическим пиритом.

Аутигенный пирит встречается повсеместно, но наиболее развит в темно-серых алевропеллитах крюковской свиты образуя послойную вкрапленность различной интенсивности, линзовидные скопления, слойки. Минерал в виде кубических зерен с различной степенью идиоморфизма, глобулей, стяжений. Сопутствующие минералы представлены доломитом, фенгитом. Встречаются единичные зерна халькопирита и сфалерита. Образован он одновременно с осадконакоплением.

Метасоматический пирит развивается в боковых породах, призольтандовых зонах медных и медно-цинковых жил в виде вкрапленности и прожилков, мощностью до сантиметра, залечивает трещинки брекчирования в микрокварцитах. Размер зерен от сотых долей мм до 1см. Минерализация представлена корундофиллит-кварц-пиритовой ассоциацией. К редким минералам данной ассоциации относятся халькопирит, сфалерит,

рутил, серицит, доломит, фенгит. Текстура вкрапленная, прожилково-вкрапленная, брекчиевая [6].

Полиметаллические руды. Сплошные и вкрапленные руды сложены сфалерит-галенит-пирит-халькопиритовой минеральной ассоциацией. Сплошные отлагались путем выполнения и замещения полостей, вкрапленные – трещинок и метасоматоза в серицитизированных и окварцованных кремнистых породах лежачего бока сплошных руд и в меньшей степени алевролитов всячего. Руды имеют мелкозернистое строение и представлены массивной, пятнистой, полосчатой, реже брекчиевой и колломорфной текстурами.

Прожилково-вкрапленные руды значительно преобладают над сплошными. Развиваются они в виде разноориентированных кварцевых прожилков с беспорядочной вкрапленностью, гнездами сульфидов. Структуры срастания сульфидов зернистые, коррозионные, распада твердого раствора, характерна эмульсия халькопирита в сфалерите.

Свинцово-цинковые и медно-цинковые руды. Первые образуют прожилково-сетчатчатое и гнездово-вкрапленное оруденение в микрокварцитах верхнего рудоносного горизонта, сменяя на глубину полиметаллические разности. Вторые локализуются в основном на нижнем рудоносном горизонте, образуя серии крутопадающих жил и прожилков мощностью от 1 см до первых метров в кремнистых породах, агломератовых туфах, цементируют зоны дробления. Среди тех и других выделяются переходные разности – полиметаллические и медные. Первые развиты в основном на верхнем рудоносном уровне, а вторые на нижнем [19].

Парагенезис и порядок выделения минералов в: свинцово-цинковых рудах – кварц—сфалерит-галенит—доломит; медно-цинковых – кварц-сфалерит-халькопирит; полиметаллических халькопирит—сфалерит-галенит-блеклая руда –серицит-кварц; медных - кварц-пирит-халькопирит –блеклая

руда. Между выделенными разностями нередко наблюдаются постепенные переходы.

К редким минералам медно-цинковых руд относятся золото самородное, алтаит, гессит, блеклые руды, гематит. Характерной особенностью является грубозернистый, крупнокристаллический облик минеральных агрегатов [15].

По текстурному облику жилы полосчатые симметричные и ассиметричные, брекчиевые, вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Полосчатые жилы состоят из чередующихся полос, сложенных разными сульфидами и нерудными минералами шириной от первых см до 20-30 см. К призольбандовым участкам тяготеют обычно пирит, затем по направлению к центру полосы халькопирита, сфалерита, галенита и нерудных, что отражает выделение минеральных ассоциаций. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды представлены вкрапленностью, гнездами или прерывистыми прожилками, одного сульфида в другом, сульфидов в нерудной массе или наоборот. Брекчиевые текстуры развиваются в зонах дробления, цементом обычно является кварц-сульфидный агрегат.

Золото-кварц-сульфидные руды по соотношению меди, свинца и цинка подразделяются на золото-кварцево-медные и золото-полиметаллические, а малосульфидные разности относятся к золото-кварцевому типу. Эти руды отмечаются практически на всех залежах, но в различных масштабах. Более распространенной и золотоносной являются золото-кварц-полиметаллические руды. Все они образованы путем выполнения различных по форме и размерам (от первых до нескольких метров) крутопадающих трещин, зон дробления и в меньшей степени тонких жилок и вкрапленности в боковых породах.

Главным минералом данного оруденения является кварц различных оттенков и структуры, менее развиты карбонаты, серицит, хлорит, фенгит, гематит образующие вкрапленность, гнезда, полосы, прожилочки в кварце. Рудные минералы занимают от 1 до 20% жильной массы и представлены в

основном сфалеритом, халькопиритом, галенитом, пиритом. Второстепенную роль приобретают блеклые руды, самородное золото, электрум. Минералами - спутниками рассматриваемого типа оруденения являются теллуриды, самородный висмут, бурнонит. Порядок выделения минералов – пирит- кварц – доломит – халькопирит – золото – сфалерит – галенит -кварц – золото – серицит – хлорит. Распределение рудных минералов в рудах крайне неравномерное, соотношения изменчивы. Нередко отмечаются жеоды с друзами кварца, карбонатов, сульфидов [10].

Халькопирит, сфалерит и галенит в жилах обычно обособляются в виде почти мономинеральных скоплений размером до нескольких сантиметров. При совместном выделении эти минералы образуют между собой тонкую интерстициальную вкрапленность в агрегатах кварца. Сфалерит всегда содержит неравномерную эмульсию халькопирита, тяготеющую к периферическим частям выделений.

Пирит обычно встречается в виде неравномерной вкрапленности или гнездовых обособлений в кварце или сульфидах. Форма зерен неправильная, субидиоморфная с частично выраженными гранями куба. Срастания с сульфидами коррозионные.

Иногда в зольбандах жил и зонах нарушений на границе с вмещающей породой отмечаются интенсивно измененные породы, представляющие собой сульфидно- серицитовые метасоматические образования. Сложены они серицит – пирит – галенит – халькопиритовой ассоциацией. Этой метасоматической разновидности оруденения кварцевых жил присуща исключительно мелкозернистая вкрапленность сульфидов в тонкочешуйчатом серицитовом агрегате с аномально высокой концентрацией золота.

Золото самородное тесно ассоциирует со всеми рудными и нерудными минералами, тяготея при этом к кварцу. В сульфидах образует включения в зернах, выделяется в межзерновых пространствах, на границе различных

минералов. В кварце и карбонате содержится в виде интерстициальных тонких вростков.

Основные текстуры золотоносных жил полосчатые (симметрично и ассиметрично), грубо и тонко полосчатые, крустификационные, фестончатые, пятнистые, брекчиевые и брекчиевидные. Структуры минеральных агрегатов неравномернозернистые – от крупнозернистых до тонкозернистых, преобладают мелко-среднезернистые.

Характерным для данного типа оруденения является близкое соотношение золота с серебром и повышенное содержание висмута, сурьмы, теллура, марганца и молибдена.

Существенно кварцевые жилы, почти всегда с карбонатом и иногда с бедной вкрапленностью и гнездами сульфидов распространены практически на всех залежах. Рудная минерализация в них появляется в жилах обычно при пересечении ими ранее образованных рудных тел и является частично переотложенной. Главные рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Текстура вкрапленная, гнездово-вкрапленная. Сульфиды в этих жилах в основном крупнозернистые [18].

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ, РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ

На Риддер-Сокольном месторождении из всего разнообразия природных типов руд наиболее широкое развитие получили свинцово-цинковые (60,1%), медно-свинцово-цинковые (13,4%), медные (11,3%) и богатые золотосодержащие (5,2%). Остальные типы пользуются незначительным распространением, поэтому их добыча и переработка производится совместно с основными природными типами (13).

Руды месторождения в основной своей массе относятся к сульфидным (97,3%) свинцово-цинковым, медным и золотосодержащим. Свинцово-цинковые руды представлены окисленными (1,7%) и смешанными (1,0%) разновидностями, преобладающая часть которых отработана на верхних горизонтах месторождения. Оставшееся незначительное количество окисленных и смешанных руд оконтурено на 9-10 горизонтах [22].

Многочисленные природные типы руд месторождения по условиям добычи и переработки подразделены на пять промышленных технологических типов: свинцово-цинковые сульфидные, смешанные и окисленные, медные сульфидные и условно выделяемые золотосодержащие малосульфидные (флюсовые) руды селективной добычи с повышенным содержанием золота (более 16г/т).

Анализ форм минеральных сростаний показывает, что в рудах месторождения развиты преимущественно коррозионные структуры, однако в свинцово-цинковых и полиметаллических рудах существенное значение также приобретают колломорфные и афанитовые тонкозернистые структуры [12].

5.1. Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в породах и рудах Риддер-Сокольного месторождения

Значительный интерес при изучении вопроса распределения редких и рассеянных элементов представляет собой свинцово-цинковый тип руд, ввиду максимального концентрирования редких и рассеянных компонентов (рис. 5.1). В составе, относительно других типов руд, преобладают W, Se, Tl, V, Ga и Te.

Не малая доля вольфрама и селена находятся в кварц-сульфидной руде. Концентрация Se может объясняться корреляционной зависимостью между Au и Se т.к. кварц-сульфидный тип руд имеет наибольшее содержание золота. Остальные компоненты имеют более низкую долю преобладания.

Касаемо полиметаллического типа руд в состав которого входят все главные рудообразующие элементы (Cu, Pb, Zn) здесь преобладает W и Tl, а также по сравнению с кварц-сульфидным типом более высокие содержания по Ga, Ge и Te.

Медно-колчеданный тип руд среди остальных выделяется наименьшими содержаниями редких и рассеянных за исключением вольфрама.

В горных породах главным образом преобладает рубидий. Потому как, данный элемент является породообразующим элементом. Остальные редкие и рассеянные элементы имеют довольно низкие концентрации, кроме небольшого количества V в микрокварцитах. В агломератовых туфах в наибольшем количестве содержится Rb, как отмечалось ранее.

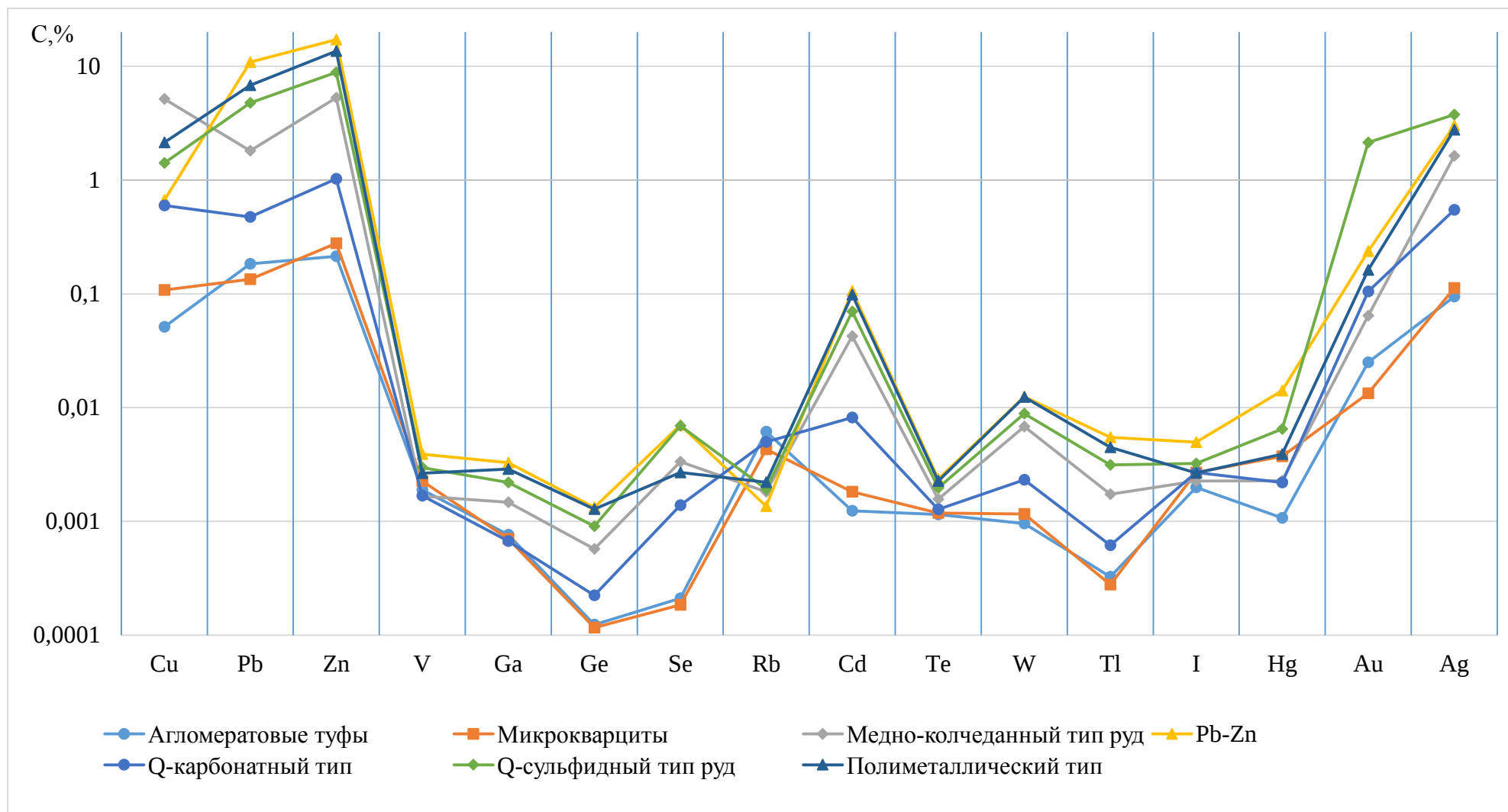


Рисунок 5.1. Среднее значение благородных, цветных, редких, рассеянных и летучих элементов по типам горных пород и руд Риддер-Сокольного месторождения

Относительно распределения благородных элементов (рис. 5.1) как и следовало ожидать максимум по золоту и серебру наблюдается в кварц-сульфидной руде. В то время как цветные компоненты Cu, Pb, Zn по сравнению с двумя другими типами имеет показатели немного ниже. Интересно наличие ртути как летучего компонента. Количество йода отмечается ниже чем в свинцово-цинковой.

Кварц-карбонатный тип минерализации содержит в себе достаточно высокие концентрации цветных металлов, а также серебро. Золото в кварц-карбонате содержится больше чем, в медном концентрате. По летучим компонентам данный тип особых отличий не имеет.

Медные руды соответственно содержат наивысшие концентрации Cu, остальные цветные элементы также присутствуют. Отмечается довольно значительная концентрация серебра, тогда как золото среди всех остальных типов руд имеет минимальное содержание. Летучие компоненты особо не выражены.

В полиметаллических рудах кроме основных слагающих цветных компонентов имеется также одна из наиболее высоких концентраций Ag и более высокое содержание Au чем в медной руде. Следует отметить наличие летучих элементов. Оба элемента Hg и I в данном случае имеют наивысшую концентрацию по сравнению с остальными типами руд.

Безусловно присутствие основных рудообразующих компонентов Pb и Zn. Стоит сделать акцент, о наличии в составе значительных содержаний серебра и золота, где последний элемент занимает второе по распределению место среди остальных типов рудной минерализации.

5.1.1. Корреляционные зависимости исследуемых элементов

В настоящем разделе представлены результаты анализа корреляционной связи исследуемых элементов (Приложение В, таблица 5.1).

Наибольшая корреляционная связь среди редких и рассеянных элементов у Au наблюдается с Se (рис. 5.6), коэффициент корреляции составляет 0,59, что в свою очередь подтверждает наличие прямой связи золота и селена.

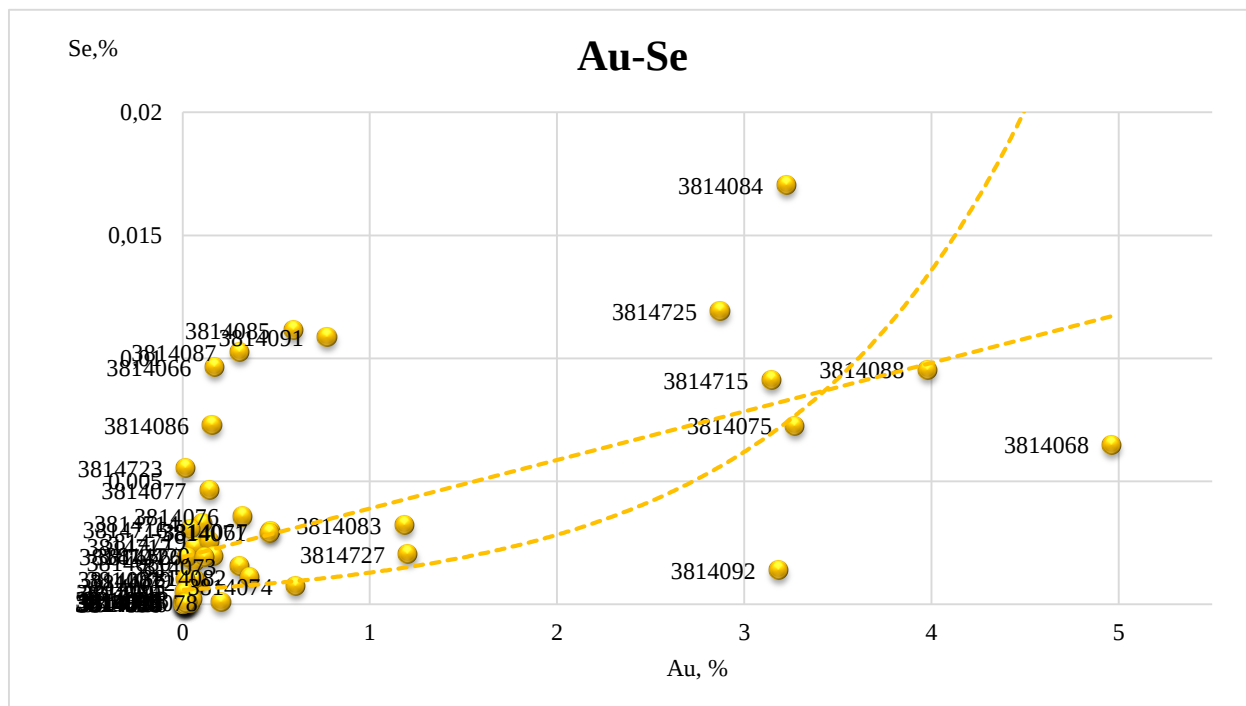


Рисунок 5.6. График корреляционной зависимости золото – селен.

Более сильная связь у Se наблюдается только с Ag (Приложение Г, рис. 5.14), где $R = 0,7$. Необходимо отметить о Au-Ag (рис. 5.57) отношении, $R = 0,48$, что свидетельствует о взаимосвязи благородных металлов. Исходя из анализа связи золота с другими редкими и рассеянными элементами, коэффициент корреляции составляет меньше 0,45, следовательно, зависимость не является значимой.

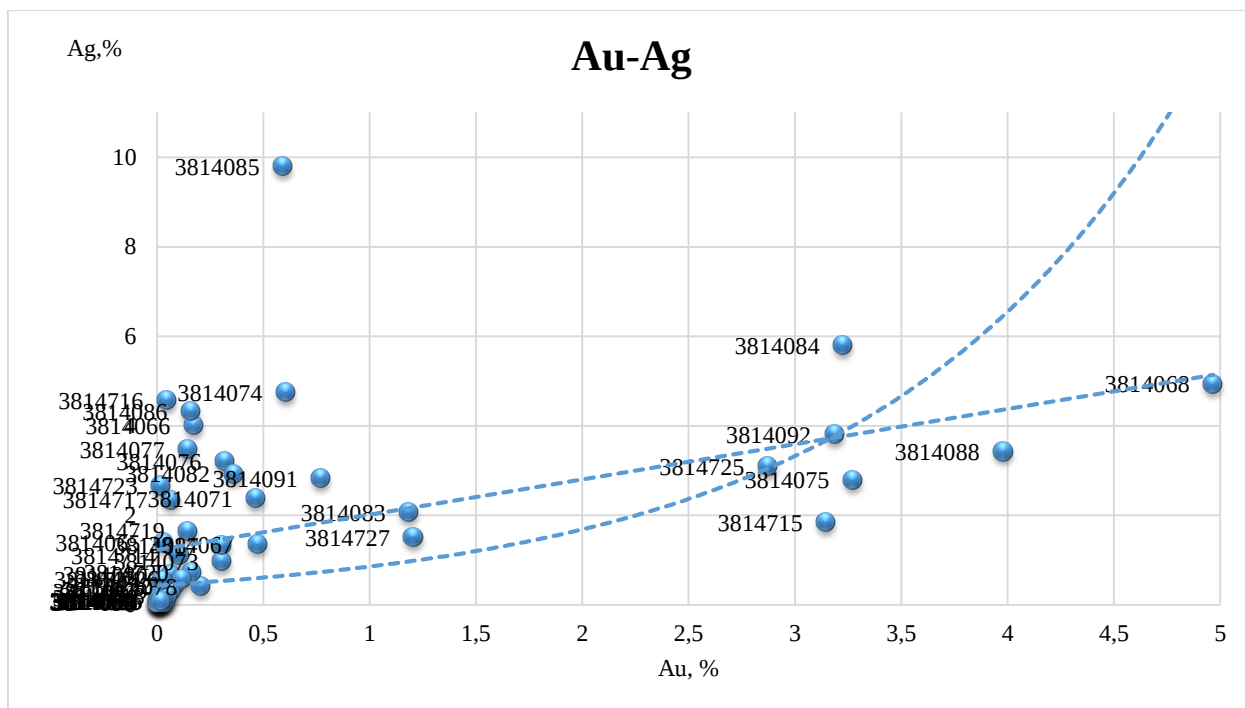


Рисунок 5.57. График корреляционной зависимости золото – серебро.

В то время как серебро коррелирует практически со всеми элементами. Наиболее сильная связь наблюдается с W (0,79) (рис. 5.19) и Tl (0,76) (рис. 5.20).



Рисунок 5.19. График корреляционной зависимости серебро – вольфрам.

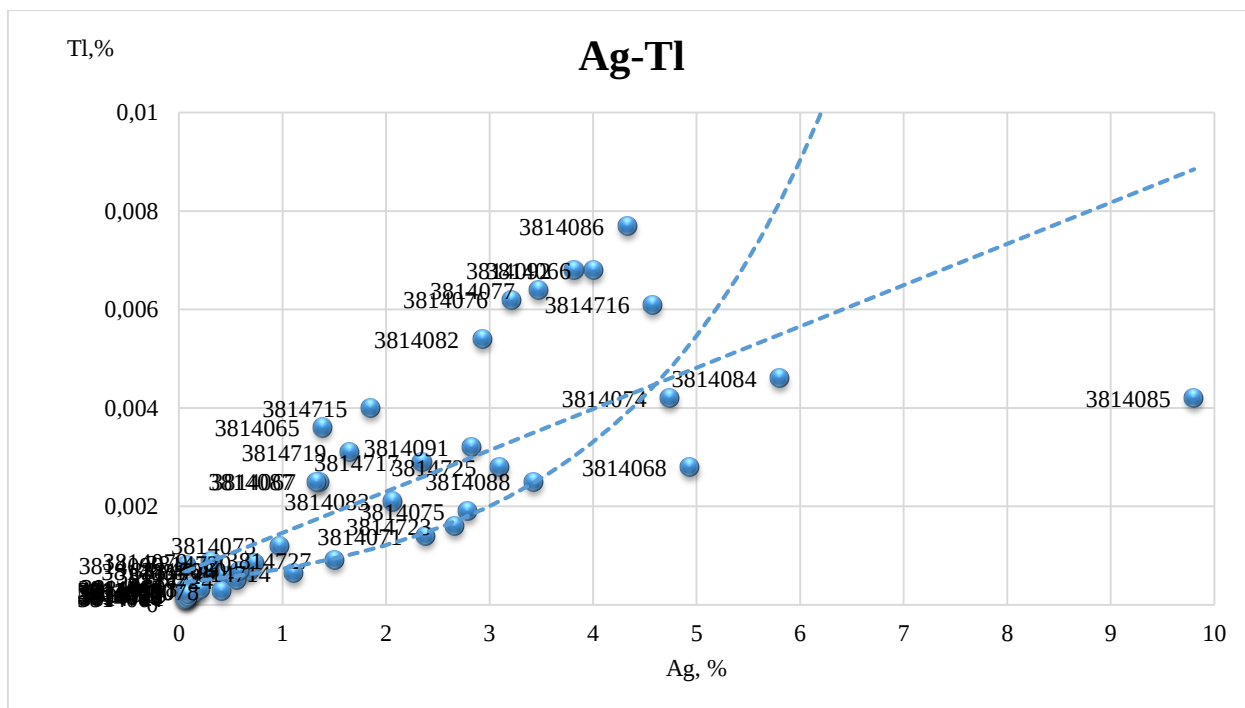


Рисунок 5.20. График корреляционной зависимости серебро – таллий.

Исключение составили Cu (рис. 5.61) и V (Приложение Г, рис. 5.12). Следовательно, высокое содержание Ag может выступать в роли индикатора редких и рассеянных металлов.

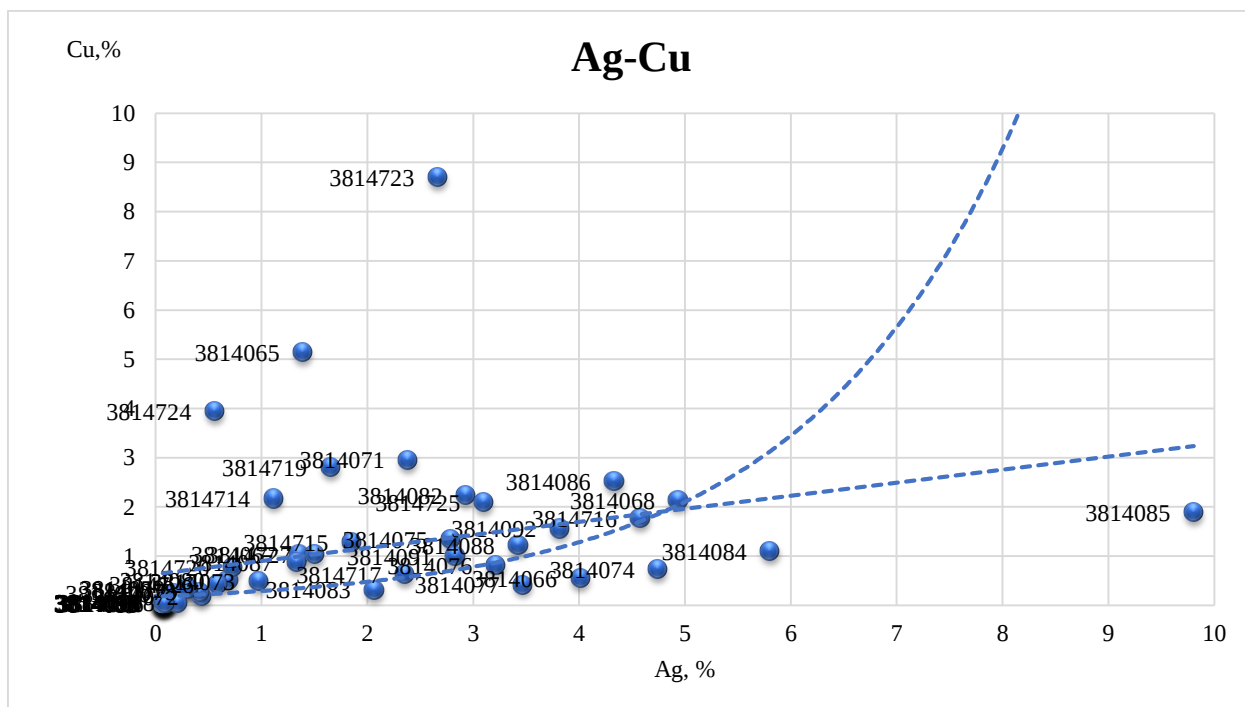


Рисунок 5.61. График корреляционной зависимости серебро – медь.

Обратная зависимость, как и у всех остальных элементов наблюдается с Rb (Приложение Г, рис. 5.16). Помимо цветных, благородных и редких элементов у серебра присутствует связь с Hg (0,49) которая в свою очередь является летучим компонентом (рис. 5.53).

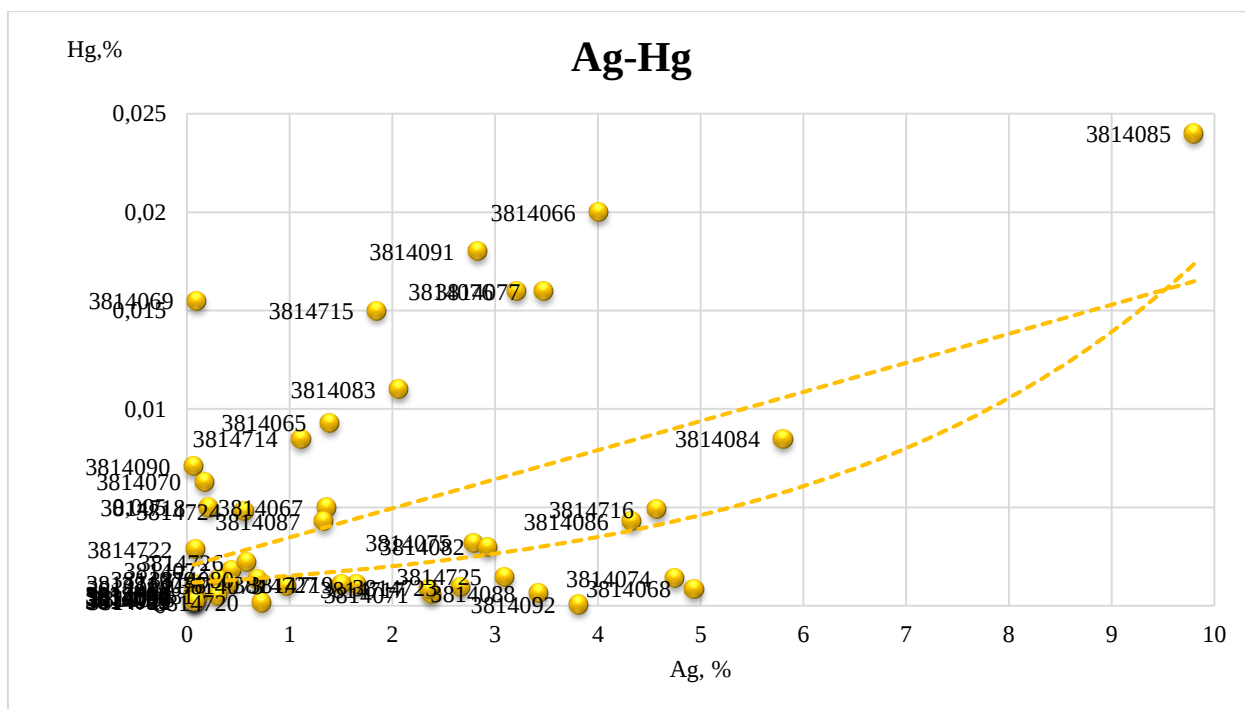


Рисунок 5.53. График корреляционной зависимости серебро – ртуть.

Как показали исследования, корреляционной связи у меди с другими элементами не было выявлено (Приложение Г, рис. 5.21-5.29).

Относительно двух других сульфид слагающих элементов можно с уверенностью судить о наличии у свинца и цинка самой сильной зависимости не только с редкими и рассеянными компонентами, а также с серебром и между собой.

Так у свинца сильна связь наблюдается с галлием рис. 5.31, равная 0,91. И самая сильная связь как показывают графики с таллием рис. 5.38, где коэффициент корреляции равен 0,95, что представляет собой практически прямую зависимость между распределением Pb и Tl.

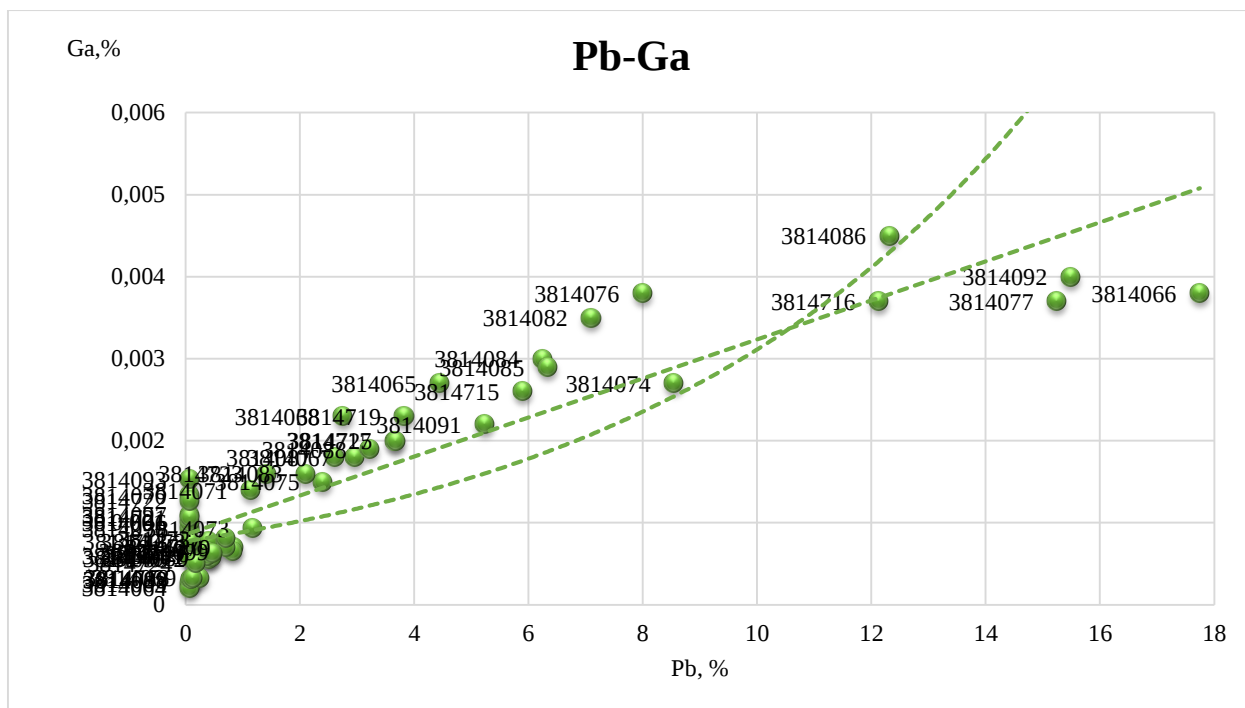


Рисунок 5.31. График корреляционной зависимости свинец – галлий.

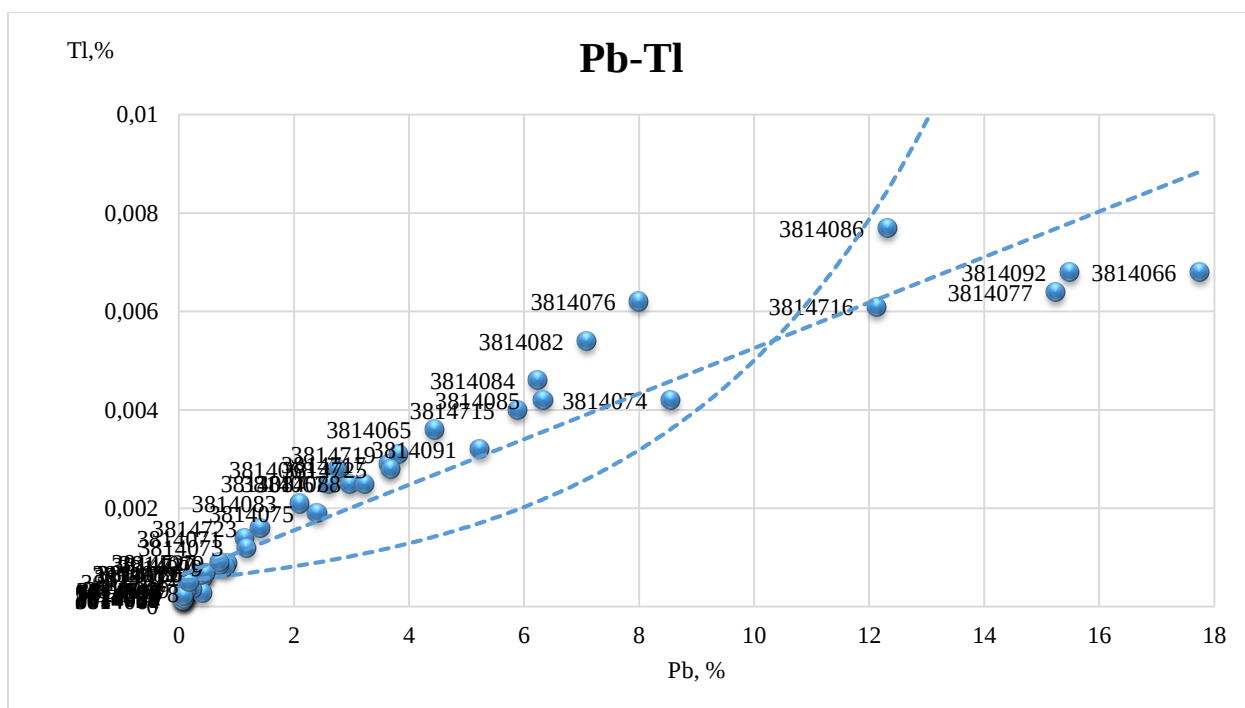


Рисунок 5.38. График корреляционной зависимости свинец – таллий.

В результате выполненных исследований было установлено что, цинк является компонентом, имеющим наибольшее число корреляционных связей с благородными, редкими и рассеянными элементами, равное девяти (с Ag, Pb, Ga, Ge, Se, Cd, Te, W, Tl) (Приложение Г). Наиболее сильные с германием рис. 5.41, с вольфрамом рис. 5.45, серебром рис. 5.63.

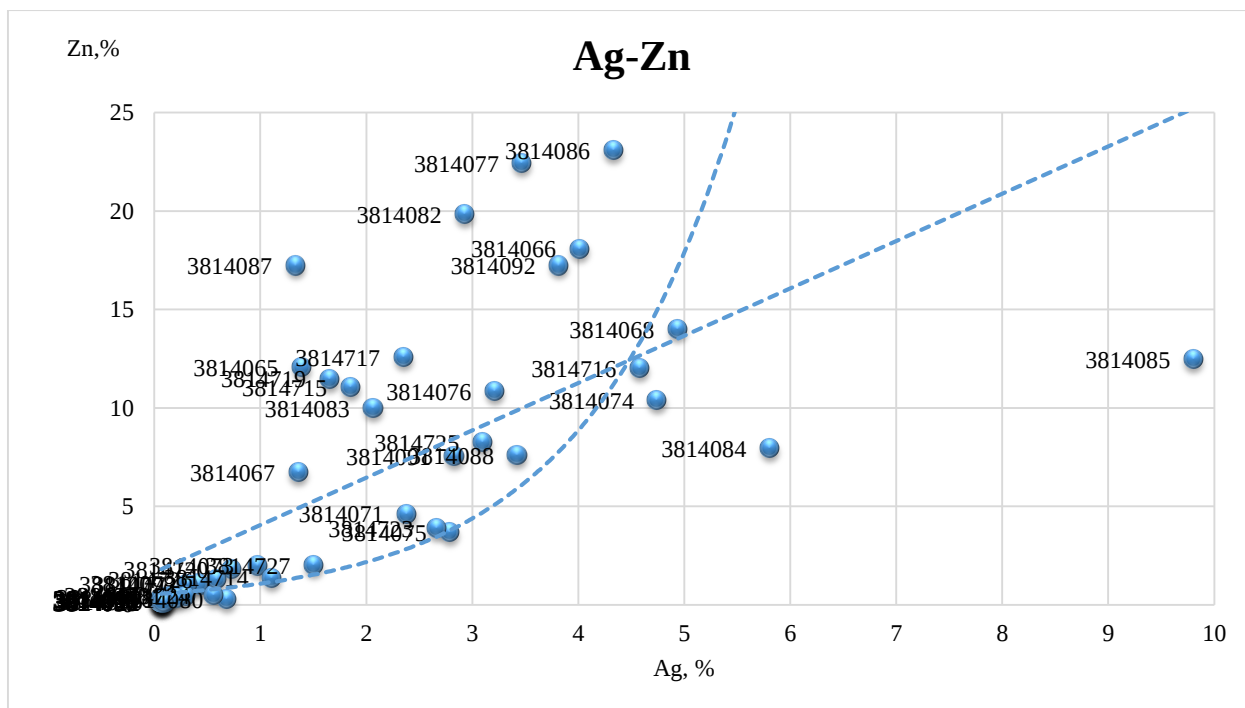


Рисунок 5.63. График корреляционной зависимости серебро – цинк.

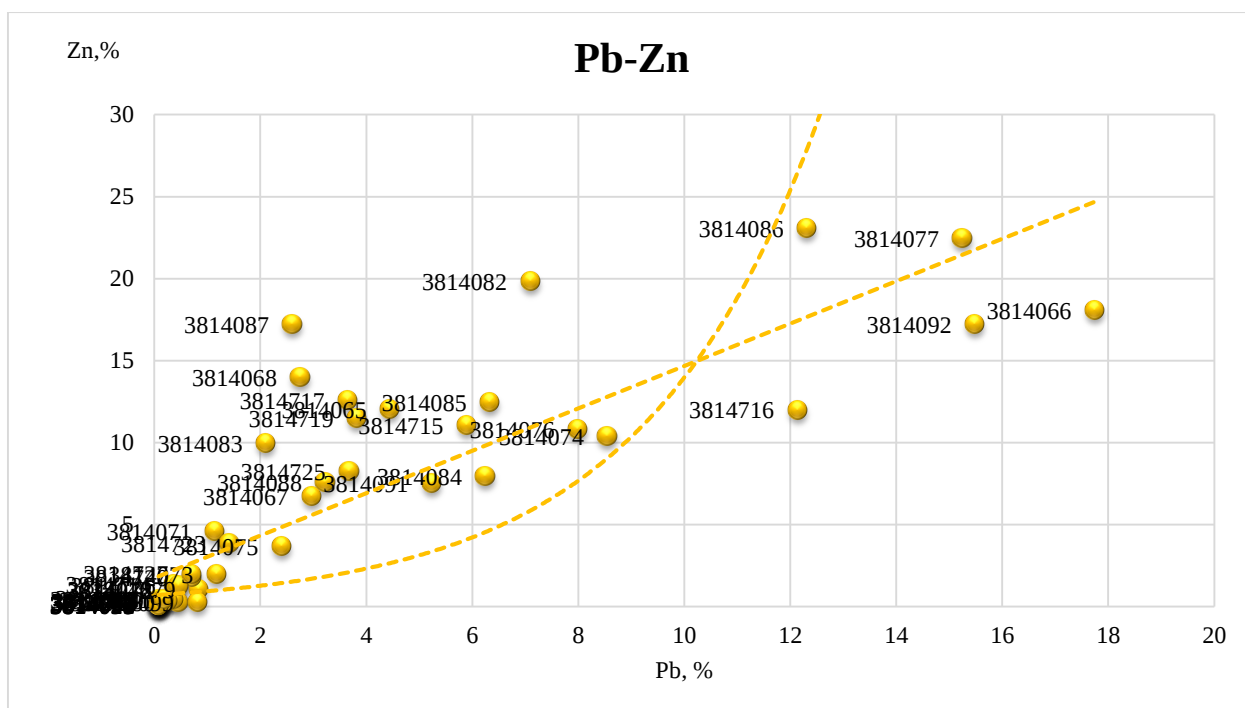


Рисунок 5.66. График корреляционной зависимости свинец – цинк.

5.1.2. Пространственное распределение изучаемых элементов в пределах рудных тел

С помощью различных программных средств и информационных технологий на сегодняшний день можно успешно решить ряд геологических задач таких как подсчет запасов, создание геологической графики, ведение баз данных результатов разведочного и эксплуатационного бурений, производить оптимизацию и проектирование работ, а также выполнять блочное моделирование геологических объектов, которое используется для решения перечисленных задач.

Для более наглядного представление о распределении благородных, редких и рассеянных элементов в сульфидных рудах в ходе работы в программном комплексе Datamine Studio 3 были отстроены блочные модели исследуемого района работ.

Построение каркасов рудных тел производилось на основании результатов разведочного бурения. Позже результаты редактировались на основе фактического опробования горной массы.

На рисунках приведены блочные модели распределения благородных, редких и рассеянных элементов в свинцово-цинковой руде, это Au, Ga и Se. Где балансовые рудные контура окрашены в синий цвет, а богатые контура в красный. Разделение при построении по категориям осуществлялось по условному Zn. Поле окружающие рудные контура представляет собой распределение сульфидной руды, с максимальным ее накопление в зоне выделенной красным цветом, и далее в зависимости от перехода цвета соответственно уменьшается содержание элементов. Блоками являются собственно изучаемые компоненты.

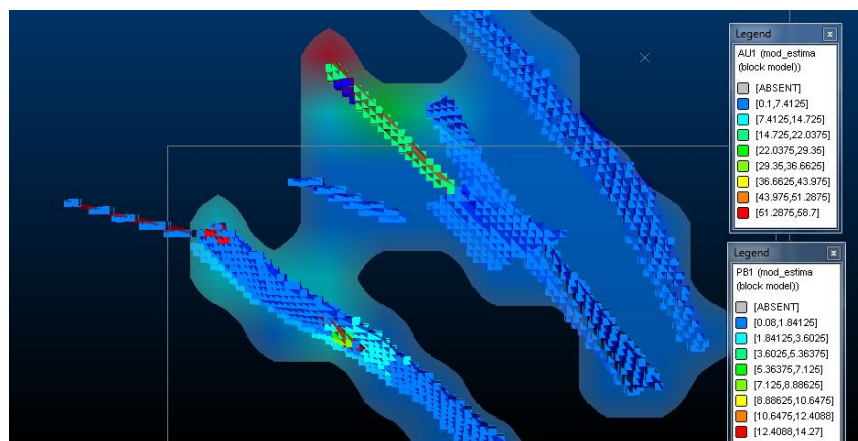


Рисунок 5.1.1. Пространственное распределение золота в свинцово-цинковой руде.

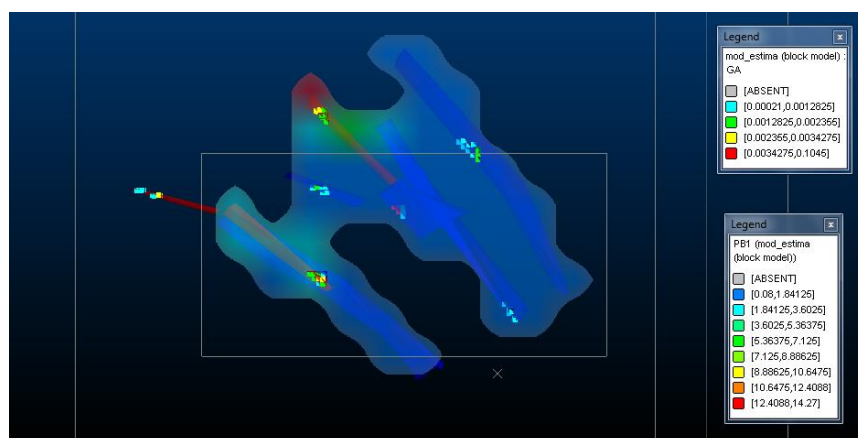


Рисунок 5.1.2. Пространственное распределение галлия в свинцово-цинковой руде.

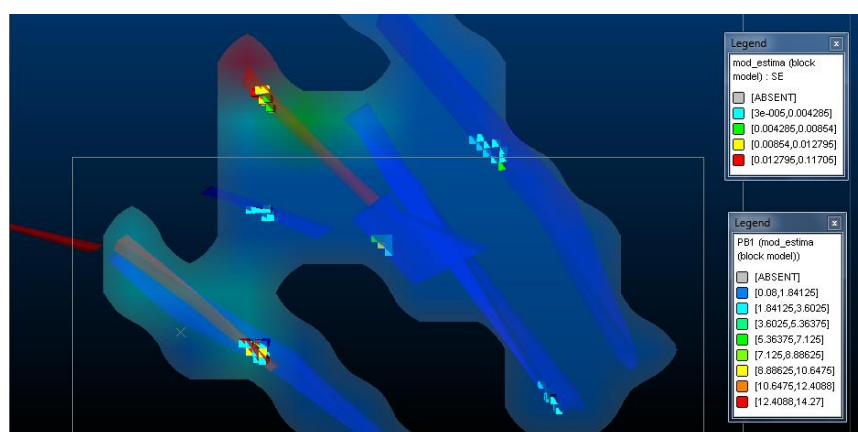


Рисунок 5.1.3. Распределение селена в свинцово-цинковой руде.

5.2. Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в главных рудообразующих минералах

Благородные металлы «сквозные» и заключены они во всех сульфидах (табл. 5.2). Кроме редких и рассеянных элементов золотосодержащим рудам постоянно сопутствуют такие породообразующие компоненты (Si, Ba, Ca, Mg, Mn).

Таблица 5.2 – Содержание благородных и цветных элементов минералах [27].

Минерал	Номер пробы	Содержание, %				
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn
Сфалерит	Б-066м	0,08	0,56	1,52	0,56	56,42
	ЮБ-011	0,0133	1,84	1,04	1,61	36,9
	ЗЮЗ-035м	3,47	1,01	0,11	3,12	43,92
	ЗЮЗ-040-2	16,937	4,373333	0,5	3,96	47
	ЗЮЗ-098-Сф	1,44	1,226667	1	1,09	49,56
	П-050м	0,3333	0,6	0,57	0,76	32,41
	П-122-Сф	0,38	0,793333	1,22	1,97	25,88
	Среднее по галениту	3,23619	1,48619	0,8514	1,86714	41,727
Пирит	Б-109	0,2333	1,7	0,22	0,66	0,12
	ЮБ-058	0,1667	0,366667	0,38	0,21	0,43
	ЮБ-061	0,05	0,266667	0,049	0,12	0,1
	Среднее по сфалериту	0,15000	0,77778	0,21633	0,33	0,2167
Халькопирит	Б-062м	0,3733	1,466667	25,5	0,21	1,03
	Б-028	0,05	1,716667	28,4	0,84	0,19
	Б-108	0,8	1,733333	29,22	0,14	0,18
	Б-056	0,01	1,496667	26,7	0,08	0,26
	ЗЮЗ-098-Ха	7,81	3,2	27,5	0,56	2
	ЗЮЗ-107-Ха	0,0467	4,58	31,56	0,14	0,5
	П-121-Ха	0,0333	5,783333	23,2	1,61	0,98
	Среднее по пириту	1,3033	2,85381	27,44	0,5114	0,7343
Галенит	ЮБ-013м	0,0267	7,346667	0,42	77,7	2,52
	ЮБ-088	8,52	13,14667	0,34	58,45	3,7
	ЗЮЗ-040-1	3,4267	18,79333	0,14	66,48	0,82
	ЗЮЗ-043м	0,0533	8,44	0,039	74,55	0,13
	ЗЮЗ-098-Г	3,24	10,73333	0,11	54,95	0,67
	П-122-Г	0,08	8,67	0,33	59,06	9,2
	П-123-Г	0,0667	10,48333	0,45	75,13	0,98
	Среднее по халькопириту	2,2019	11,08762	0,2613	66,617	2,5743

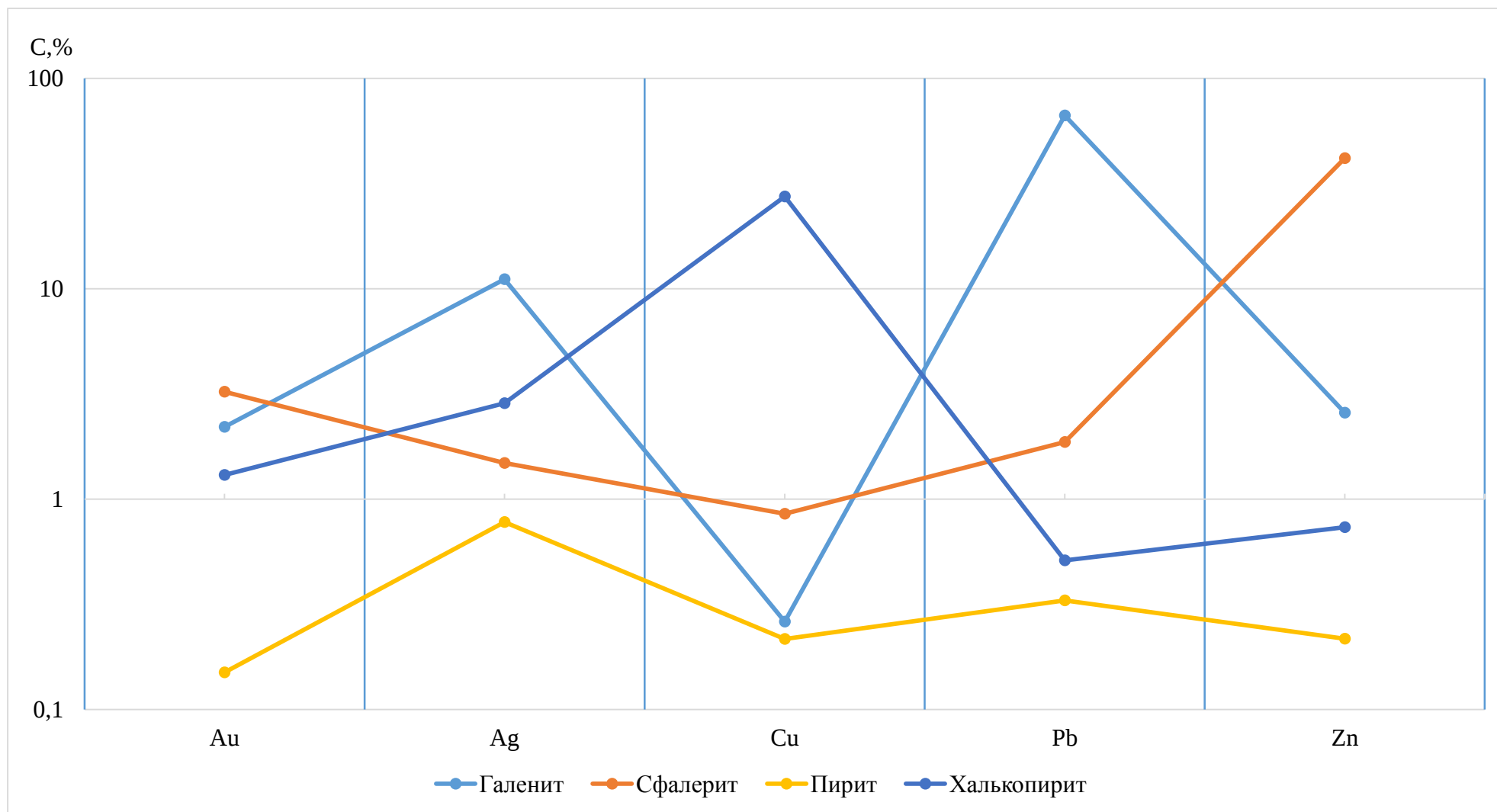


Рисунок 5.67. Распределение благородных элементов в главных рудообразующих минералах.

Относительно концентрации благородных элементов в главных рудообразующих минералах (рис. 5.67) необходимо отметить сфалерит, как минерал содержащий в составе наибольший процент золота. Серебро в данном случае по сравнению с другими минералами концентрируется менее выражено. Халькопирит в свою очередь занимает среднее положение по количеству благородных элементов. В галените преобладает Ag и достаточно высокий процент содержания Au. Тогда как пирит, исходя из графика концентрирует наименьшее количество благородных элементов.

Таблица 5.3 – Содержание редких и рассеянных элементов минералах [27].

Минерал	Номер пробы	Содержание, %						
		Ge	In	Sb	Cd	Se	Te	Tl
Галенит	ЮБ-013-М	0,001	0,001	0,049	0,014	0,11	0,001	0,001
	ЮБ-088	0,001	0,001	0,02	0,029	0,08	0,021	0,0011
	ЗЮЗ-040-1	0,002	0,001	0,019	0,001	0,0014	0,0015	0,001
	З-ЮЗ-043-М	0,001	0,001	0,014	0,003	0,038	0,008	0,001
	ЗЮЗ-098-Г	0,001	0,001	0,01	0,005	0,068	0,005	0,011
	П-122-Г	0,002	0,001	0,018	0,06	0,036	0,004	0,011
	П-123-Г	0,005	0,002	0,01	0,005	0,06	0,011	0,016
	Среднее по галениту	0,00186	0,00114	0,02	0,01671	0,0562	0,00736	0,00601
Сфалерит	ЮБ-011	0,001	0,003	0,018	0,19	0,009	0,002	0,001
	Б-066-М	0,001	0,008	0,01	0,32	0,04	0,02	0,001
	ЗЮЗ-035-М	0,001	0,001	0,01	0,025	0,001	0,001	0,001
	ЗЮЗ-040-2	0,001	0,0016	0,01	0,0027	0,0017	0,001	0,001
	ЗЮЗ-098-Сф	0,015	0,001	0,01	0,33	0,037	0,002	0,001
	П-050-М	0,001	0,0025	0,01	0,31	0,0011	0,0011	0,001
	П-122-Сф	0,004	0,001	0,01	0,16	0,004	0,001	0,001
	Среднее по сфалериту	0,00343	0,00259	0,01114	0,1911	0,0134	0,00401	0,001
Пирит	ЮБ-058	0,31	0,001	0,01	0,004	0,002	0,003	0,001
	ЮБ-061	0,001	0,001	0,01	0,0043	0,001	0,0019	0,001
	ЮБ-060	0,0046	0,001	0,01	0,0091	0,001	0,001	0,001
	Б-109	0,32	0,001	0,02	0,005	0,001	0,004	0,001
	Среднее по пириту	0,1589	0,001	0,0125	0,0056	0,0013	0,0025	0,001
Халькопирит	Б-062-М	0,001	0,001	0,01	0,007	0,034	0,004	0,001
	Б-108	0,24	0,002	0,01	0,003	0,039	0,004	0,001
	Б-056	0,001	0,0017	0,01	0,001	0,002	0,001	0,001
	ЗЮЗ-098-Ха	0,28	0,001	0,01	0,013	0,033	0,003	0,001
	ЗЮЗ-107-Ха	0,26	0,001	0,01	0,004	0,001	0,002	0,001
	П-121-Ха	0,22	0,001	0,01	0,005	0,08	0,004	0,001
	Среднее по халькопириту	0,167	0,00128	0,01	0,0055	0,0315	0,003	0,001

Анализ распределения сопутствующих редких и рассеянных элементов в рудах и рудообразующих минералах показывает, что количества их в тех или

иных разностях далеко не равнозначны (табл. 5.3). При этом отчетливо выделяется приуроченность Sb, In, Cd, Se, Te, Ge ко всем типам руд. Эти элементы могут служить индикаторами золотосодержащих руд.

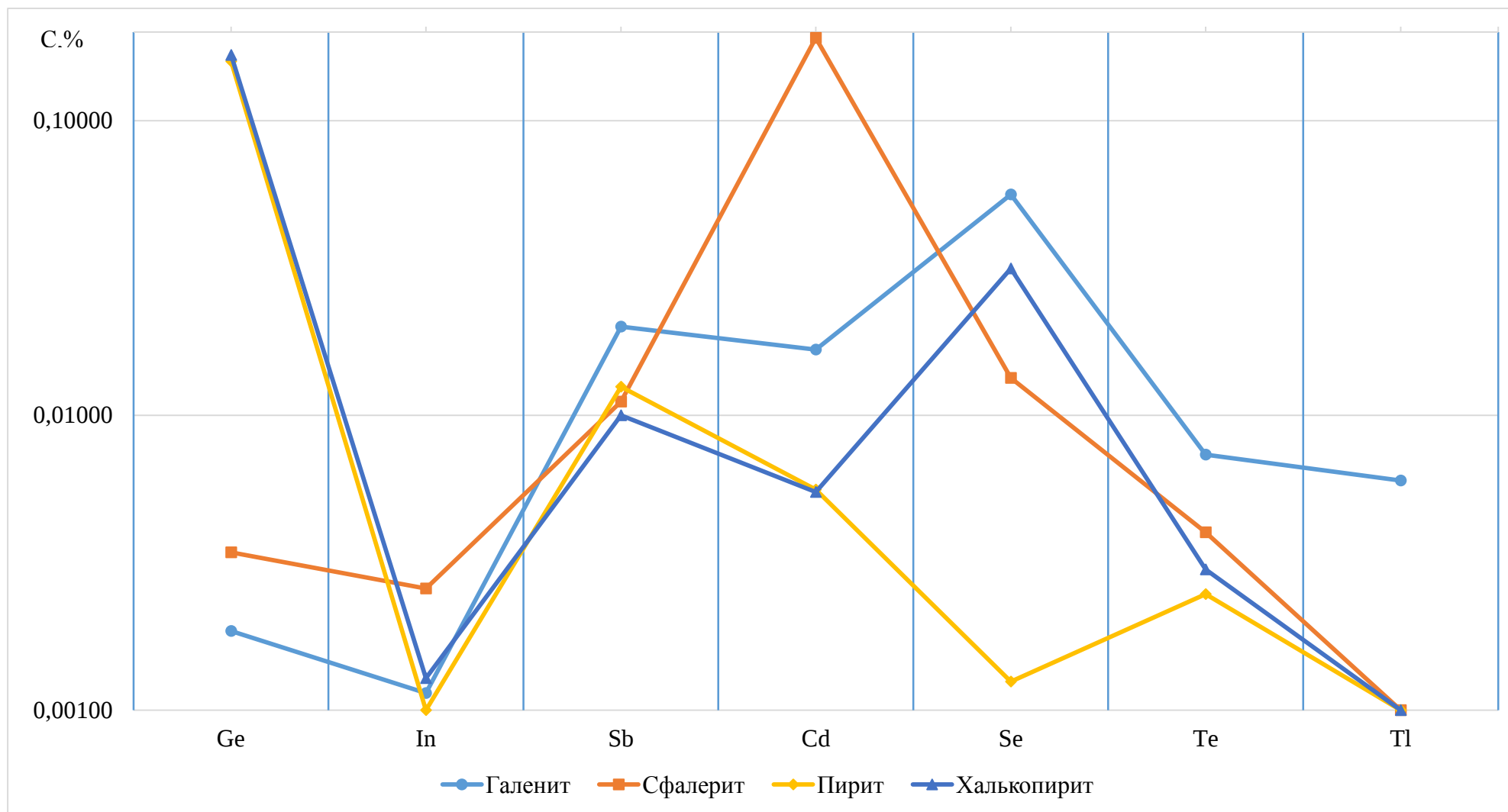


Рисунок 5.69. Редкие и рассеянные элементы в главных рудообразующих минералах.

Как видно из графика распределения (рис. 5.69) кадмий концентрируется в сфалерите, в свою очередь германий преобладает в пирите и халькопирите, тогда как селен имеет максимальную концентрацию в галените. Сурьма представляет средние показатели во всех сульфидах. А такие элементы как In, Tl и Te содержатся в наименьших количествах в рудообразующих минералах Риддер-Сокольного месторождения.

5.2.1. Минералы-концентраторы

Как было установлено, из минералов-спутников полиметаллических руд в рассматриваемых залежах широко распространены теллуриды серебра и висмута гессит (рис. 5.2.6), теллуrowисмутит (рис. 5.2.7), теллуrowозеит (рис. 5.2.8); сульфид висмута и свинца - бурсаит (рис. 5.2.11) и сульфосоль свинца с медью – бурнонит (рис. 5.2.11-5.2.13). Реже встречается висмут самородный. Все перечисленные минералы встречены в жильном золото-сульфидно-кварцевом оруденении развитом в микрокварцитах. Теллуриды и висмут самородный являются типоморфными минералами для золото-медного и золото- полиметаллического типов оруденения, а бурнонит специфичен только для золотополиметаллических разностей. Химический состав и парагенезис минералов приведены в таблице, характер взаимоотношений, форма и размеры зерен проиллюстрированы рисунками 5.2.1-5.2.15 (рис. 4.38).

Помимо оптического микроскопа, образцы аншлифов, а также концентраты основных сульфидов были изучены на электронном микроскопе. Результаты показаны на рисунках 5.2.16-5.2.21 [27].

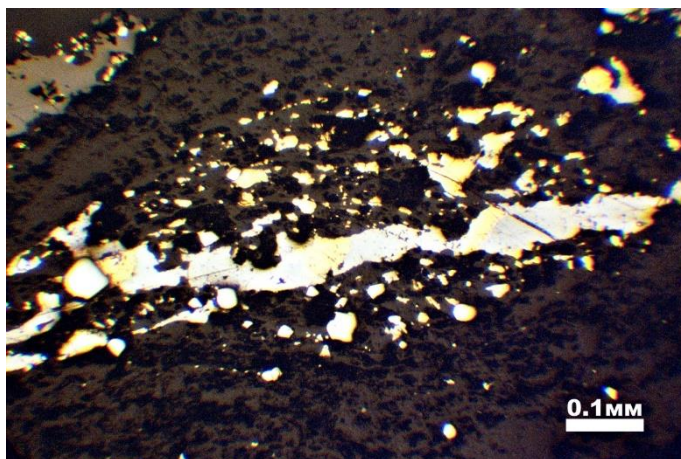


Рисунок 5.2.1. Золото (желтое, светлое) в ассоциации с галенитом (светло-серое) в серицитовой массе. Анш. Б-095-3

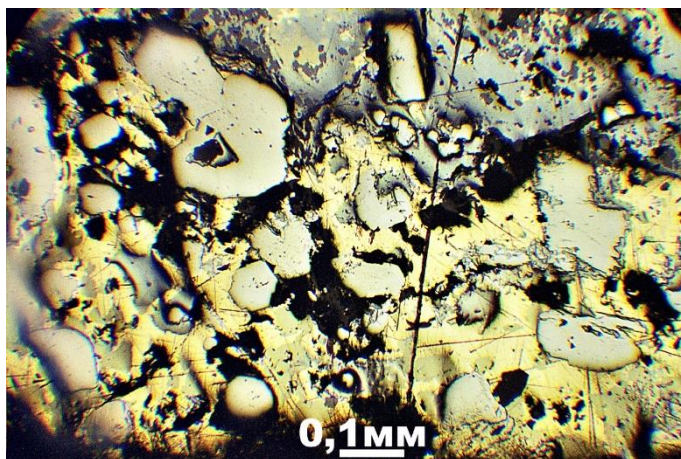


Рисунок 5.2.2. Пирит (Py) и галенит (Gn) темное-кварц. Сплошная корлчеданно-полиметаллическая руда Анш. III ЮЗ-039-13

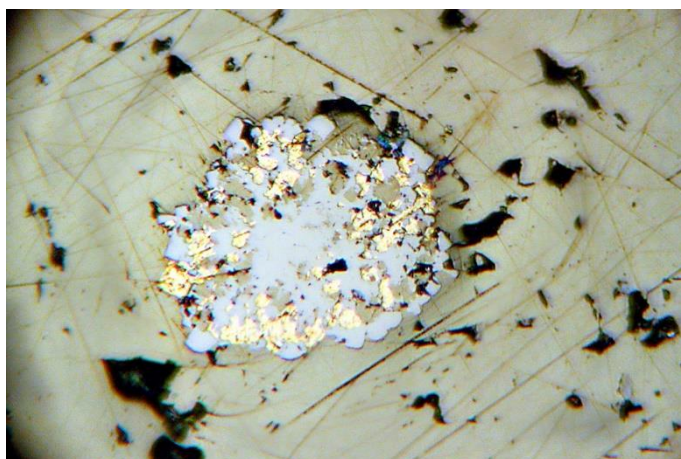


Рисунок 5.2.3. Пирит насыщен включениями золота (ярко-желтое) в срастании с халькопиритом (желто-коричневое). Основной фон – халькопирит. Микрокварцит с вкр. сущ. медной рудой. Анш. Б-062-4

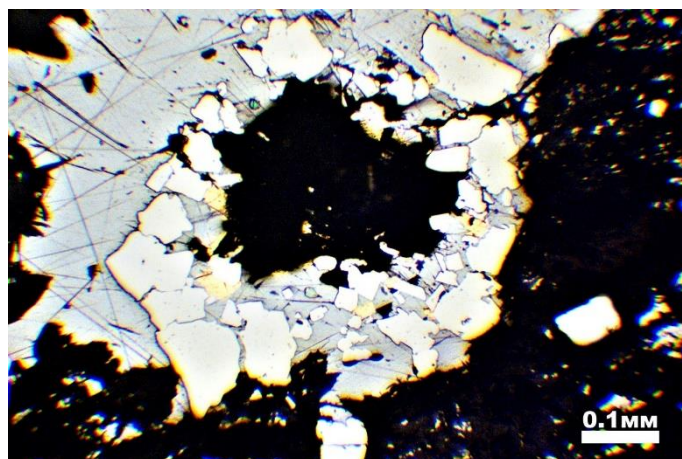


Рисунок 5.2.4. Золото (светло-желтое) в срастании с зернами пирита (белое) в атоллоидном выделении пирита, заключенном в галените (св. серое). Кварц-серицитовая жила с гнездовой сущ. свинцовой рудой. Анш. ЮБ-085-3

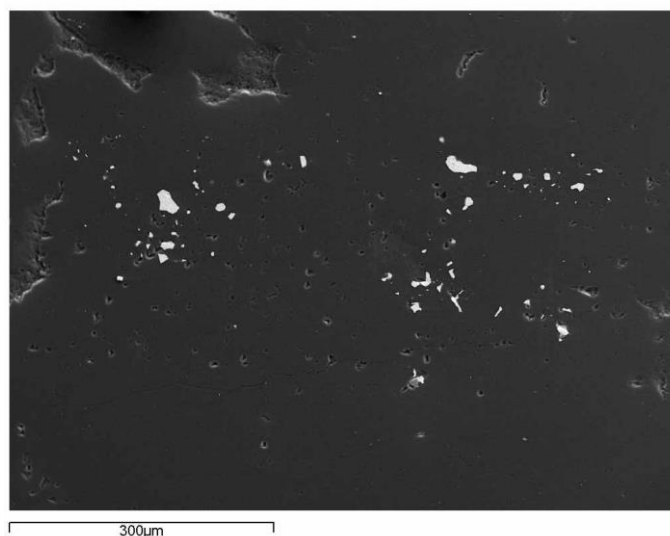


Рисунок 5.2.5. Золото в кварце в отраженном свете. Аншлиф ЮБ-086-1

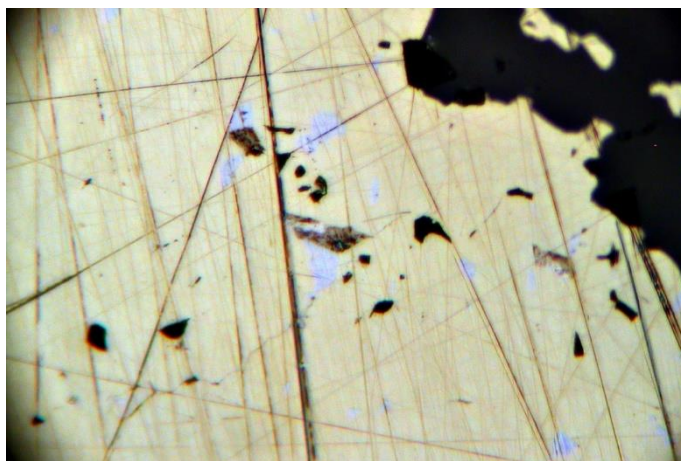


Рисунок 5.2.6. Гессит (коричневые включения) в сростании с галенитом (серо-голубое) в халькопирите (светлое). Кварц-серицитовая жила с сущ. медной рудой. Анш. Б-062-2

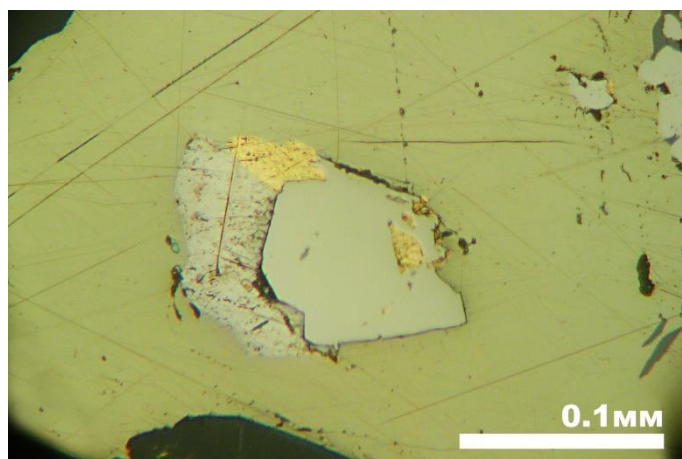


Рисунок 5.2.7. Золото (ярко-желтое) в сростании с теллуrowисмутитом (Tl) и зерном пирита в халькопирите (желтое). В пирите включения золота. Анш. Б-072-2

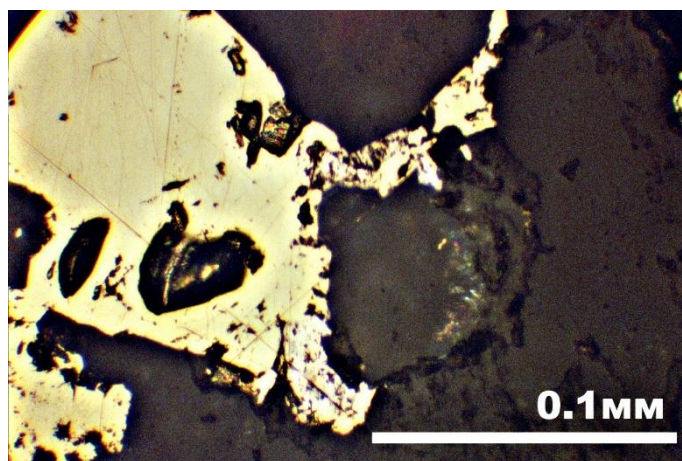


Рисунок 5.2.8. Тетрадимит (Td) и теллуροжозеит (Tz) в срастании с халькопиритом (Cp) в кварце (темное). Кварцевая жила с сущ. медной гнездово-вкрапленной рудой. Анш. Б-026-2

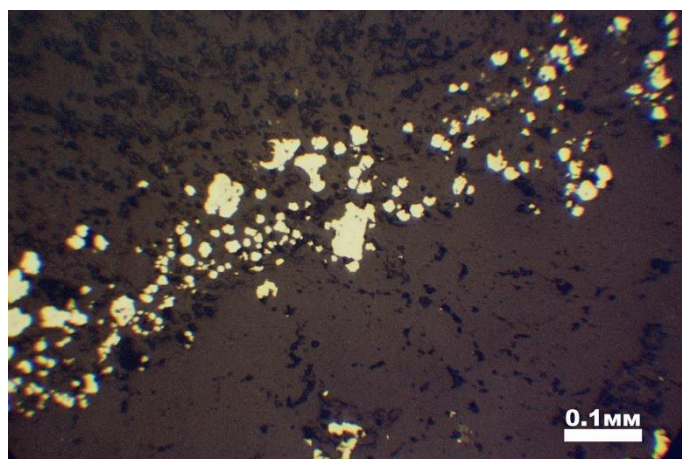


Рисунок 5.2.9. Тетрадимит (Td) в срастании с пильзенитом (Pz), золотом (ярко-желтое) и галенитом (Gn) в кварц-серицитовой массе. Анш. Б-095-2

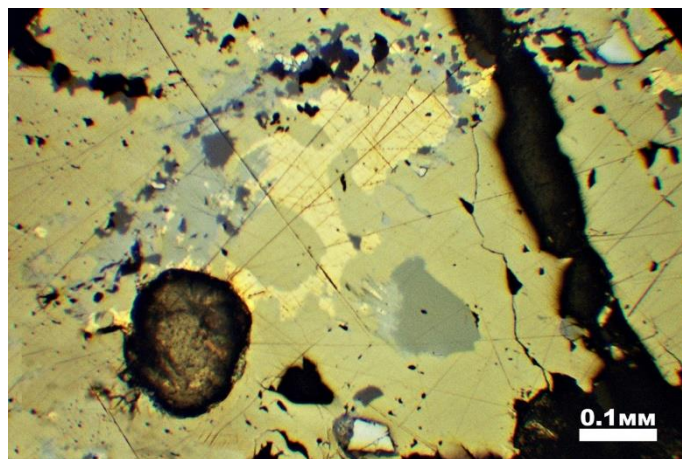


Рисунок 5.2.10. Бурсаит (Brs) в сростании со сфалеритом (темно-серое), золотом (Au) и блеклой рудой (Fl) в халькопирите (желтое). Анш. III-ЮЗ-039-13

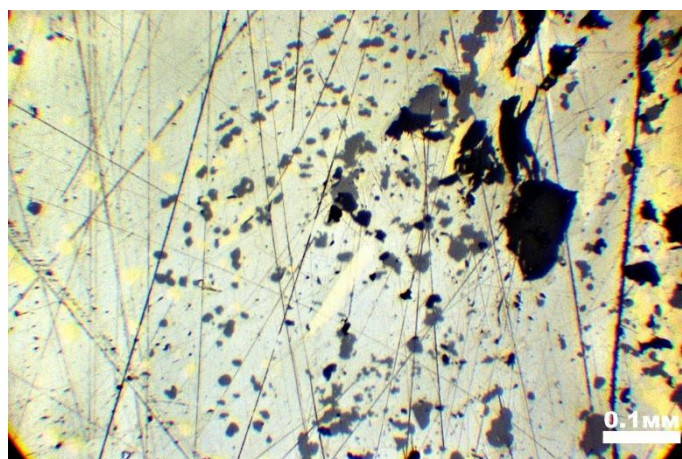


Рисунок 5.2.11. Пластинки и иголки тетрадимита (Td) и бурсаита в сростании с мелкими выделениями сфалерита (темно-серое) и халькопирита (желтое) в галенитовой массе. Анш. III-ЮЗ-039-13



Рисунок 5.2.12. Бурнонит (серо-голубое) в сростании с халькопиритом (светло-желтое) в кварце (темное). Кварцевая жила с вкрап. полиметаллической рудой. Анш. Б-032-11

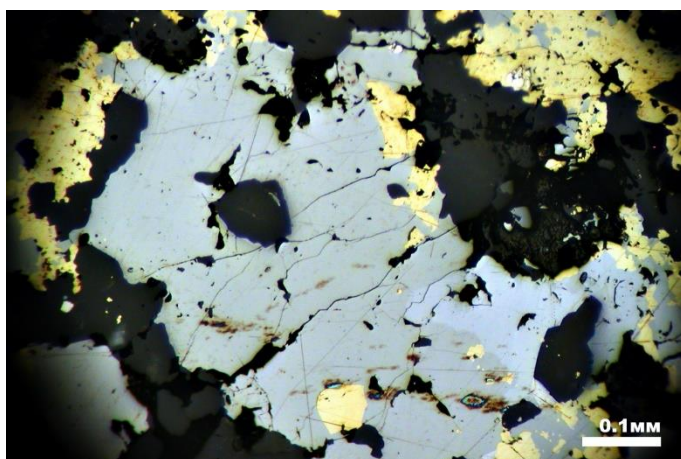


Рисунок 5.2.13. Бурнонит (Br) в сростании с блеклой рудой (Fl) и халькопиритом (желтое) в кварце (темное). Au – точечное включение в блеклой. Анш. Б-032-11

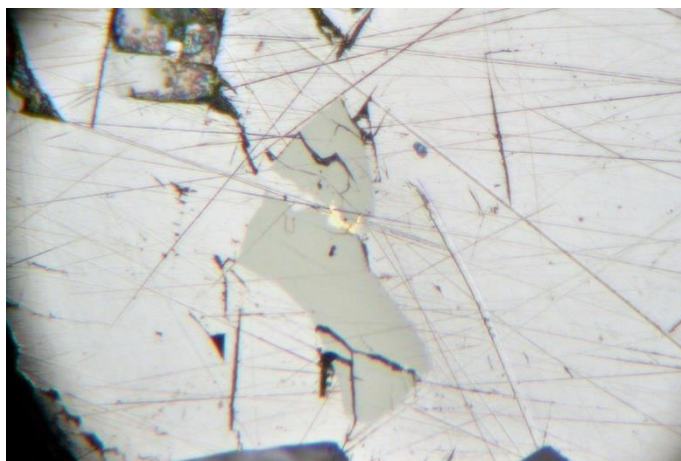


Рисунок 5.2.14. Электрум (желтое) в блеклой руде (Fl). Основной фон – галенит. Сплошная свинцово-цинковая руда. Анш. ЮБ-013-2

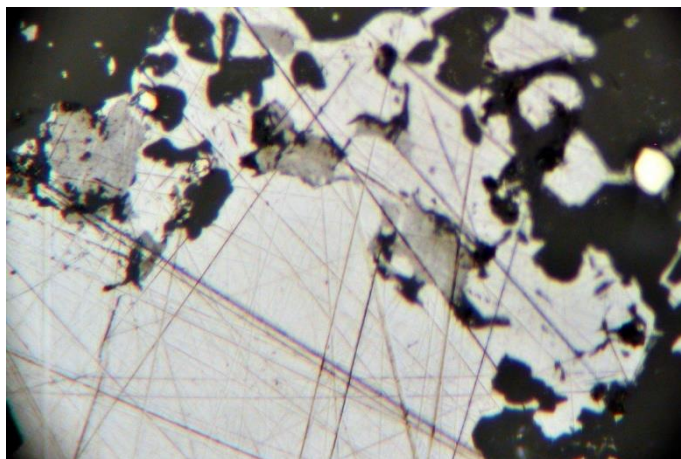


Рисунок 5.2.15. Сульфид Pb (серое) в галените (светлое). Кварц-доломитовая жила с гнездовой свинцово-цинковой рудой. Анш. ЮБ-018-2

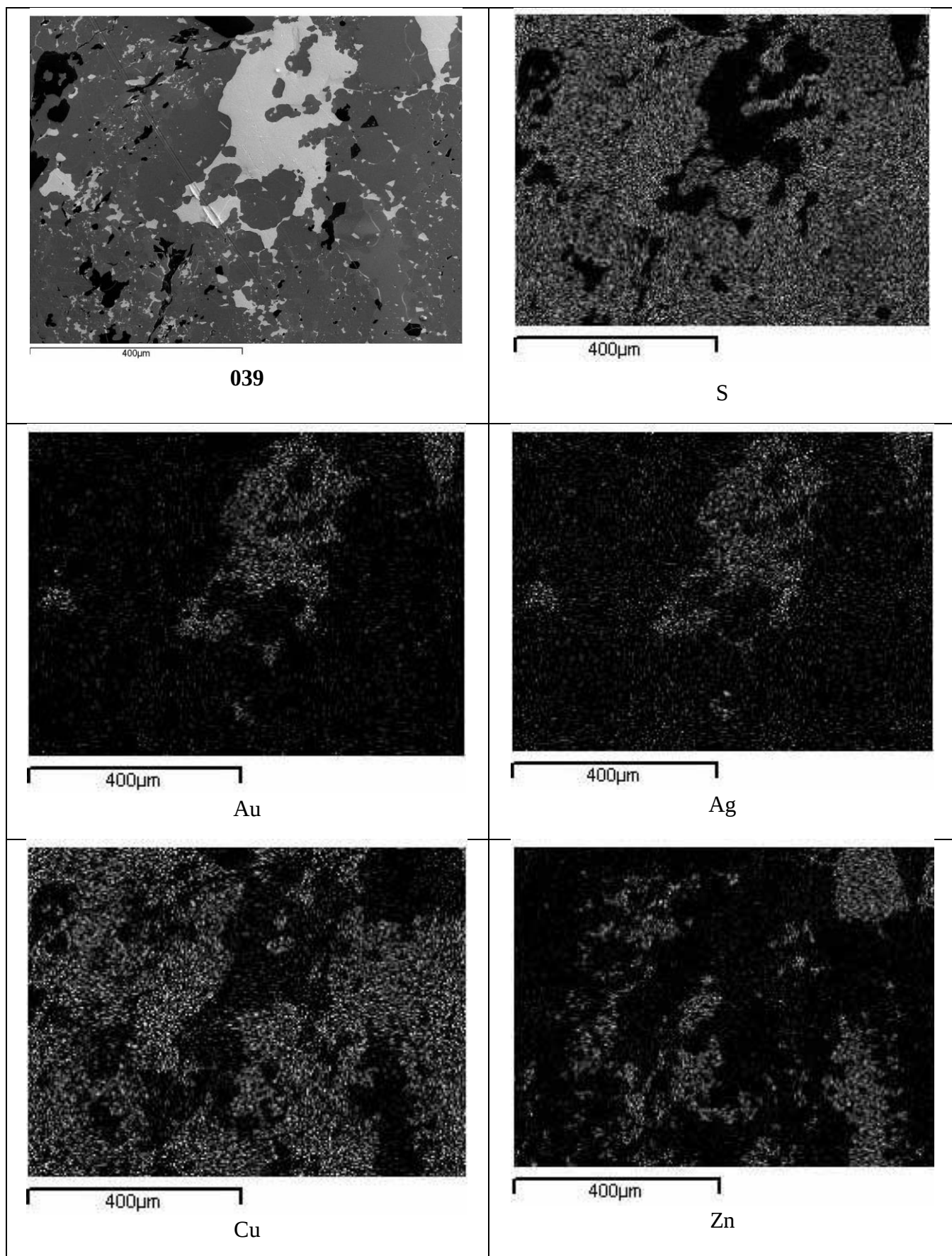


Рисунок 4.38. Растровая картина выделения самородного золота среди сульфидов (Анш. – 039) 039-во вторичных электронах; S; Au; Ag; Cu; Zn-в рентгеновских лучах.

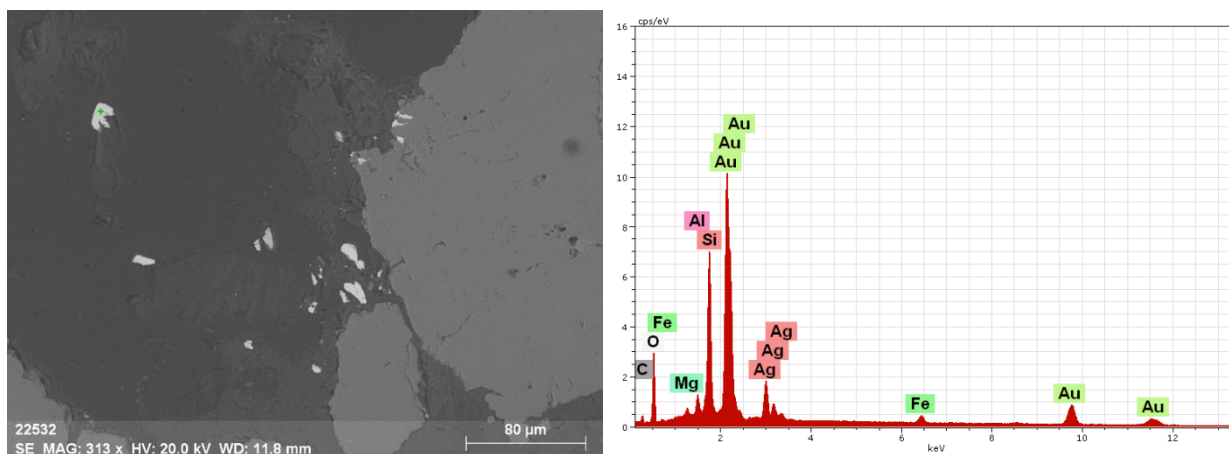


Рисунок 5.2.16. Выделение самородного Au в образце (Анш.-024) с ярко-выраженной полиметаллической минерализацией.

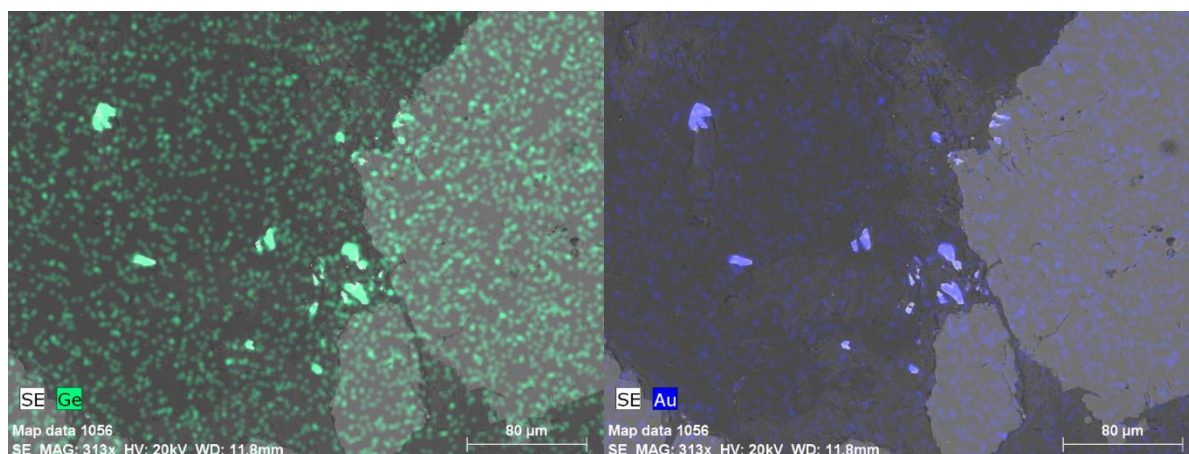


Рисунок 5.2.17. Сканирование образца (Анш.-024) на установление связи Au-Ge.

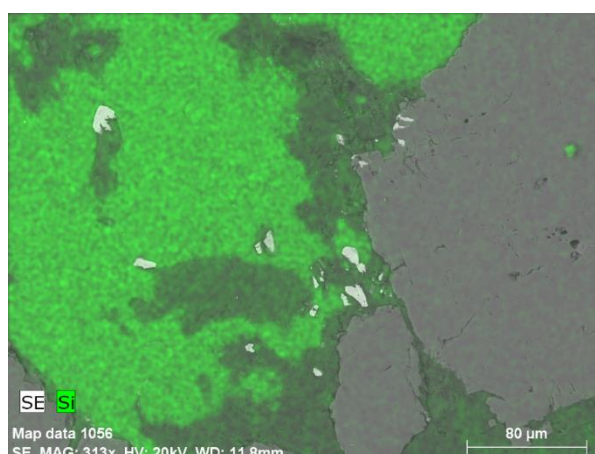


Рисунок 5.2.18. Наличие Si в образце (Анш.-024)

Специфической особенностью золотосодержащих сульфидных ассоциаций является тесная парагенетическая связь самородного золота с теллуридами висмута и свинца, представленных теллуровисмутитом (рис. 5.2.19), хедлейитом, тетрадимитом, теллуροжозеитом, гесситом и самородным висмутом. Срастания золота с названными минералами золото-кварц-полиметаллическим жильным оруденением во всех случаях характеризуются ровными сглаженными границами, что свидетельствует о близкоодновременном их образовании.

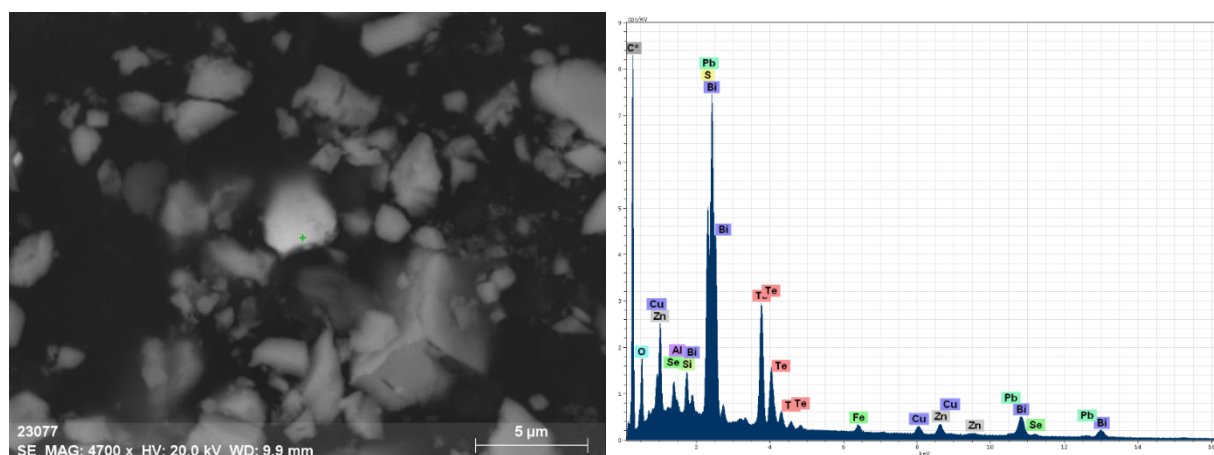


Рисунок 5.2.19. Рb-концентрат Риддерской обогатительной фабрики.

Присутствие теллуридов свинца и теллуровисмута в галените.

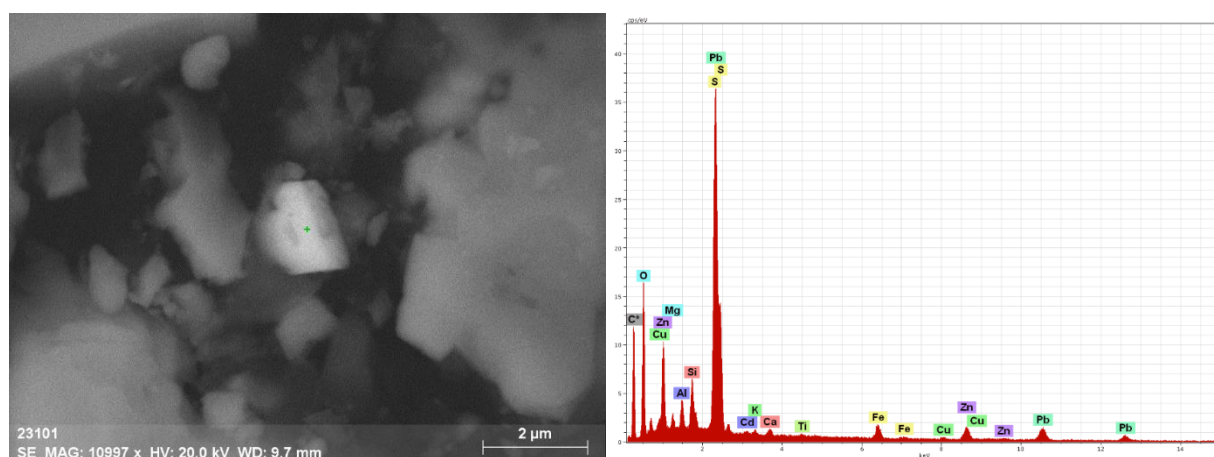


Рисунок 5.2.20. Кадмий в цинковом концентрате (R=0,86).

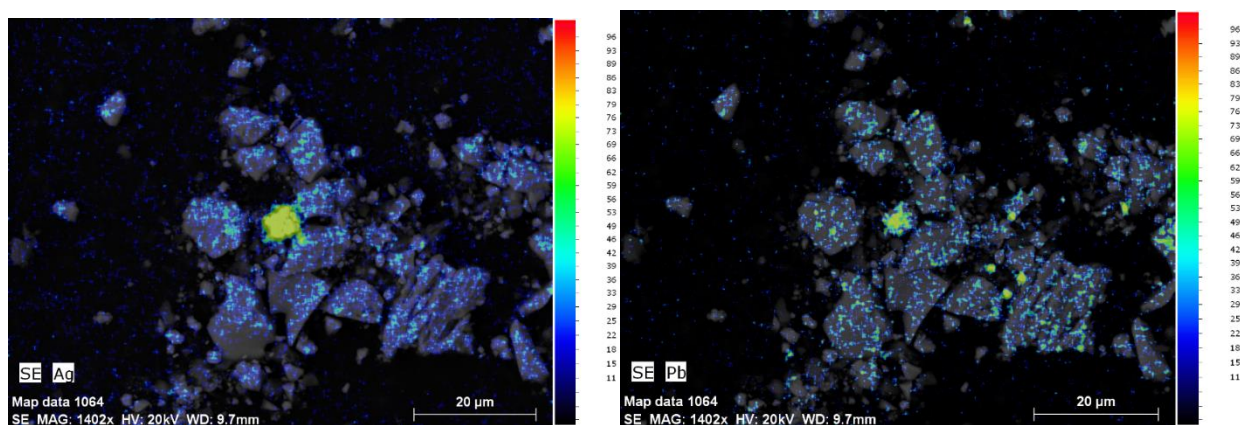


Рисунок 5.2.21 Свинцовый концентрат. Присутствие серебра с галенитом.

Подтверждение прямой зависимости Ag-Pb ($R=0,68$).

5.3. Редкие и рассеянные элементы в процессе технологического передела (обогащения)

Минералогический анализ продуктов обогащения показывает, что при одностадиальном измельчении руды оптимальной крупностью для извлечения цветных металлов является 58-62% класса – 0,074мм.

В общем количестве металлы, ассоциированные с сульфидами, в сростках, подвергающихся цианированию, от 15 до 30% находятся в кристаллической решетке сульфидов, поэтому потери с хвостами в цикле цинковой флотации могут составлять от 20 до 40%, что и отмечается по фактическим показателям работы обогатительной фабрики. В таблице 5.4 приводятся показатели распределения благородных, цветных, редких и рассеянных элементов в продуктах обогащения всех сортов руд и техногенного сырья перерабатываемых на Риддерской обогатительной фабрике за 2013 год. Для более наглядного анализа данных были отстроены графики распределения элементов по сортам сырья (рис. 5.70 – 5.79).

Таблица 5.4 – Распределение благородных, цветных, редких и рассеянных элементов в продуктах обогащения всех сортов руд и техногенного сырья, перерабатываемых на Риддерской обогатительной фабрике в 2013 году.

Сорт сырья	Наименование продукта	Содержание элементов, г/т, %													
		Cd	Sb	Ge	Tl	Te	Ga	In	Se	Hg	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
Pb-Zn руда с повышенным содержанием Au	Руда на обогащение	0,0218	0,0242	0,0014	0,0005	0,0053	0,0019	0,0088	0,0101	0,01	22,58	25,03	1,67	1,25	2,33
	Гравит. кон-т	0,021	0,11	0,0017	0,0013	0,015	0,0011	0,01	0,027	0,01	193,5	124	2,7	4,08	3,88
	Флот. кон-т	0,095	0,096	0,001	0,00056	0,011	0,0013	0,013	0,01	0,01	113,5	130	9,27	6,64	12,98
	Хвосты флотац.	0,015	0,017	0,0014	0,00048	0,0047	0,002	0,0084	0,01	0,01	1,1	1,5	0,05	0,068	0,056
Свинцово-цинковая руда Риддер-Сокольного месторождения	Руда	0,0032	0,0068	0,0002	0,0004	0,0023	0,0018	0,0119	0,0101	0,0028	1,99	15,47	0,14	0,22	0,5
	Грав. кон-т	0,036	0,17	0,00011	0,00077	0,014	0,0004	0,0063	0,01	0,001	87,5	101,5	0,78	3,46	3,31
	Cu к-т	0,016	0,64	0,00056	0,00066	0,05	0,00012	0,013	0,018	0,001	113	1286	14,4	7,54	2,43
	Pb к-т	0,06	0,029	0,0001	0,00047	0,024	0,00044	0,011	0,023	0,001	59	685	4,36	14,92	10,35
	Zn к-т	0,27	0,047	0,00011	0,033	0,037	0,00032	0,00035	0,01	0,0016	2,4	44,4	0,81	1,65	53,32
	Пиритный к-т	0,028	0,0036	0,00028	0,0002	0,016	0,00016	0,0075	0,01	0,0011	9	106	0,85	1,2	5,57
	Отв. хвосты	0,001	0,0021	0,00025	0,00022	0,0016	0,0018	0,012	0,01	0,0028	0,42	2,1	0,016	0,032	0,09
Материалы хвостохранилища	Руда	0,064	0,019	0,001	0,001	0,007	0,002	0,005	0,01	0,01	1,1274	11,7606	0,1058	0,2803	0,8019
	Грав. кон-т	0,028	0,025	0,00046	0,0015	0,03	0,0006	0,006	0,01	0,01	59,5	117	0,32	2,97	3,36
	Флот. Au.сод к-т	0,073	0,1	0,0039	0,0027	0,032	0,0016	0,014	0,01	0,01	29	306,5	4,19	5,25	15,06
	Zn к-т	0,14	0,077	0,0005	0,0013	0,017	0,0013	0,0058	0,01	0,01	19,6	234,8	4,49	4,04	34,62
	Пиритный кон-т	0,026	0,045	0,0012	0,0027	0,026	0,001	0,011	0,01	0,01	14	215	1,16	2,45	5,68
	к-т дофлотации	0,16	0,065	0,0008	0,0021	0,027	0,0026	0,0085	0,01	0,01	21,5	276,05	2,42	3,63	28,87
	Отв. хвосты	0,064	0,017	0,00069	0,00058	0,0061	0,0016	0,0046	0,052	0,01	0,44	4,6	0,02	0,17	0,39
Медная руда Риддер-Сокольного месторождения	Руда	0,0168	0,0153	0,0022	0,0023	0,0039	0,0023	0,0037	0,0103	0,01	0,6482	6,7764	0,9982	0,1549	0,2436
	Грав. кон-т	0,019	0,13	0,0001	0,00021	0,0001	0,00026	0,0065	0,0057	0,01	65	135	4,95	1,3	1,15
	Cu к-т	0,035	0,062	0,00054	0,0012	0,0065	0,0009	0,0053	0,017	0,01	9,6	124,8	21,58	3,05	4,32
	Отв. хвосты	0,016	0,013	0,0023	0,0024	0,0038	0,0024	0,0036	0,01	0,01	0,18	1,1	0,021	0,017	0,05
Шламы (общие)	Руда	0,021	0,0035	0,00014	0,00057	0,00158	0,0018	0,0024	0,01		0,5230	6,8457	0,3444	0,4921	2,8553
	Cu к-т	0,022	0,035	0,0001	0,00081	0,0055	0,00034	0,0033	0,01		16,99	112,64	21,2	11,06	11,26
	Pb к-т	0,065	0,069	0,00015	0,00021	0,0055	0,00025	0,0025	0,022		17,24	165,84	6,44	33,47	19,45
	Zn к-т	0,21	0,02	0,0001	0,0002	0,0024	0,00022	0,002	0,01		5,02	68,11	2,56	3,17	42,05
	Отвальные хвосты	0,01	0,0022	0,00014	0,00059	0,0015	0,0019	0,0024	0,01		0,15	2,47	0,11	0,17	0,61

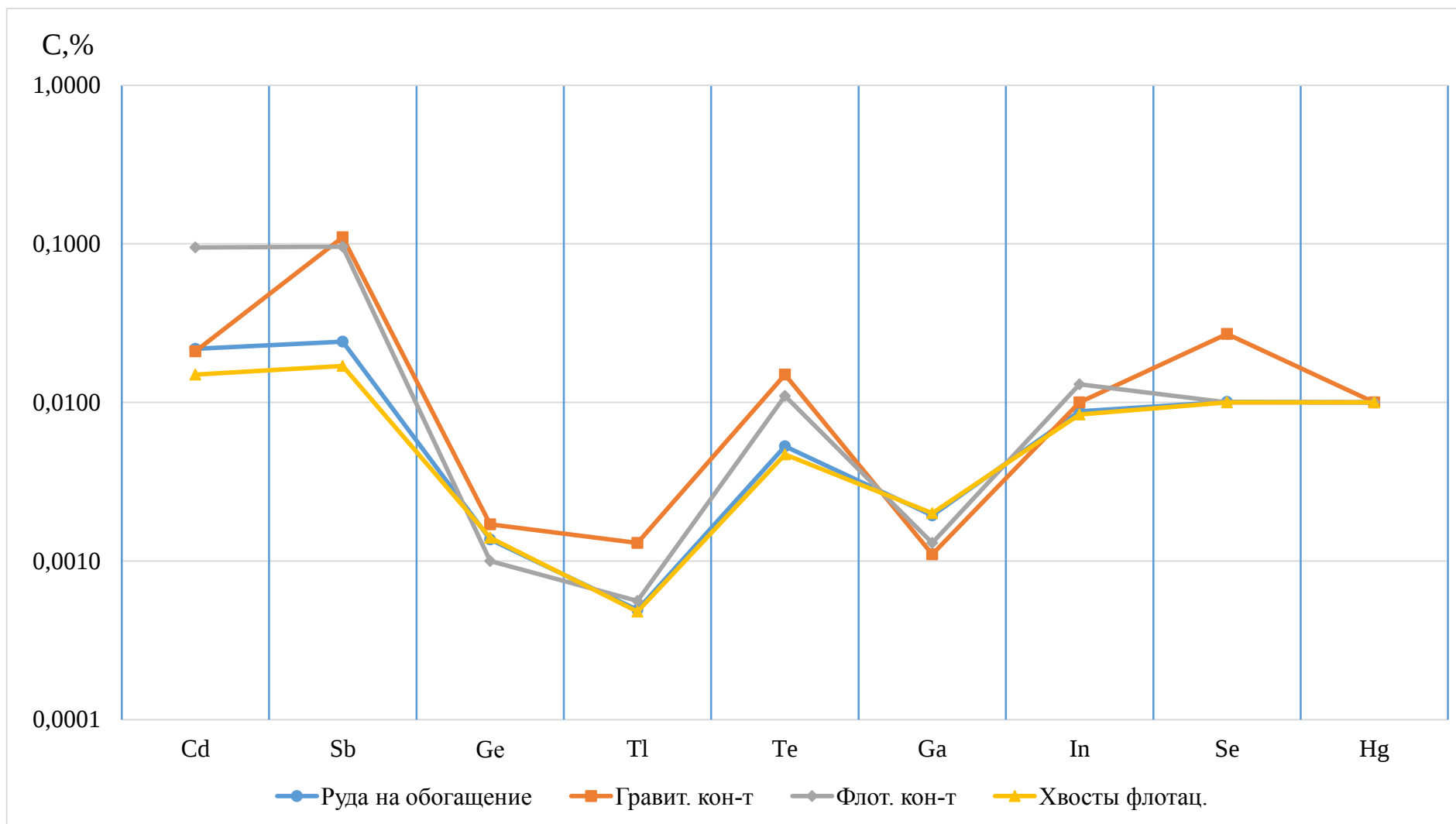


Рисунок 5.70. Распределение редких и рассеянных элементов в свинцово-цинковых рудах РСР и продуктах их переработки с повышенным содержанием золота.

Ввиду прямой зависимости между Pb-Zn-Cd на графике (рис. 5.70) во всех продуктах переработки отмечается достаточно высокое количество кадмия. Преобладает концентрация элемента во флотационном концентрате. Параллельно с Cd на диаграмме отмечается высокое содержание Sb которая во всех случаях превышает Cd, особенно стоит отметить гравитационный концентрат.

Рассматривая хвосты флотации, явно выраженным фактом является достаточно значимое количество кадмия и сурьмы которые уходят в хвосты. Относительно других элементов, стоит отметить селен в гравитационном концентрате в количестве 0,03%. Данное обстоятельство можно интерпретировать, отталкиваясь от корреляционной связи между Se и Au (которая была выявлена ранее), а данный продукт переработки содержит повышенную концентрацию золота.

Анализируя остальные компоненты свинцово-цинковой руды и продуктов ее переработки, как таково высокие содержания не наблюдаются. Однако сравнивая концентрации в рудах на обогащение и хвостах флотации складывается картина практически равномерного распределения редких и рассеянных элементов в данных продуктах.

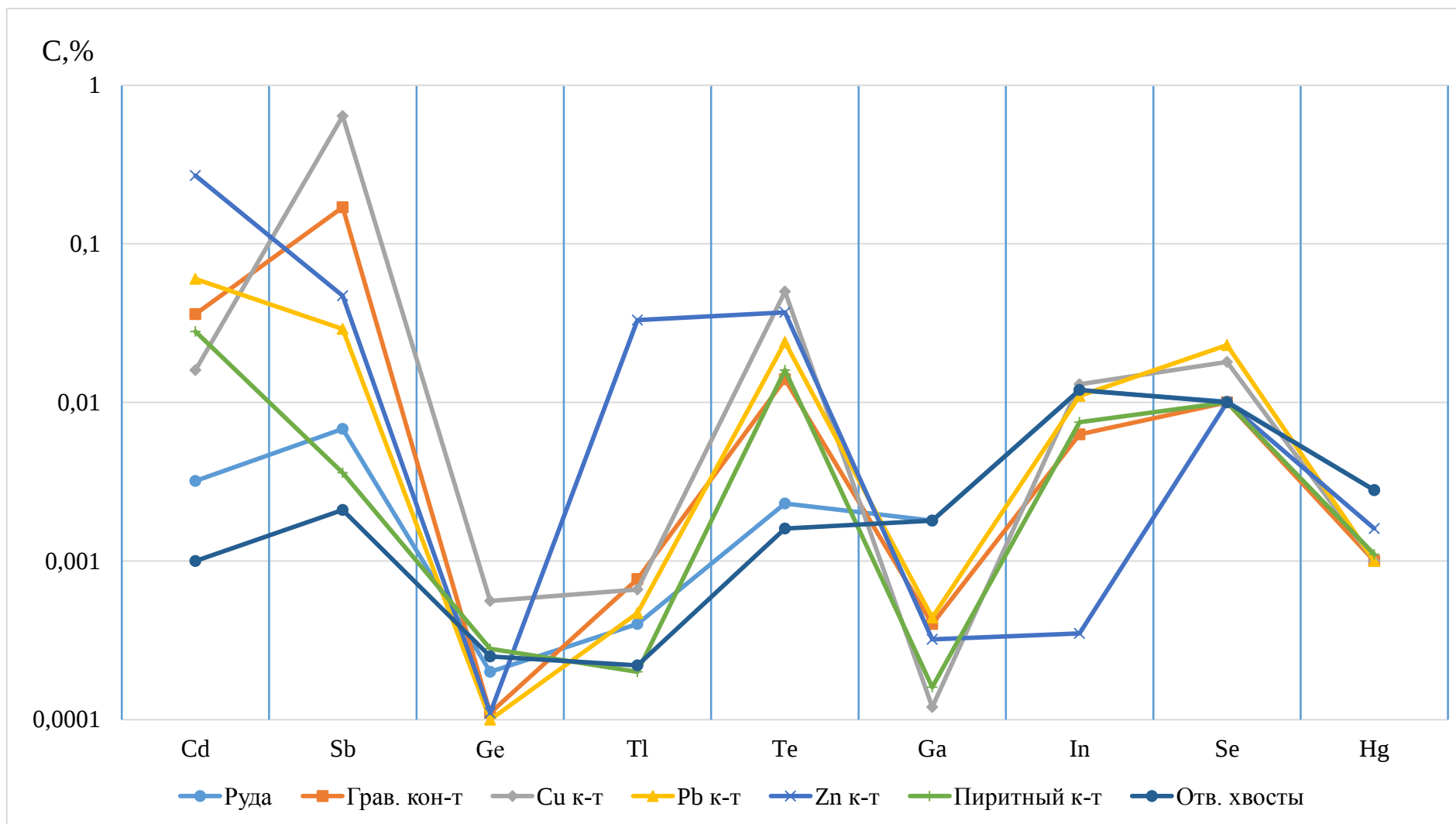


Рисунок 5.71. Распределение редких и рассеянных элементов в свинцово-цинковой руде РСР и продуктах ее переработки.

Как и в предыдущем случае в свинцово-цинковой руде и продуктах ее переработки (рис. 5.71), наблюдается высокие содержания сурьмы и кадмия. Существенным отличием является высокая концентрация Sb (0,7%) в медном концентрате.

Довольно интересно в данном сорте сырья ведет себя теллур. Также, как и сурьма, теллур преобладает в медном концентрате. Значимые корреляционные зависимости у меди с другими элементами не были выявлены (как говорилось ранее). Тем не менее возможно присутствие Te в Cu концентрате обуславливается минералогическими особенностями строения, наличием гессита $(\text{Ag}_{1.97}\text{Cu}_{0.03}\text{Fe}_{0.02}\text{Si}_{0.02})_{2.04}\text{Te}_{0.96}$, теллуrowисмутитина $(\text{Bi}_{2.05}\text{Ag}_{0.02})_{2.07}\text{Te}_{2.93}$, тетрадимита $(\text{Bi}_{2.02}\text{Ag}_{0.05}\text{Cu}_{0.02})_{2.09}\text{Te}_2(\text{S}_{0.68}\text{Se}_{0.23})_{0.91}$.

Цинковый концентрат является наиболее насыщенным редкими и рассеянными элементами такими как Cd, Sb, Te и особо выделяется Tl который не проявляется в других продуктах переработки свинцово-цинковой руды. Если предварительно просмотреть графики содержаний по другим сортам сырья, таллий также не проявляет высоких концентраций.

Другие элементы наблюдаются в очень небольших количествах.

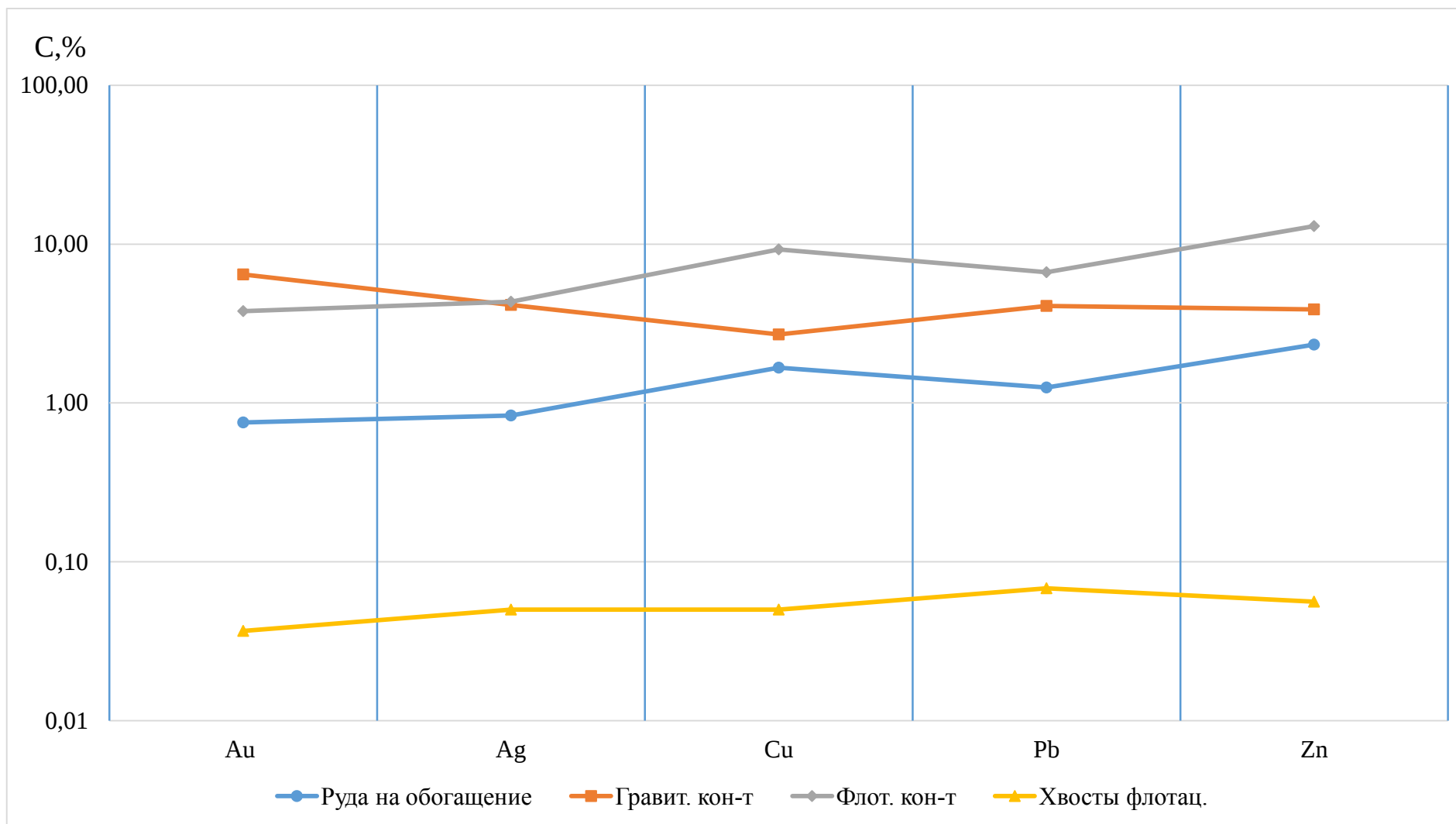


Рисунок 5.75. Распределение благородных элементов в свинцово-цинковых рудах и продуктах их переработки с повышенным содержанием золота.

Благородные металлы в свинцово-цинковых рудах с повышенным содержанием золота концентрируются в гравитационном и флотационном концентратах (рис. 5.75). Максимальный процент Au как показывает график рис. 5.75, находится в гравитационном концентрате. В то время как флотационный концентрат накапливает Ag, Cu, Pb, Zn.

В руде на обогащение золота и серебра содержится меньше чем в концентратах. Рассматривая подробно хвосты флотации, стоит отметить что небольшая часть благородных и цветных металлов теряются в отходах производства.

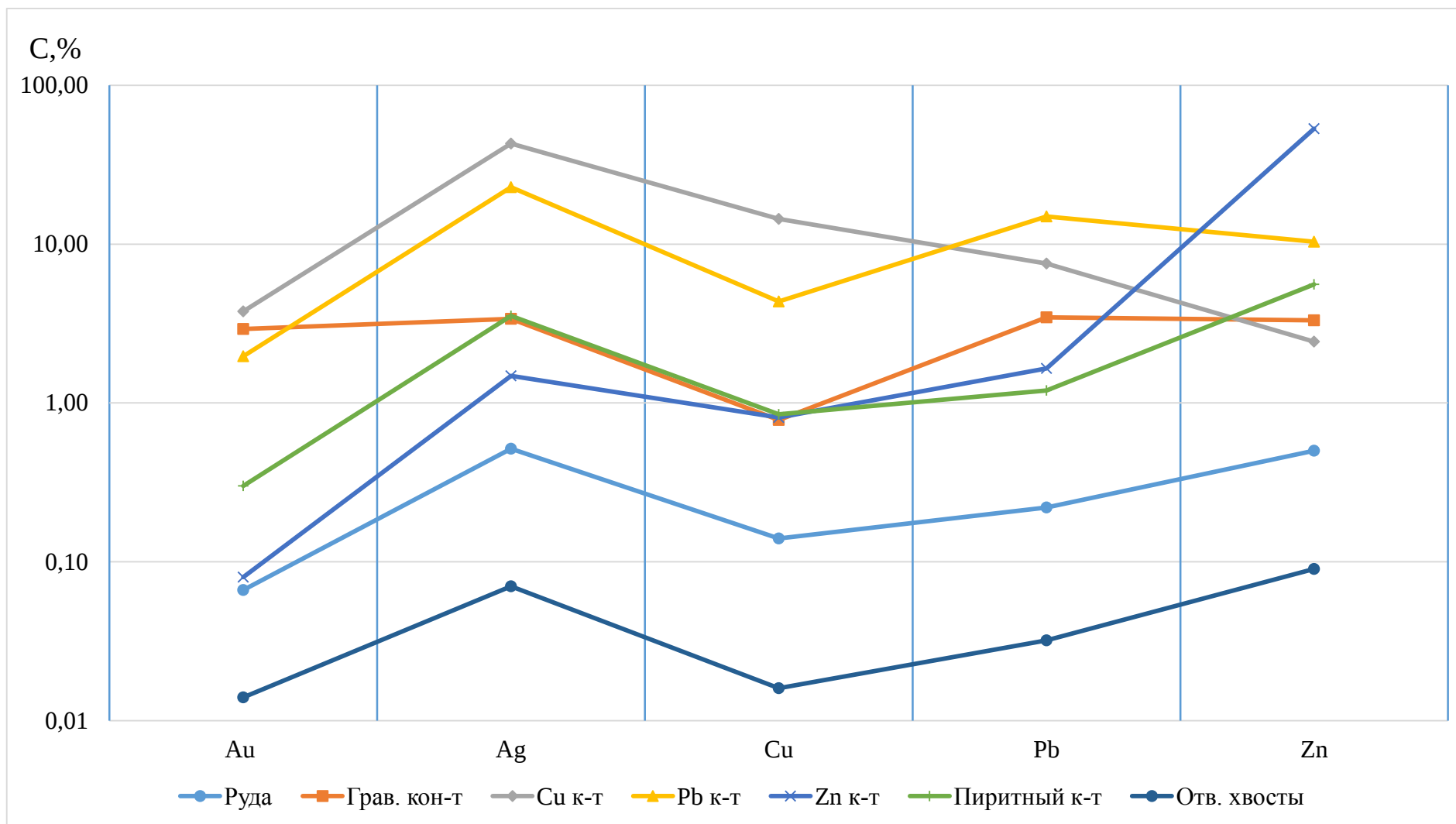


Рисунок 5.76. Распределение благородных элементов в свинцово-цинковой руде РСР и продуктах ее переработки.

В рядовой свинцово-цинковой руде, как показали исследования (рис. 5.76) концентрация золота и серебра приходится на медный концентрат. В гравитационном и свинцовом концентратах благородные элементы занимают среднее значение. Тогда как цинковый концентрат характеризуется минимальным процентом накопления Au и Ag. Пиритный концентрат содержит одну из максимальных концентраций серебра, однако одну из минимальных концентраций золота.

Отталкиваясь от данных таблицы 5.4 можно судить что в хвостах свинцово-цинковой руды содержится наименьший процент концентрирования благородных элементов, чем в других сортах сырья, что может свидетельствовать о высоком показателе извлекаемости.

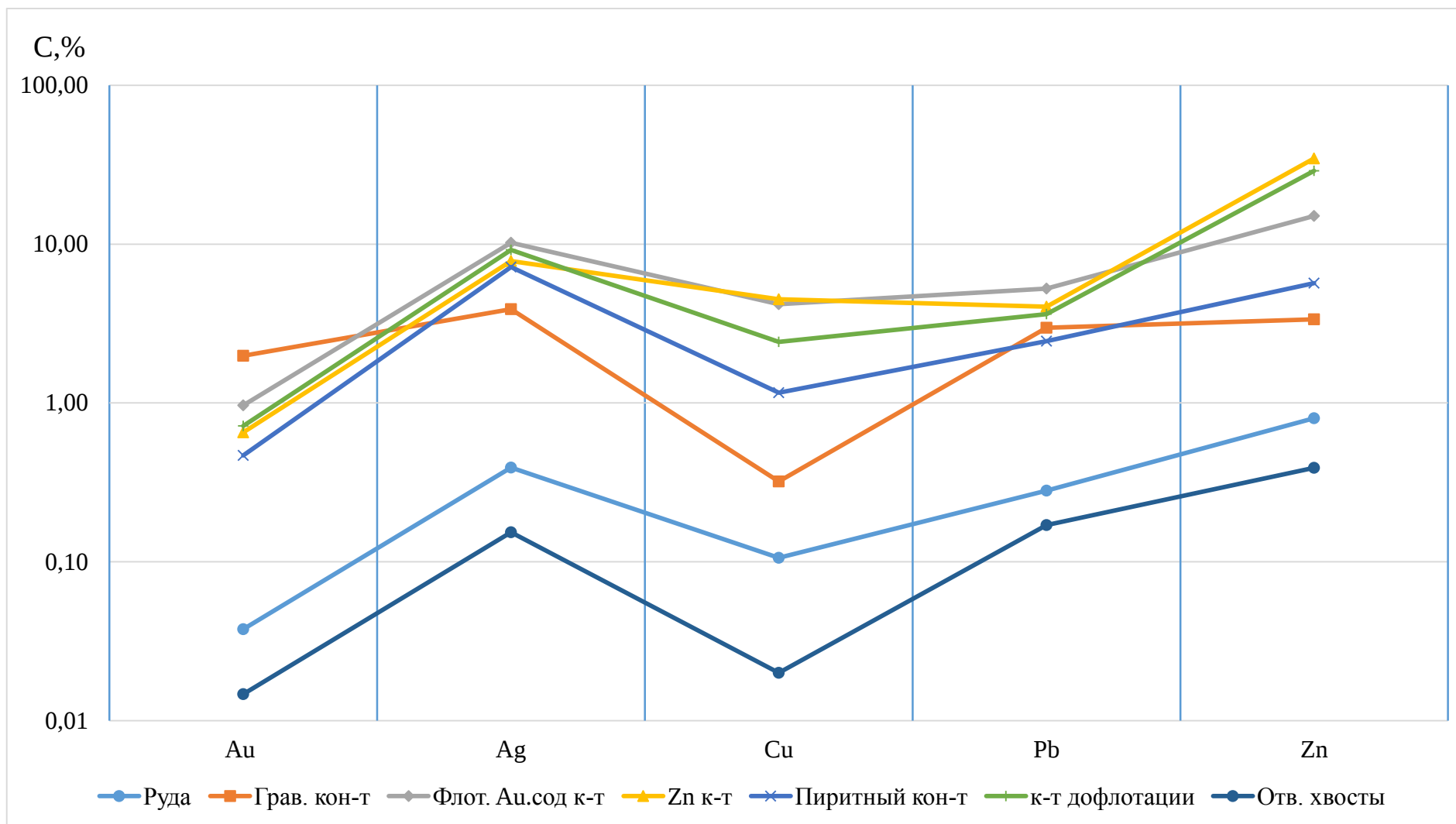


Рисунок 5.77. Распределение благородных и цветных элементов в материалах хвостохранилища.

При рассмотрении распределения благородных элементов в материалах хвостохранилища (рис. 5.77) стоит уделить особое внимание, т.к. уменьшая процент содержания золота в отходах можно существенно повысить финансовые показатели производства.

Максимальная концентрация благородных металлов в отходах производства приходится на гравитационный и флотационный золотосодержащий концентраты. Поскольку изначально данные продукты несут в себе высокие содержания. Средние показатели не только по Au и Ag но и по цветным элементам наблюдаются в цинковом и пиритном концентратах и концентрате дофлотации. Наибольшие потери поэлементно приходятся на цинк и золото.

Ввиду выше изложенного для повышения комплексного использования руды, наиболее эффективным шагом будет являться повторная переработка производственных отходов, для более детального извлечения ценных элементов. А также переработка позволит существенно снизить объемы занимаемой хвостами площади поверхности, что будет положительно сказываться на экологическом аспекте района и города в целом.

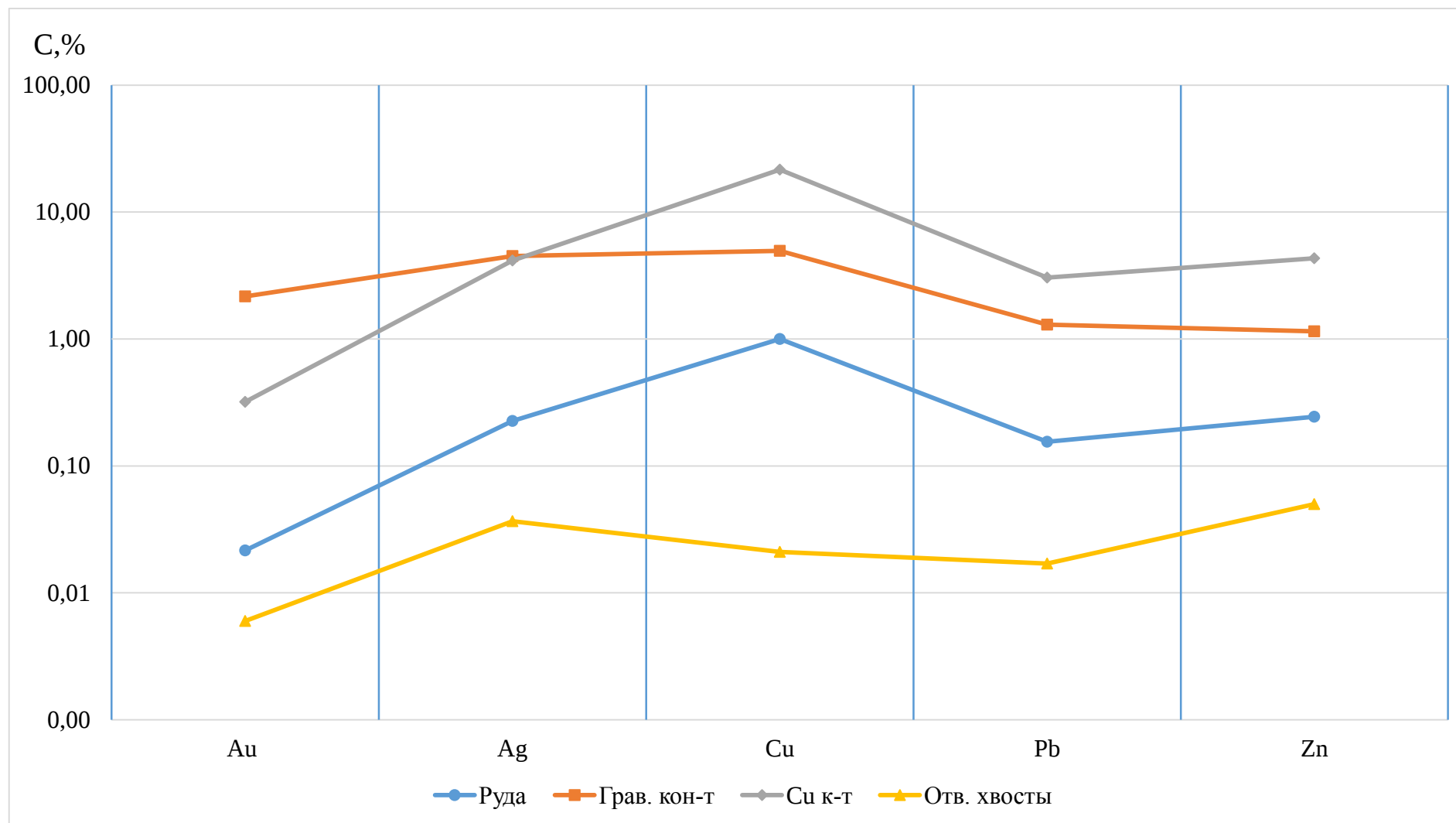


Рисунок 5.78. Распределение благородных элементов в медной руде РСР и продуктах ее переработки.

В медной руде (рис. 5.78) содержание Au и Ag приходится на гравитационный и медный концентраты, в среднем от 1% до 5%. Существенной особенностью является наименьший процент распределения цветных металлов в отвальных хвостах медной руды.

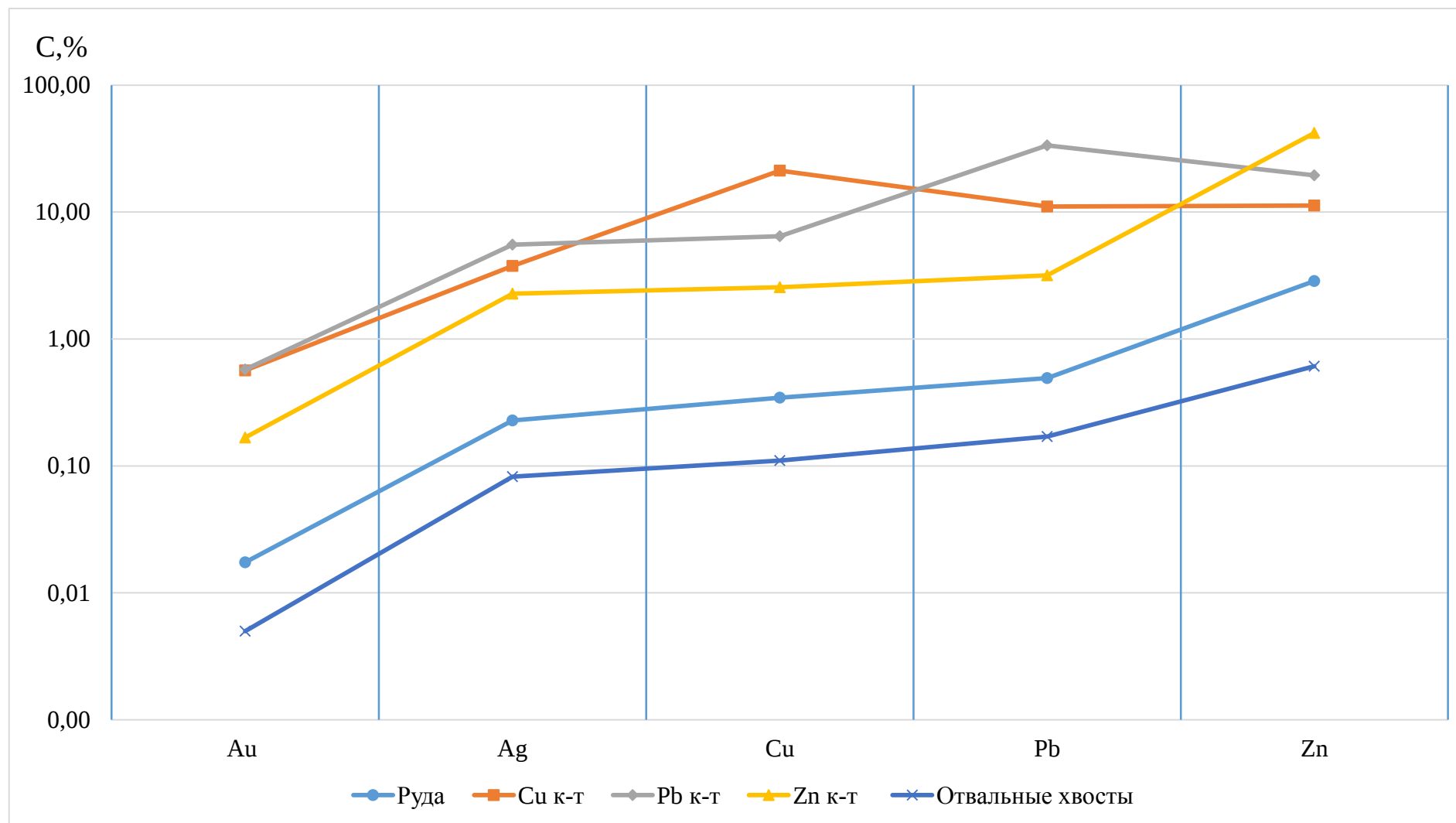


Рисунок 5.79. Распределение благородных и цветных элементов в шлаках РСР.

Анализируя другой сорт отходов производства (рис. 5.79) можно сделать вывод о наибольшей концентрации цветных элементов в шламах, в то время как большая часть благородных элементов переходит в хвосты. Рассматривая концентраты можно судить о среднем распределении всех элементов в продуктах, за исключением цинкового концентрата т.к. золота в нем наблюдается в 2/3 раза меньше. Относительно руды в шламах Zn (2,86%) и Pb (0,5%) концентрируются в большей степени. В хвостах в свою очередь, выделяется Zn содержание которого составляет около 1%.

Сульфидная свинцово-цинковая руда Риддер-Сокольного месторождения имеет наибольший удельный вес в сырье Риддерской обогатительной фабрики. В настоящее время эта руда обогащается по коллективно-селективной схеме с получением золотосодержащего флотационного и цинкового концентратов (марки КЦ-1).

Выделение золота в гравитационный концентрат из руды в цикле измельчения осуществляется отсадочными машинами с доводкой его на гравитационной секции.

Обогащение сульфидной медной руды производится по действующей на обогатительной фабрике селективной схеме с получением товарного медного концентрата марки КМ-3. При содержании цинка в медной руде 0,4-0,6% предусмотрена цинковая флотация медных хвостов с получением цинкового концентрата и отвальных хвостов.

Селективно добытая золотосодержащая руда при содержании золота 40г/т и выше перерабатывается для получения флюсового сырья конверторного и отражательного классов. При меньших содержаниях золота она поступает на обогащение по гравитационно-флотационной схеме. Применение этих схем переработки селективно добытых руд позволяет достичь извлечения 95% золота в товарные продукты обогатительной фабрики.

Обогащение смешанных свинцово-цинковых руд предусматривается по комбинированной схеме с получением объединенного флотационного золотосодержащего и цинкового концентратов; окисленные свинцово-цинковые руды – по гравитационно-флотационной схеме с получением объединенного золотосодержащего флотационного концентрата.

Технологические показатели обогащения всех типов руд, распределение цветных и благородных, редких и рассеянных элементов в продуктах обогащения приведены в отчете [13].

Исследования распределения попутных компонентов в рудах и продуктах обогащения позволяют сделать следующие выводы:

Максимальные содержания висмута, селена и теллура обнаружены в медных рудах месторождения, однако концентрация их в ныне получаемых флотационных продуктах очень мала, потери в отвальных продуктах составляют 95-98%.

Высоким содержанием кадмия отличаются свинцово-цинковые руды с повышенным содержанием цинка, вместе с цинком кадмий извлекается в цинковый концентрат, а затем при металлургическом переделе последнего на цинковом заводе получают кадмий чушковый.

Сера примерно в одинаковых количествах накапливается во всех концентратах. Однако, серная кислота, производимая в АО «Казцинк», в настоящее время не реализуется из-за отсутствия спроса на рынке, поэтому предприятие вынуждено ее нейтрализовывать, неся при этом дополнительные затраты.

Металлургический передел товарных концентратов осуществляется:

А) золотосодержащего – на Усть-Каменогорском свинцовом заводе АО «Казцинк» с получением:

- золота аффинированного;

- серебра аффинированного;
- свинца рафинированного;
- меди черновой;
- цинка в ШВП.

Б) цинкового— на Риддерском и Усть-Каменогорском цинковых заводах АО «Казцинк» с получением:

- цинка чушкового;
- кадмия чернового;
- Au, Ag, Pb, Cu в различные промпродукты – кеки, с последующей их переработкой на свинцовом заводе до товарных металлов.

В) медный концентрат реализуется на сторону.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Риддер-Сокольное месторождение характеризуется разнообразием залегания рудных тел, представленных маломощными (1,5-3м) и средней мощности (3-15) рудными телами, с углами падения 25-90°, руды и вмещающие породы – от устойчивых, средней устойчивости до неустойчивых, крепостью 5-14. Преобладают горные породы устойчивые средней трещиноватости, что предопределяет применение камерной выемки, обеспечивающей лучшие показатели извлечения. Породы склонны к самообрушению.

6.1. Выбор и обоснование систем разработки

В соответствии с горно-геологическими условиями месторождения предусматривается применение систем разработки с закладкой выработанного пространства и обрушением налегающих пород с учетом практики применения на руднике систем разработки. Применение закладки из твердых смесей диктуется необходимостью сохранения поверхностных объектов, подземных сооружений и сохранения предохранительных целиков. Учитывается также присутствие на отрабатываемых залежах свинцово-цинковых и медесодержащих руд различного содержания.

При выборе систем разработки учитывались также технологические факторы:

-необходимость сокращения до минимума удельного объема подготовительно-нарезных работ и максимальной проходки выработок в контурах рудных тел ввиду их малой мощности;

-формирование при очистной выемке плоских днищ в условиях применения самоходных погрузочно-доставочных машин;

-обеспечение минимальных потерь и разубоживание руды.

На проходке горных выработок и очистной выемке руды предусматривается самоходное буровое, погрузочно-доставочное и транспортное оборудование.

Широкий диапазон мощностей и углов падения рудных тел, а также устойчивости горных пород определили необходимость применения различных вариантов систем разработки и технологических схем подготовки и очистной выемки руды.

На основании изложенного и практики применения систем разработки в аналогичных условиях для отработки проектируемых залежей месторождения приняты следующие варианты систем разработки:

Для залежи «Соколок»:

-этажно-камерная выемка с отбойкой руды из подэтажных штреков с закладкой;

-сплошная подэтажная выемка с послойной отбойкой и выпуском руды с закладной.

Для залежи «Быструшинская»:

-сплошная этажно-камерная выемка с отбойкой руды из подэтажных штреков с закладной;

-подэтажно-камерная выемка руды с закладкой, нисходящая выемка;

-подэтажно-камерная выемка с закладной, восходящая выемка.

Для залежи «Победы»:

-этажно-камерная выемка с отбойкой руды из подэтажных штреков;

-подэтажное обрушение с послойной отбойкой и выпуском руды;

-камерная выемка с доставкой руды силой взрыва.

Система подэтажного принудительного обрушения

Система разработки предусмотрена для отработки крутопадающих (более 50°) рудных тел мощностью 3-15 метров.

Основные параметры блока:

- длина — 50 м;

- ширина — по мощности рудного тела, средняя 6,1 м;

- высота — 40 м.

Подготовительно – нарезные работы

Выемочный блок по высоте делится на два подэтажа и подготавливается откаточным штреком и ортом – заездом, скреперными штреками, вентиляционно-ходовым восстающим с вентиляционными сбойками и рудоспуском.

Нарезные работы заключаются в проходке буровых штреков, ниш, дучек и отрезного восстающего. Подэтажный скреперный штрек, ниши и дучки проходятся полевыми в лежачем боку рудного тела и обеспечивают прием и выпуск всей руды с подэтажа самотеком, под действием собственного веса.

Очистные работы

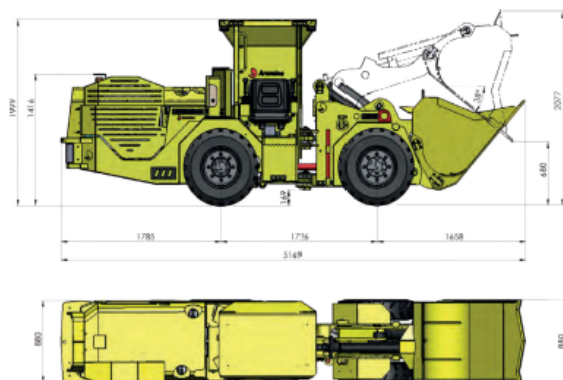
Очистные работы на каждом подэтаже заключаются в разбурировании руды веерами скважин, их взрывании и последовательном выпуске руды по длине в отступающем порядке с опережением вышележащих подэтажей над нижележащими на 10-15 м. Очередные скважины взрывают после выпуска руды от предыдущей отбойки. По мере выпуска руды освобождающееся пространство заполняется обрушенными породами, при необходимости осуществляется принудительное обрушение пород висячего бока после полного выпуска руды из очистного пространства.

Обурирование руды предусматривается станками типа ЛПС-ЗУ, зарядание скважин зарядчиками типа Ульба 400МИ. Доставка руды из дучек и погрузка ее в вагоны с погрузочных полков, или в рудоспуск предусматривается скреперной лебедкой типа 55ЛС-2СМ.

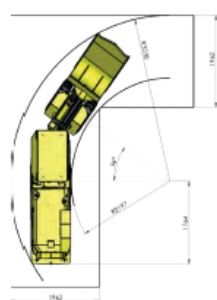
Проветривание выработок при ведении подготовительно-нарезных работ предусматривается вентиляторами местного проветривания типа ВМЭ-6, при ведении очистных работ – за счет общешахтной депрессии.

6.2. Применяемое оборудование и параметры горной выработки

ГАБАРИТЫ (с ковшом 0,5м³)

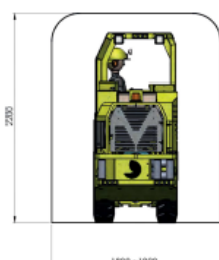


Радиус поворота (с ковшом 0,5м³)



Рекомендуемая выработка

(с лопатой ковшом)



L1192 miniLoader TECHNICAL SPECIFICATIONS
En301 202/08

СПЕЦИФИКАЦИИ

Технические характеристики

Грузоподъемность 1 000 кг
Вес статич. опрор 3 000 кг
Выкатное усилие 2 500 кг
Общая масса без груза 4 000 кг
Без груза: Перед 1 350 кг / Зад. 2 650 кг
С грузом: Перед 3 700 кг / Зад. 1 300 кг
Стандартный объем ковшей: 0,5 м³

Надотность (г/м³)	1,6	2,0	2,4
Объем (м³)	0,6	0,3	0,4
Ширина (мм)	1050	880	880

Скорость

Скорость передвижения: до 6,5 км/ч при 60 Гц
от 0 до 5,5 км/ч при 50 Гц
Скорость подъема/опускания: 0,5 м/с при 60 Гц/50 Гц
Стрела: Подъем: 4,5с/4с / Опускание: 3с/2,5с
Ковш: Загрузка: 4с/3,5с / Опускание: 6,5с/5,5с

Электродвигатель и Система

Двигатель:
Трёхфазный асинхронный электродвигатель с
короткозамкнутым ротором
Степень защиты: IP55
Мощность, частота тока и скорость
30 кВт при мощности 30 Гц – 1500 об/мин
34 кВт при мощности 60 Гц – 1800 об/мин

Система:
Электронная совместная с 380В-50 Гц/400В-60 Гц

Кабель и кабельный барабан

Гидравлическая передняя с системой автоматической
регулировки на тахометр.
Импульсный кабель для гидравлических работ.
Вместимость: 150 м кабеля 4 х 16 мм²
80 м кабеля 4 х 16 мм²
(диаметр кабельного барабана: 800 мм)

Трансмиссия

Гидростатическая трансмиссия переменного потока
Гидростатический насос 65 см³/мин
Гидростатический мотор 30 см³/мин

Передний и задний мосты

Передний и задний мосты: Airtite AS095 Series
Передний: Жесткое крепление планетарного типа
с системой блокировки колес.
Задний: Блокнормальный мост планетарного типа со
стандартной дифференциалом.
Трансферная коробка установлена на заднем мосту

Осцилляция

Задний мост установлен на плавающей раме с 12°
артикуляцией (6° в каждую сторону).

Электрическая схема: 24 В

Электрическая схема с автоматической прокладкой
2 передние & 2 задние фары: 24В-413-705т

Система гидравлики

Фильтр грубой очистки 100 микрон
Возвратный фильтр 25 микрон
Фильтр Класс 68
Сдвоенный гидр. шестеренчатый насос
Гидравлический контроль управления и ковш
Гидроцилиндры двойного действия:
1 х загрузка, опускание, ковш
1 х подъем/опускание стрелы
1 х управление

Тормоза

Рабочий: Гидростатический
Стояночный и аварийный: Многодисковые
тормоза в масляной ванне гидравлического
и гидравлического опускания, установленные на
заднем мосту. Ручного и/или автоматического
действия (при потере напряжения в системе,
давления или отсутствия оператора).

Шины

Michelin 7,5R 15 X-Mile D2
Установлены на сварных колесных дисках.

Резервуары

Гидравлический: 60 л (принадлежит к раме)
Гидростатический: 45 л (принадлежит к раме)
Все резервуары имеют облегченный доступ
(легкая чистка)

Кабина оператора

Близкое расположение кабины оператора с
расширенным полем зрения.
Амортизированное сиденье, подлокотники и ремень
безопасности. Съемный коврик.
Эргономичное расположение рычагов
управления машиной и ковшом.

Activate
Go to BG's
L1192 miniLoader TECHNICAL SPECIFICATIONS
En301 202/08

Рисунок 6.1. Погрузочно-доставочная машина. Aramine.

Таким образом отталкиваясь от габаритов оборудования, параметрами горной выработки служат высота 2,5 м и ширина 1,8-2 м.

6.3. Расчет количества горной массы в 1 п.м

Горно-технические условия разработки месторождения.

Рудные тела, как и вмещающие породы, в общей массе обладают средней крепостью и устойчивостью.

Коэффициент крепости руд и пород по шкале Протодеяконова М.М. составляет 6-14 и 9-13, категория буримости по руде и породе – XV.

Коэффициент разрыхления руд и пород составляет 1,24-1,88, для расчетов принято среднее значение – 1,56.

Средние объемные веса составляют:

для руд – 2,8 т/м³;

для пород – 2,7 т/м³.

Для расчета 1 кубического метра горной массы используем формулу:

$$V = H \times B \times L, (\text{м}^3), \quad (1)$$

где, Н-высота выработки; В-ширина выработки и L-длина горной выработки.

В нашем случае Н=2,5 м; В=2 м; L=1 м

Соответственно

$$V = 2,5 \times 2 \times 1 = 5 \text{ м}^3$$

В результате получили объем горной массы в кубических метрах. Для расчета стоимости нарезных работ данной горной массы необходимо перевести кубические метры в тонны. Исходя из этого мы используем средний объемный вес горной массы для породы (т.к. данные горные работы являются разведочными) равный 2,7 м³.

$$V = 5 \times 2,7 = 13,5 \text{ т}$$

Получаем 13,5 тонн горной массы в 1 погонном метре проходческих работ.

6.4. Основные затраты

Для калькулирования себестоимости горных работ устанавливается следующая номенклатура калькуляционных данных.

Горно-проходческие работы:

1. Вспомогательные материалы на технологические цели;
2. Топливо на технологические цели;
3. Энергия на технологические цели;
4. Оплата труда производственных рабочих;
5. Отчисления на социальные нужды;
6. Амортизация;
7. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
8. Общепроизводственные расходы;

Все данные приведены ниже в таблицах №1, 2, 3, 4.

Примечание:

*В связи с тем что контрольный пакет акций компании “KAZZINC” в собственности компании “Glencore International AG ” все расчеты выполняются в у.е.

Таблица 1 - Затраты на технологический процесс.

Наименование затрат	Ед. изм.	На 1 м ³ г.м.	На весь объем руды			По видам работ		На 1 тонну руды
			Кол-во	Цена	Сумма	Кол-во	Сумма	Сумма
Вспомогательные материалы на технологические цели	\$			2 577 324	2 755 644		19,55	1,68
Сталь буровая Атлас Копко	шт	0,002910	192,001	279,82000	53 726	0,001362	0,38	0,03
Сталь Санбар для проходческих работ	шт	0,015588	1 169,241	93,10423	108 855	0,008293	0,77	0,07
Сталь Санбар для крепления	шт	0,001358	101,863	66,38017	6 762	0,000722	0,05	0,00
Коронки d-40	шт	0,206756	15 508,560	13,70194	212 497	0,109998	1,51	0,13
Коронки d-32	шт	0,025600	1 920,231	10,32718	19 832	0,013620	0,14	0,01
Коронки d-43 Мицубиси	шт	0,027090	1 787,399	60,00000	107 244	0,012678	0,76	0,07
Заточные головки для d-43		0,001363	89,929	87,70000	7 886			
Коронки d-76	шт	0,001589	104,841	145,00000	15 203	0,000744	0,11	0,01
Заточные головки для d-76		0,000122	8,048	92,00000	741			
Коронки d-32 для СХО	шт		0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Взрывчатые материалы:		0,150000	364 544,000		374 238	2,585620	2,65	0,23
В т.ч. а)гранулит АС-8	кг	0,150000	11 251,350	1,00000	11 251	0,079803	0,08	0,01
б)патронированные	кг	0,000000	150 018,000	1,58000	237 030	1,064040	1,68	0,14
ручное оборудование	кг	2,000000	150 018,000	1,58000	237 030	1,064040	1,68	0,14
СХО среднего класса	кг		0,000	0,00000	0	0,000000	0,00	0,00
СХО малого класса	кг		0,000	0,00000	0	0,000000	0,00	0,00
Senatel Magnum d36 (СХО)		2,300000	151 754,000	1,46000	221 551			
в)гранулит А-6	кг	0,000000	203 274,390	0,61898360	125 957	1,441775	0,89	0,08
ручное оборудование	кг	2,710000	203 274,390	0,61898360	125 957	1,441775	0,89	0,08
СХО среднего класса	кг	0,000000	0,000		0	0,000000	0,00	0,00
СХО малого класса	кг	0,000000	0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Лес крепежный	м3		692,329	103,51726	71 668	0,004911	0,51	0,04
Пиломатериал необрезной 40х4000 ИЗ	м3	0,001227	172,996	109,20000	18 891	0,001227	0,13	0,01

ХВ.ПОРОД 2 СОРТ								
Брус двукантный 0,14х0,22х4,0 БЕЗ КОРЫ	м3	0,000029	4,090	145,00000	592	0,000029	0,00	0,00
Лестница деревянная 0,48х4,0 М	шт.	0,002683	378,273	26,76000	10 123	0,002683	0,07	0,01
Стойка рудничная (ПРОПС) L4,5 БЕЗ КОРЫ	м3	0,000200	28,197	89,47000	2 522	0,000200	0,02	0,00
Стойка рудничная (ПРОПС) L2,8	м3	0,002620	369,391	95,00000	35 093	0,002620	0,25	0,02
Пробка конусная 0,13х0,05х0,03	шт.	0,044265	6 240,877	0,52000	3 246	0,044265	0,02	0,00
Забойник 2х0,028х0,03	шт.	0,012697	1 790,137	0,67000	1 201	0,012697	0,01	0,00
Брус нестроганный 0,04х0,04х4,5 М	шт.	0,000000	0,000	1,45000	0	0,000000	0,00	0,00
Цемент	тн	0,000576	81,211	76,98000	6 252	0,000576	0,04	0,00
Канат стальной(17,5мм)	п.м.	0,153153	11 487,855	1,89000	21 712	0,081481	0,15	0,01
Огнепроводный шнур	п.м.	0,000000	0,000	0,00000	0	0,000000	0,00	0,00
Детонирующий шнур	п.м.	0,540000	76 134,060	0,28000	21 314	0,540000	0,15	0,01
НЭСИ(типа EXEL-LP- 100)	шт	0,120000	16 918,680	9,79000	165 632	0,120000	1,17	0,10
Взрывной провод	п.м.	0,000000	0,000	0,08000	0	0,000000	0,00	0,00
СИНВ-Ш (ИСКРА-Ш)	шт	0,000000	284 700,470		339 820	2,019310	2,41	0,21
СИНВ-Ш (ИСКРА-Ш) (ручное оборудование)	шт	2,910000	159 983,070	1,19360	190 956	1,134720	1,35	0,12
СИНВ-Ш (ИСКРА-Ш) (СХО сред. класс)	шт	1,450000	124 717,400	1,19360	148 864	0,884590	1,06	0,09
СИНВ-Ш (ИСКРА-Ш) (СХО малый класс)	шт	0,000000	0,000	0,00000	0	0,000000	0,00	0,00
Арочная крепь	компл.	0,000049	3,675	646,81000	2 378	0,000026	0,02	0,00
Хомут для арочной крепей	шт	0,005430	407,298	4,10000	1 670	0,002889	0,01	0,00
	шт		0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Зарядные шланги D 32	шт	0,000499	37,430	6,16000	229	0,000265	0,00	0,00
Сетка металлическая	м2	0,035791	3 906,623	5,68000	22 191	0,027709	0,16	0,01
Сетка металлическая уч.№18		0,450000	14 327,100	5,68000	81 377			
Сталеполимерные штанги	шт.	0,213400	16 006,920	7,77000	124 374	0,113533	0,88	0,08
полимерная ампула АП d -24,5мм	шт.	0,280911	21 070,854	0,71000	14 961	0,149450	0,11	0,01
парашют заглушка УД-2	шт.	0,082450	6 184,493	0,06000	370	0,043865	0,00	0,00
Пластификатор Меусо-580	кг	0,000000	0,000	0,00000	0	0,000000	0,00	0,00
Шлак	тн	0,000974	137,323	33,50000	4 601	0,000974	0,03	0,00

гранулированный								
Скрепер двухковшовый	шт.	0,000075	5,627	2354,10000	13 246	0,000040	0,09	0,01
Блок скреперн. d 190	шт.	0,000724	54,306	120,88000	6 563	0,000385	0,05	0,00
Скреперный блок d 300	шт.	0,000490	36,754	166,86000	6 131	0,000261	0,04	0,00
Петля для подвески	шт.	0,010221	766,667	15,98000	12 253	0,005438	0,09	0,01
Клин фиксации петли	шт.	0,007775	583,195	5,38000	3 138	0,004136	0,02	0,00
Скрепер V 0.22 - 0.45	шт.	0,000137	10,274	795,19000	8 167	0,000073	0,06	0,00
Лента тормозная ЛС-55	шт.	0,001186	88,962	253,32000	22 536	0,000631	0,16	0,01
Лента тормозная ЛС-30	шт.	0,000686	51,456	195,58000	10 064	0,000365	0,07	0,01
Лента тормозная ЛС-17	шт.	0,000736	55,206	176,79000	9 759	0,000392	0,07	0,01
Штанга буровая КПВ			195,975	22,53349	4 416	0,001390	0,03	0,00
в т.ч.:			0,000		0	0,000000	0,00	0,00
L - 1490	шт.	0,000430	60,625	24,96000	1 514	0,000430	0,01	0,00
L - 990	шт.	0,000430	60,625	21,81000	1 321	0,000430	0,01	0,00
L - 790	шт.	0,000530	74,725	21,15000	1 581	0,000530	0,01	0,00
БРС-2"	шт.	0,008962	1 263,543	9,04000	11 421	0,008962	0,08	0,01
Рукав резиновый напорный			3 771,459		20 145	0,026750	0,14	0,01
в т.ч.:			0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Рукав резиновый напорный (10*18)	п.м.	0,005590	788,130	2,49435	1 966	0,005590	0,01	0,00
Рукав резиновый напорный (25)	п.м.	0,005360	755,701	4,39875	3 325	0,005360	0,02	0,00
Рукав резиновый напорный (50)	п.м.	0,005300	747,241	10,18440	7 610	0,005300	0,05	0,00
Рукав резиновый напорный (32)	п.м.	0,010500	1 480,387	5,90000	8 736	0,010500	0,06	0,01
Труба вентиляционная	п.м.	0,075930	10 705,295	5,47679	58 632	0,075930	0,42	0,04
Втулка компенсационная	шт	0,007550	566,319	0,39000	222	0,004017	0,00	0,00
Гвоздь в т.ч.:	кг		96,014	0,83321	80	0,000681	0,00	0,00
Гвоздь 100 мм	кг		0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Гвоздь 120 мм	кг	0	0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Гвоздь 150 мм	кг	0,000681	96,014	0,83701	80	0,000681	0,00	0,00
Масло дрил для Бумера	кг		0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Хвостовик Бумер	шт.	0,003622	238,980	239,25000	57 176	0,001695	0,41	0,03
Муфта-переходник Бумер	шт.		0,000		0	0,000000	0,00	0,00
Пневмоподдержки	шт.	0,000766	57,456	471,52620	27 092	0,000408	0,19	0,02
переходник на штангу с Ø19 на Ø56- 65	шт.	0,005752	379,516	74,59000	28 306	0,002692	0,20	0,02
коронки диаметром 56- 65мм(расширители)	шт.	0,000187	14,028	35,24272	496	0,000099	0,00	0,00
Ударный инструмент СБУ	шт.	0,002077	137,039	66,00000	9 047	0,000972	0,06	0,01

Штанга анкерная 1817	шт.		27 168,913		235 280	0,192702	1,67	0,14
Штанга анкерная 1817 (СХО сред. класс)	шт.	0,514200	16 371,096	8,66000	141 771	0,116116	1,01	0,09
Штанга анкерная 1817 (СХО малый класс)	шт.	0,316262	10 797,817	8,66000	93 509	0,076586	0,66	0,06
Штанга анкерная 457 (СХО сред. класс)	шт.	0,163000	5 189,594	4,07000	21 122	0,036809	0,15	0,01
Штанга анкерная 457		0,008181	279,317	4,07000	1 138	0,001981	0,01	0,00
Краска аэрозольная	шт.	0,020226	1 334,512	1,73706	2 318	0,009465	0,02	0,00
Прочие материалы	\$				178 320		1,26	0,11
ИТОГО:					2 755 644		19,55	1,68

Таблица 2 - Ресурсные затраты.

Наименование затрат (Энергетические на технологические цели)	Ед. изм.	На весь объем руды			По видам работ		На 1 тонну руды
		Кол-во	Цена	Сумма	Кол-во	Сумма	Сумма
Электроэнергия	тквтчас	24 489,790	28,70011	702 859	0,17370	4,99	0,43
Сжатый воздух	тм3	217 738,409	4,981890907	1 084 749	1,54437	7,69	0,66
Промышленная вода	м3	1 100 842,112	0,0000000	0	7,80800	0,00	0,00
ИТОГО:	\$			1 787 608		12,68	1,09

Таблица 3 - Оплата труда работникам.

Наименование затрат	Ед. изм.	На весь объем руды (сумма)	По видам работ (сумма)	На 1 тонну руды (сумма)
Основная зарплата	\$	4 208 451	29,85	2,57
Социальный налог	\$	231 802	1,64	0,14
Социальные отчисления		160 762	1,14	0,10
Обязательные профессиональные пенсионные взносы	\$	210 422	1,47	0,14
ИТОГО:		4 811 437	34,1	2,95

Таблица 4 - Амортизационные затраты.

Наименование затрат	Ед. изм.	На весь объем руды (сумма)	По видам работ (сумма)	На 1 тонну руды (сумма)
Амортизация оборудования	\$	3 322 265	23,56	2,03
Накладные расходы	\$	7 808 842	55,37	4,78

6.5. Расчет стоимости одного погонного метра.

Таким образом для расчета общей стоимости затрат необходимо суммировать затраты на технологический процесс, энергетические затраты, оплату труда работникам, амортизационные траты, социальный налог, социальные начисления, пенсионные взносы, накладные расходы.

Таблица 5 - Итого по ГПР.

Наименование затрат	На весь объем руды (сумма)	По видам работ (сумма)	На 1 тонну руды (сумма)
Основные расходы	2 755 644	19,55	1,68
Энергетические затраты	1 787 608	12,68	1,09
Основная зарплата	4 208 451	29,85	2,57
Социальный налог	231 802	1,64	0,14
Социальные отчисления	160 762	1,14	0,10
Обязательные профессиональные пенсионные взносы	210 422	1,47	0,14
Амортизация оборудования	3 322 265	23,56	2,03
Накладные расходы	7 808 842	55,37	4,78
ИТОГО:	20 485 796	145,26	12,53

Для подсчета стоимости затрат горнопроходческих работ необходимо объем горной массы (т) умножить на общее количество затрат.

$$Z = V \times \sum Z, (2)$$

где $V = 13,5$ т, а $\sum Z$ на 1 тонну руды = 12,53 \$

$$Z = 13,5 \times 12,53 = 167,805 \$$$

В результате выполненных расчетов получаем что затраты на горнопроходческие работы 1 погонного метра выработки составляют 167,805\$.

Расчет в национальной валюте.

Курс доллара к тенге на 30.05.16 (Национальный банк Казахстана) составлял 1\$ = 337 т.

Следовательно, затраты 1 п.м. гпр в тенге будут равны 56550,285 т.

6.6. Способы снижения стоимости горнопроходческих работ

Горный способ снижения стоимости заключается в разработке всего сечения выработки за один прием или по частям с заменой вынимаемой породы временной крепью с последующим возведением постоянной обделки из монолитного бетона или из железобетонных элементов. Плотный контакт обделки с окружающим массивом грунта обеспечивается нагнетанием за обделку цементного раствора.

Существующие основные способы производства работ по сооружению выработки горным способом могут быть подразделены на три группы:

- к первой группе относят способы, при которых сечение выработки целиком освобождают от породы, используя варианты полностью раскрытого сечения (поточный и кольцевой варианты), сплошного забоя, ступенчатого забоя, центральной штольни, подсводного разреза, нижнего и верхнего уступов, после чего в выработке полного сечения сооружают стены и свод обделки;
- ко второй группе относят способы, когда сначала раскрывают и закрепляют калотту, в которой возводят свод, опираемый непосредственно на породу, применяя варианты проходки двухштольной, одноштольной и с опережающей калоттой);
- в третьей группе способов стены обделки сооружают в штольнях, после чего раскрывают калотту, в которой возводят свод, опираемый на стены (способ опорного ядра).

Способы проходки выработок и средства механизации определяют в зависимости от назначения сооружения, размеров и формы поперечного сечения, инженерно-геологических условий и др. на основании результатов технико-экономического сравнения вариантов.

До начала основных работ по сооружению выработок при необходимости следует производить проходку передовой штольни в пределах всего сечения для обеспечения осушения выработки и отвода самотеком подземных вод, улучшения ее вентиляции, организации транспортной связи между порталными площадками и уточнения

инженерно-геологических условий.

Способ сплошного забоя следует применять для проходки выработок высотой до 10 м с монолитной обделкой в скальных грунтах с коэффициентом крепости по Протоdjаконову не менее 4. При этом временное крепление выработки при проходке в скальных (невыветрелых) грунтах с коэффициентом крепости от 12 и выше не требуется, а при проходке скальных выветрелых и сильнотрещиноватых грунтов применение временной крепи обязательно.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ НА РИДДЕР-СОКОЛЬНОМ РУДНИКЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Социальная ответственность (social responsibility) - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях

Деятельность включает в себя продукты, услуги и процессы. Взаимоотношения относятся к деятельности организации в рамках ее сферы влияния [1].

Данный раздел диссертационной работы посвящен исследованию оптимальных условий труда рабочей среды и изучению опасных и вредных производственных факторов, присутствующих на рассматриваемом рабочем месте: шахтной поверхности Риддер – Сокольного рудника при отборе проб, лаборатории №8 горно – обогатительного комплекса, а также учебной аудитории при работе с компьютером.

Сбор и частичный анализ данных осуществлялись в городе Риддер, Восточно – Казахстанская область на объектах Риддерского горно – обогатительного комплекса (рудник, лаборатория). Выполнение выпускной квалификационной работы проводилось в ИПР ТПУ на кафедре ГЭГХ, 20 учебного корпуса. Выпускная квалификационная работа заключалась в исследовании корреляционной зависимости между благородными, редкими и рассеянными элементами на месторождении сульфидного типа с помощью статистического анализа данных и блочного моделирования рудных тел.

Риддер-Сокольное месторождение расположено в черте г. Риддер Восточно-Казахстанской области.

В орогидрографическом отношении оно находится в северо-восточной части Лениногорской котловины субширотной ориентировки. Абсолютные отметки данной впадины постепенно уменьшаются от 900-1000 м на северо-востоке до 650-700 м на юго-западе [2].

Основными средствами для выполнения дипломного проекта являлись геологоразведочное оборудование, спектрометр SPECTRO, персональный компьютер, программный комплекс Studio3 и локальная вычислительная сеть с выходом в Интернет.

Существенная часть работ производилась в подземных горных выработках (геологоразведочные работы), следовательно, в разделе «Социальная ответственность» рассматривается безопасность работы при геологическом обслуживании подземных рудных участков.

7.1. Профессиональная социальная безопасность

Подземные горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых осуществляются на основании проекта, который должен предусматривать применение технологических процессов, технических устройств и материалов, обеспечивающих промышленную безопасность, содержать оценку воздействия на окружающую среду планируемой деятельности.

Таблица 7.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении геологоразведочных работ.

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Отбор геологических проб. Документирование горных выработок.	1. Превышение уровней шума; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.	1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные); 2. Обрушающиеся горные породы; 3. Пожары и взрывы.	ГОСТ 12.1.003-2014 [3] ПБ 03-553-03 [4] ТИ 02-02-03-01-01 [10] СП 21.13330.2012 [16]

Примечание: Пожары и взрывы описаны в главе “Безопасность в чрезвычайных ситуациях” как ЧС.

7.1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

1. Превышение уровней шума

При работе машин и механизмов в них возникают механические колебания, вызываемые колебательными движениями твердых тел, различных сред, конструкций. Колеблющиеся тела излучают звуковые волны, распространяющиеся в газах, жидкостях и твердых телах и воспринимаемые ухом человека.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты. Шум отрицательно воздействует на работу мозга, нарушается восприятие человеком оперативной информации, рассеивается внимание, ухудшается память, снижается работоспособность.

Нормирование проводится в соответствии с длительностью его воздействия, разрабатываются мероприятия по снижению шума, применяются звукопоглощающие материалы.

На работодателе лежит основная ответственность за обеспечение безопасности при воздействии шума на работников. В первую очередь, он должен обеспечить посредством принятия соответствующих мер соблюдение гигиенических нормативов и снижение риска, связанного с воздействием шума на работников.

Эти меры могут включать в себя, в частности:

- оценку риска потери слуха работником;
- проектирование рабочих мест с учетом допустимого уровня риска;
- использование малошумных машин;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации, которая может быть переизлучена в виде шума;
- оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте;
- создание условий труда, при которых вредное воздействие шума не усугубляется наличием других неблагоприятных факторов;
- привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии;
- обучение работников правильному применению машин, уменьшающему риск появления у них профессиональной тугоухости;
- контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума;
- проведение послеремонтного и, при необходимости, периодического контроля шумовых характеристик машин;
- организацию профилактических мероприятий, ослабляющих

неблагоприятное воздействие шума;

- составление комплексных программ сохранения слуха работников [3].

2. *Недостаточная освещенность рабочей зоны*

На промплощадке рудника (шахты) освещению подлежат все места работ, приемные площадки у ствола, лестницы, проходы для людей, помещения электромеханических установок, автотранспортные, железнодорожные и другие пути.

Во всех перечисленных зданиях, кроме зданий подъемных машин, допускается применение для аварийного освещения индивидуальных аккумуляторных светильников.

Светильниками, питаемыми от электрической сети, должны освещаться следующие подземные выработки:

- а) околоствольные выработки;
- б) подготовительные и очистные забои;
- в) электромашинные, лебедочные и диспетчерские камеры, центральные подземные подстанции, локомотивные гаражи, здравпункты, склады ВМ, подземные ремонтные мастерские;
- г) приемные площадки уклонов, разминовки в околоствольных и участковых откаточных выработках, участки выработок и пункты, где производится разгрузка или перегрузка, пункты посадки людей в транспортные средства и подходы к ним;
- д) призабойное пространство стволов, сопряжений и камер при проходке и проходческие подвесные полки;
- е) постоянно обслуживаемые электромашинные установки, передвижные подстанции и распределительные пункты вне пределов специальных камер;
- ж) выработки, оборудованные ленточными конвейерами, предназначенными для перевозки людей;

h) горизонтальные выработки для транспортирования грузов и передвижения людей. Допускается не освещать транспортные выработки, служащие только для доставки грузов;

i) восстающие выработки с лестницами для передвижения людей. Очистные забои должны освещаться переносными светильниками напряжением до 36 В; кроме того, для осмотра кровли при высоте камер более 4 м и освещения камеры должно применяться прожекторное освещение напряжением не выше 127 В.

Призабойное пространство подготовительных и очистных выработок, проводимых с применением проходческих комплексов или комбайнов, должно освещаться встроенными в комплекс или комбайн светильниками.

В шахтах должны применяться светильники в рудничном исполнении. Допускается применение для освещения ламп напряжением не выше 24 В без арматуры. Для питания подземных осветительных установок необходимо применять напряжение (линейное) не выше 127 В. Для стационарного люминесцентного освещения допускается линейное напряжение 220 В. Для освещения предупредительных плакатов допускается использование напряжения до 275 В от контактного провода [4].

3. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

Содержание кислорода в воздухе выработок, в которых находятся или могут находиться люди, составляет не менее 20% (по объему). Содержание углекислого газа в рудничном воздухе на рабочих местах не более 0,5%; в выработках с общей исходящей струей шахты - 0,75 % и при проведении и восстановлении выработок по завалу - 1 %.

В воздухе действующих подземных выработках содержание ядовитых газов (паров) не более предельно допустимой концентрации, указанной в табл. 2.

Таблица 7.2 – Предельно допустимая концентрация содержания ядовитых газов (паров) в воздухе подземных выработок (“Требования

промышленной безопасности при ведении работ подземным способом”) [5].

Наименование ядовитых газов (паров)	Формула	Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт	
		% по объему	Мг/м ³
Оксись углерода (оксид углерода)	CO	0,0017	20
Окислы азота (оксиды азота) в пересчете на NO ₂	NO ₂	0,00026	5
Сернистый газ (диоксид серы, сернистый ангидрид)	SO ₂	0,00038	10
Сероводород	H ₂ S	0,00071	10
Акролеин	C ₃ H ₄ O	0,000009	0,2
Формальдегид	CH ₂ O	0,00004	0,5
Ртуть металлическая	Hg	-	0,01

При проверке достаточности разжижения ядовитых продуктов взрыва 1 л окислов азота принимать эквивалентным 6,5 л окиси углерода, 1 л сернистого газа - 4,5 л окиси углерода и 1 л сероводорода - 2,4 л окиси углерода.

Количество воздуха, необходимого для проветривания выработок, рассчитывается по наибольшему числу людей, занятых одновременно на подземных работах; по углекислому газу, ядовитым и горючим газам, пыли, ядовитым газам, образующимся при производстве взрывных работ; по вредным компонентам выхлопных газов, выделяющихся при применении оборудования с двигателями внутреннего сгорания, по минимальной скорости движения воздуха, причем принимается к учету наибольшее количество воздуха, полученного при расчете по вышеуказанным факторам.

Количество воздуха, рассчитывается по числу людей, но не менее 6 м³/мин на каждого человека, считая по наибольшему числу одновременно работающих людей в смене.

Для расчета принимаются следующее наибольшее количество одновременно взрываваемого ВВ:

1) при 2-часовом межсменном перерыве и проведении взрывных работ в начале перерыва в течение 30 мин - все количество ВВ, расходуемого в межсменный перерыв. Количество ВВ, расходуемого на протяжении смены

(вторичное дробление, проходка отдельных выработок и другие), в указанный расход не включается, если это количество меньше принятого для вышеуказанного расчета и если по этому расходу не производится расчет в соответствии с п/п 2) настоящего пункта;

2) в случаях, когда наибольшее количество ВВ на протяжении смены расходуется для вторичного дробления (системы разработки с массовой отбойкой) и на проходку выработок, для расчета принимаются при 6-7-часовой смене $\frac{1}{3}$ количества ВВ, расходуемого в течение смены, если эта часть ВВ больше расходуемого в межсменный перерыв.

Количество воздуха, подаваемого в каждый забой, в котором производятся взрывные работы, принимается таким, чтобы перед допуском рабочих в указанный забой образовавшиеся при взрывании ядовитые продукты взрыва (окись углерода, окись азота и другие) были разжижены не менее чем до 0,008 % по объему при пересчете на условную окись углерода, такое разжижение достигается в течение не свыше 30 мин; количество воздуха и время, необходимое для освобождения забоя от ядовитых газов - продуктов взрыва, определенное вышеуказанными расчетами, проверяется анализами. В течение не менее 2 ч после допуска рабочих воздух подается в места взрывания в том же количестве, в каком он поступал после взрывания до допуска рабочих в забой.

В тех случаях, когда очистные работы в шахтах ведутся в одну или две смены в сутки, порядок и длительность проветривания очистного забоя после взрывных работ с доведением содержания ядовитых газов до санитарных норм определяются проектом с учетом общей схемы проветривания и организации работ на шахте.

Проветривание горных выработок при подготовке и после проведения массовых взрывов осуществляется в соответствии с проектами массовых взрывов при соблюдении требований действующих норм безопасности при взрывных работах.

Количество воздуха, необходимого для проветривания горных

выработок шахт, отнесенных к радиационно-опасным производствам, рассчитывается с учетом скрытой энергии радиоактивных веществ.

При стволах и штольнях с поступающей струей воздуха устанавливаются калориферные устройства, обеспечивающие поддержание температуры воздуха не менее $+2^{\circ}\text{C}$ в 5 м от сопряжения канала калорифера со стволом (штольной).

Скорость движения воздуха в очистных забоях при температуре до 20°C не ниже 0,5 м/с, в подготовительных и нарезных выработках - не ниже 0,25 м/с, при проведении стволов - не ниже 0,15 м/с. Скорость движения воздуха не допускается выше следующих норм:

- 1) в очистных и подготовительных выработках - 4 м/с;
- 2) в квершлагах, вентиляционных и главных откаточных штреках, капитальных уклонах - 8 м/с;
- 3) в остальных выработках - 6 м/с;
- 4) в воздушных мостах (кроссингах) и главных вентиляционных штреках - 10 м/с;
- 5) в стволах, по которым производятся спуск и подъем людей и грузов, - 8 м/с;
- 6) в стволах, служащих только для подъема и спуска грузов, - 12 м/с;
- 7) в стволах, оборудованных подъемными установками, предназначенными для подъема людей в аварийных случаях и осмотра стволов, а также в вентиляционных каналах - 15 м/с;
- 8) в вентиляционных скважинах и восстающих, не имеющих лестничных отделений, скорость воздушной струи не ограничивается.

Температура воздуха в подготовительных, очистных и других действующих выработках не более 26°C . При температуре свыше 26°C принимаются специальные меры по ее снижению [5].

7.1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (техника

безопасности)

1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Самоходная машина с двигателем внутреннего сгорания должна оборудоваться:

- 1) прибором, находящимся в поле зрения машиниста и показывающим скорость движения машины;
- 2) звуковой сигнализацией;
- 3) счетчиком моточасов или пробега в километрах;
- 4) осветительными приборами: фарами, габаритными по ширине сигналами, задним стоп-сигналом, включающимся при торможении.

Машины и оборудование с двигателем внутреннего сгорания должны быть укомплектованы электрооборудованием в рудничном нормальном исполнении, а в рудниках (шахтах) опасных по газу и пыли, в рудничном взрывозащищенном исполнении.

В рудниках (шахтах) опасных по газу и пыли применение двигателей, оснащенных системами зажигания, запрещается.

В рудниках (шахтах) опасных по газу и пыли температура поверхности наиболее нагреваемой части двигателя внутреннего сгорания не должна превышать - 150 °С, а температура выхлопных газов после очистки и охлаждения на выходе в рудничную атмосферу должна быть не более - 70 °С. Температура рабочей жидкости гидропередачи не должна превышать - 85 °С, воды системы охлаждения - 95 °С, моторного масла - 115 °С.

Машины с двигателем внутреннего сгорания должны быть оборудованы двухступенчатой системой очистки выхлопных газов (каталитической и жидкостной).

Запрещается эксплуатация машин, в выхлопных газах которых содержание вредных газов превышает предельно допустимые концентрации. Анализ выхлопных газов должен производиться перед началом эксплуатации двигателя в подземных условиях, после каждого ремонта, регулировки

двигателя или продолжительного (более двух недель) перерыва в работе и при заправке топливом новой марки.

Всасывающая и выхлопная системы машин с двигателем внутреннего сгорания должны комплектоваться пламегасительными устройствами. Самоходные транспортные средства должны передвигаться по выработкам со скоростью, обеспечивающей безопасность людей и оборудования [6].

2. Обрушение горных пород

Для крепления и поддержания горных выработок следует предусматривать набрызгбетонную, штанговую, комбинированную (железобетонные штанги, набрызгбетон и металлическая сетка), монолитную бетонную (железобетонную) и арочную металлическую крепи.

При выборе типа крепи необходимо учитывать устойчивость пород, глубину заложения выработки и срок ее службы.

Выбор типа крепи в зависимости от категории устойчивости пород и срока службы выработок следует производить по таблице 3.

Таблица 7.3 - Тип крепей и их отставание от забоя ("Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи") [7].

Категория устойчивости	Тип крепи	Допускаемое отставание крепи от забоя, м
II	Без крепи	не регламентируется
	Набрызгбетонная	до 100
	Комбинированная (штанги и набрызгбетон)	штанги до 20, набрызгбетон до 50
III	Штанговая (сталеполимерная или железобетонная)	штанги до 5
	Комбинированная (штанги с сеткой и набрызгбетон)	штанги с сеткой до 5, набрызгбетон до 50
	Арочная металлическая	до 5
	Монолитная бетонная	до 5
IV	Арочная металлическая	до 2,5
	Монолитная бетонная	до 2,5
	Комбинированная (штанговая и монолитный бетон или арочная металлическая)	штанги до 2,5, сетка до 2, торкретбетон до 10
	Рамная деревянная	до 2,5
	Смешанная(сталеполимерные штанги+сетка+толстый торкретбетон)	штанги до 2, сетка до 2, торкретбетон до 10

Форма сечений капитальных и подготовительных выработок принимается в зависимости от устойчивости и структурных особенностей массива пород вокруг выработки и типа крепи.

При проходке выработок по породам II категории устойчивости без крепи или с изолирующей набрызгбетонной крепью форму сечения выработок принимать сводчатой с отношением высоты свода к ширине выработки, равным $1/4$ или $1/3$.

При проходке выработок по породам III и IV категорий устойчивости и креплении их штангами, набрызгбетоном в комбинации со штангами или монолитным бетоном форму сечения выработок принимать сводчатой с отношением высоты свода к ширине выработки, равным $1/3$.

При проходке выработок по породам III и IV категорий устойчивости и креплении их монолитным бетоном форму сечения выработки принимать сводчатой (стены вертикальные, свод коробовый) с отношением высоты свода к ширине выработки, равным $1/3$ [8].

Параметры крепей следует принимать в соответствии с паспортами крепления и технологической инструкцией [9].

Помимо крепления выработок одним из основных способов борьбы с обрушением горных пород является закладка отработанного пространства.

Закладочные работы на руднике ведутся в соответствии с требованиями технологической инструкции по производству закладочных работ на рудниках РГОК. Инструкция определяет состав закладочной смеси в зависимости от требуемой нормативной прочности и срока твердения, которые, в свою очередь, определяются при составлении локальных проектов отработки блока [10].

Для приготовления и подачи закладочной смеси в пустоты, образованные при отработке запасов руд нижних горизонтов Быструшинской залежи и залежи «Соколок», настоящим проектом предусматривается использовать существующий БЗК-2. Схема подачи твердеющей смеси в пустоты залежи «Соколок» приведен на рис. 7.1.

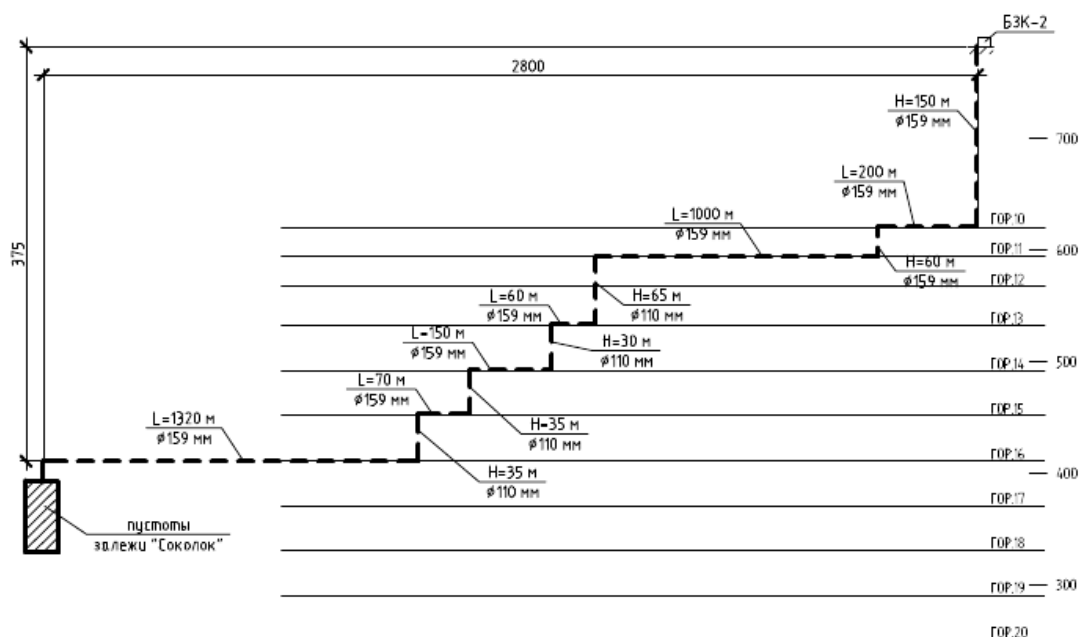


Рисунок 7.1. Схема подачи твердеющей смеси в пустоты залежи «Соколок»

Суммарная длина вертикальных участков составляет:

$$H = 150 + 60 + 65 + 30 + 35 + 35 = 375 \text{ (м)},$$

Суммарная длина горизонтальных участков составляет:

$$L = 200 + 1000 + 60 + 150 + 70 + 1320 = 2800 \text{ (м)}$$

Отношение суммарной длины вертикальных участков к суммарной длине горизонтальных участков составляет:

$$H : L = 375 : 2800 = 1 : 7,5$$

Для самотечной доставки смеси соотношение должно быть в интервале: 1:5 – 1:7.

Опытным путём установлено, что предельное соотношение вертикальной и горизонтальной частей трубопровода, при котором возможна самотечная транспортировка смеси, равно 1:20 [11]. Однако для этого необходимо снизить плотность транспортируемой смеси.

Часть отработанного пространства (до 80 000 м³/год) закладывается породой от проходческих работ.

Рецептура закладочных смесей выбирается исходя из требований технологического регламента по производству закладочных работ на рудниках РГОК.

7.2. Экологическая безопасность при геологоразведочных работах на Риддер-Сокольном месторождении

Вопросы защиты окружающей среды при эксплуатации горнодобывающих предприятий представляет сложную эколого-экономическую проблему в связи с необходимостью разработки и реализации целого ряда природоохранных мероприятий, которые бы обеспечивали минимизацию негативного влияния загрязненных стоков и промышленных отходов (хвостов обогащения руд и отвалов вскрышных пород) на почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферу.

Воздействия на недра. В целях более полной отработки запасов залежей месторождения с минимальными потерями и комплексным использованием добываемого сырья предусматриваются следующие технические решения [12]:

1. Оработка балансовых запасов богатых руд месторождения осуществляется системами этажной и подэтажно-камерной выемки руды закладкой выработанного пространства и руд среднего содержания металлов в руде – системами разработки с обрушением в вариантах этажно-камерной выемки, подэтажного обрушения с послойной отработкой и выпуском руды, а также камерной выемки с доставкой руды силой взрыва, при которых обеспечиваются минимальные потери и разубоживание руды.

2. Принятый технологический порядок отработки рудных тел и блоков с опережающей отработки верхних этажей по отношению к нижним обеспечивает стройную поступательную систему сплошной выемки рудных тел, обеспечивает повышение устойчивости рудных массивов, полноту и

качество выемки балансовых руд, а также позволяет сохранить в недрах забалансовые запасы руды для возможной повторной их отработки.

3. Предусматривается первоочередная проходка эксплоразведочных выработок при подготовке блоков с целью уточнения морфологии рудных тел, контуров промышленного оруденения, свойств руд и вмещающих пород для снижения конструктивных потерь и разубоживания руды при составлении локальных проектов отработки очистных блоков в конкретных горно-геологических условиях месторождения.

4. Использование пустой породы от горнопроходческих работ для закладки выработанного пространства и в качестве дорожных покрытий при строительстве дорог местного назначения [13] [14].

Воздействие на почву и естественные поверхностные объекты.

Все технические и промышленные здания, сооружения (наземные и подземные), искусственные и естественные водоемы, общественные, жилые здания и другие объекты, попадающие в зону опасного влияния горных разработок, подлежат охране от вредного влияния этих разработок.

Основной мерой охраны поверхностных сооружений промплощадки рудника от влияния подземных разработок является их расположение вне пределов предполагаемой зоны сдвижения и полная закладка выработанного пространства твердеющими смесями в пределах отстроенных целиков [15].

Вскрывающие горные выработки рудных залежей «Соколок» и «Победа» - ствол «Соколок», автотранспортные уклоны, выработки конвейерной линии расположены вне контуров зоны сдвижения, за исключением ствола «Южная», для которого построены предохранительные целики.

Отработка предохранительных целиков предусматривается системами с закладкой выработанного пространства по отдельным локальным проектам.

Для охраны объектов от вредного влияния подземных разработок должны применяться следующие меры:

Технологические, уменьшающие деформации горных пород в земной поверхности:

- полная закладка выработанного пространства твердеющими смесями принятой в проекте нормативной прочностью;
- соблюдение установленного порядка и последовательности отработки запасов принятыми системами разработки;
- извлечение запасов руды из недр с потерями, соответствующими принятым системам разработки;
- засыпка воронок обрушения и провалов.

Строительные, уменьшающие вредное влияние процессов сдвижения земной поверхности при деформациях оснований сооружений, превышающих критические значения:

- разделение зданий и сооружений на отсеки с помощью деформационных швов;
- проведение вдоль стен компенсационных траншей;
- усиление отдельных элементов несущих конструкций и связей между ними с помощью стальных тяжей, фундаментных и подэтажных железобетонных поясов;
- создание опорных стенок, установке компенсаторов в подземных трубопроводах и другие меры [16].

Разработанные и утвержденные меры охраны сооружений и объектов должны быть технически возможными, экономически целесообразными и обеспечивать:

- безопасность жизни и здоровья работников и населения, находящихся в охраняемой зоне объекта;
- безопасность ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей руды;
- охрану месторождения от затопления, обводнения, пожаров и других отрицательных факторов, связанных с расположением объекта на

подрабатываемой территории и снижающих промышленную ценность месторождения и осложняющих его разработку.

Для систем разработки с обрушением налегающих пород определяются зоны опасных сдвижений, при выходе которых на земную поверхность происходит сдвижение, в некоторых случаях с образованием воронок обрушения [15].

С изменением глубины разработки месторождения требуется контроль за возможной деформацией массива горных пород и поверхности для чего необходимо на поверхности заложить профильные линии с устройством наблюдательных станций.

7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При разработке руд, склонных к самовозгоранию, проектом должны предусматриваться мероприятия, исключающие опасность возникновения эндогенных подземных пожаров.

Несгораемыми материалами должны закрепляться:

- копры и надшахтные здания при стволах, штольнях, шурфах, копровая часть слепых стволов с камерой подъемной машины, через которые поступает свежий воздух;
- устья всех вертикальных и наклонных стволов, штолен, шурфов на протяжении не менее 10 м от поверхности;
- сопряжения вертикальных и наклонных стволов, штолен и шурфов, с выработками горизонтов и околоствольных дворов на протяжении не менее 10 м в каждую сторону;
- устья капитальных уклонов, ходков и сопряжения уклонов с откаточными и вентиляционными штреками на протяжении не менее 10 м в каждую сторону;
- кровля и стены гаражей, складов горюче-смазочных материалов, пунктов мойки деталей, а также подходов к ним на протяжении 25 м.

Все помещения и вентиляционные каналы главных вентиляторных установок и тех вспомогательных вентиляторных установок, работающих на нагнетание, все калориферные каналы и их сопряжения с выработками на протяжении 10 м.

Устья стволов шахт и шурфов, подающих свежий воздух, должны иметь металлические ляды, а устья штолен - металлические двери, легко и плотно закрывающие сечение выработки и содержащиеся в исправном состоянии.

Для локализации пожара в горных выработках должны устанавливаться пожарные двери (ляды), изготовленные из негорючих материалов. По обе стороны от них на длине не менее 5 м сооружаются зоны из негорючей крепи. Пожарные двери (ляды) должны закрываться усилиями одного человека, плотно перекрывая сечение выработки. Для закрывания (открывания) пожарных дверей (ляд), установленных в выработках с углом наклона более 35° , а также в выработках со значительной депрессией, должны предусматриваться специальные приспособления (окна, рычаги, лебедки).

Для хранения противопожарных материалов, оборудования и приспособлений должны организовываться склады противопожарных материалов.

Склады должны располагаться на промплощадках шахт на расстоянии не более 100 м от надшахтных зданий, штолен и устьев автотранспортных уклонов и связанные с последними рельсовыми путями или автодорогами. В подземных выработках для борьбы с пожарами и пылью должны прокладываться объединенные пожарно-оросительные трубопроводы. Сеть пожарно-оросительного трубопровода должна постоянно содержаться под напором воды.

В устьях всех вертикальных и наклонных стволов и шурфов должен устраиваться кольцевой трубопровод с оросителями. Кольцевые трубопроводы в устьях вертикальных стволов соединяются непосредственно с пожарными водопроводами на поверхности. Задвижки для подачи воды в

кольцевые трубопроводы располагаются вне помещения, в которые могут распространяться продукты горения при пожаре.

Запрещается:

1) располагать лесные, угольные склады, отвалы горючих и самовозгорающихся пород и руды, а также отвалы котельных шлаков ближе чем на 100 м от надшахтных зданий и сооружений;

2) складировать лесные и горючие материалы в подземных выработках, захламлять их и загромождать проходы лесоотходами. В горных выработках в непосредственной близости от места работы допускается иметь лишь аварийный запас лесоматериалов в количестве, установленном техническим руководителем шахты;

3) хранить в подземных выработках, баллоны с кислородом, ацетиленом и горючими газами. Число завозимых в выработки баллонов с кислородом, ацетиленом и горючими газами не более потребности на одну рабочую смену [6].

Основными предупредительными мерами по борьбе с пожаром являются: наличие систем автоматической пожарной сигнализации; поддержание сил ликвидации аварии в режиме постоянной готовности; содержание оборудования (в частности энергетических сетей) в исправном состоянии.

Меры в случае возникновения пожара. При обнаружении возгорания реагировать следует незамедлительно, применяются всевозможные средства и способы ликвидации очага пожара (песок, пожарный инвентарь, огнетушители и прочее). В случае если потушить огонь в короткий срок не предоставляется возможным, необходимо вызвать пожарную охрану предприятия (при условии ее наличии) или города (по телефону 101). Во время эвакуации покидать задымленные места нужно, задержав дыхание, защитив нос и рот влажной плотной тканью. В сильно задымленном помещении передвигаться стоит ползком или пригнувшись.

Избегать любого контакта со взрывоопасными предметами. В случае взрыва, применить меры к недопущению пожара и паники, оказать первую медицинскую помощь пострадавшим.

Тушение пожара, как правило производят, со стороны свежей струи воздуха. Одновременно принимают меры по преграждению распространения огня по исходящей струе (и в примыкающие выработки) путем устройства водяных занавес, удаления деревянной крепи и других материалов на определенном участке, установки временных огнестойких перемычек и др.

- Вода для тушения применяется в распыленном состоянии или в виде компактных струй. В распыленном состоянии воду используют для создания водяных завес, преграждающих распространение пожара по выработкам, и для тушения пожаров в вертикальных и наклонных выработках. Для создания водяных завес применяют винтовые водоразбрызгиватели ВВР-1, обеспечивающие при давлении 0,3 МПа факел распыленной воды диаметром 7 м с дальностью полета капель до 5 м. Расход воды при этом составляет 30 м³/ч.

- Ручные огнетушители с зарядом огнегасительного порошка применяют для тушения любого горящего материала и электрооборудования, находящегося под напряжением. Одним огнетушителем ОП-8Б1 можно потушить 6 м² деревянной крепи, масло, горящее на площади 4 м², 2 м² конвейерной ленты [4].

Взрывные работы и порядок организации хранения взрывчатых материалов.

Общий порядок транспортирования, хранения и использования взрывчатых материалов на руднике осуществляется в соответствии с технологическими регламентами и требованиями промышленной безопасности рудника.

Взрывание скважинных зарядов выполняется в соответствии с технологическим регламентом по организации и проведению массовых взрывов в подземных рудниках ТОО «Казцинк» и ТОО «Altyntau Vostok».

Взрывание шпуров в горнопроходческих и очистных забоях выполняется в соответствии с паспортами БВР и производится согласно графику ведения взрывных работ.

Снабжение рудника взрывчатыми материалами предусматривается осуществлять специализированной организацией с базисного склада ВМ. Транспортирование ВМ от базисного склада ВМ до разгрузочных площадок рудника осуществляется специально оборудованным автомобильным транспортом.

Доставку ВМ в шахту до расходных складов ВМ, раздаточных камер ВМ и участковых пунктов хранения ВМ (УПХ) производят специализированными самоходными машинами для перевозки ВМ [4].

Для хранения ВМ при производстве взрывных работ в шахте на участках рудных залежей устраивают раздаточные камеры ВМ емкостью до 2т или расходные склады ВМ с емкостью по ВМ, определенную проектом.

Для хранения ВМ на местах производства горных работ предусматривается устройство УПХ емкостью не более 1 т, которые представляют собой огражденную решетчатыми стенками (перегородками) выработку или ее часть с установленными специальными металлическими шкафами или контейнерами для ВМ, запирающимися на замки.

Расположение и количество участковых пунктов хранения ВМ, их устройство и эксплуатация определяется проектом и технологическим регламентом, утверждаемыми техническим руководителем предприятия и согласованными с органами Государственного контроля за ЧС и промышленной безопасности.

Для качественной отбойки рудных тел с изменением их мощности от 1,5 до 10 м рудный массив разбуривают скважинами диаметром 50-56 мм и 64-70

мм. Разбуривание массива рудных тел производят параллельными и веерными восходящими скважинами.

Дробление негабаритных кусков руды предусматривается шпуровыми или накладными зарядами.

При выборе ВМ для очистных работ и проведения горных выработок учитываются горнотехнические, гидрогеологические условия, а также организационные факторы при зарядании, хранении и транспортировке ВМ.

Для механизированного зарядания сухих шпуров и скважин рекомендуются гранулированные ВВ (гранулит АС-8, гранулит А6, эмульсионные взрывчатые вещества типа Сабтек, Риофлекс), для ручного зарядания - патронированные ВВ (аммонит 6ЖВ, Сенател магнум). В обводненных забоях применять аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке и Сенател магнум. Для изготовления боевиков - патронированные ВВ аммонит 6ЖВ или Сенател магнум.

Рекомендуется электрическое инициирование зарядов с использованием электродетонаторов ЭД-3Н с 23 степенями замедления (интервалы замедления 20, 25, 50, 250 и 500 мс), а также неэлектрические системы инициирования зарядов типа ИСКРА-Ш и EXEL [17].

7.4. Законодательное регулирование обеспечения безопасности работников при горных работах на Риддер-Сокольном месторождении

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Работа с персоналом по охране труда является одним из основных направлений производственной деятельности, обеспечивающей безопасность,

надежность и эффективность работы предприятия, и направлена на решение следующих основных задач:

- обеспечение соответствия квалификации лиц, принимаемых на работу, требованиям, характеристикам и условиям производства;
- формирование необходимых знаний и навыков работника перед допуском к самостоятельной работе, в том числе специальных, необходимых для допуска работника к обслуживанию оборудования и/или выполнению работ, подконтрольных органам государственного надзора;
- сохранение необходимых знаний и навыков, развитие производственных навыков в процессе трудовой деятельности;
- совершенствование знаний и навыков при изменении производственных условий;
- постоянный и систематический контроль профессиональных знаний и навыков работника в процессе его трудовой деятельности;
- изучение и применение передовых безопасных приемов производства работ, воспитание у персонала ответственности за соблюдение правил, норм и инструкций по охране труда [18].

Организация эффективного и безопасного рабочего места в ТОО «Казцинк» достигается посредством внедрения системы 5S. 5S – это система организации рабочего места, которая позволяет значительно повысить эффективность и управляемость операционной зоны, улучшить корпоративную культуру, повысить производительность труда и сохранить время [19].

Комплекс мероприятий по предупреждению воздействия на людей вредных факторов. В соответствии с требованиями ТПБ [20] предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать гигиенических нормативов.

Для создания нормативных санитарно-гигиенических условий труда подземных рабочих в проекте предусматривается осуществление комплекса мероприятий и технических решений по обеспыливанию рудничной атмосферы:

Подаваемый в выработки свежий воздух должен иметь запыленность не более 30% ПДК. Выполнение данного требования обеспечивается: бетонированием подземных дорог к устьям воздухоподающих каналов и регулярном их орошении в летнее время; устройством водяных завес в воздухоподающих выработках и регулярным смывом пыли с поверхности этих выработок.

Предупреждение образования взвешенной пыли в рудничной атмосфере и на рабочих местах обеспечивается за счет следующих мероприятий:

- устройство водяных завес на воздухоподающих горных выработках шахты и в местах погрузки и перегрузки горной массы;
- смыв осевшей пыли с поверхности выработок и забоев;
- увлажнение горной массы при погрузке и разгрузке с помощью оросителей типа ОК-1 и ФП-1, оптимальной увлажнение горной массы находится в пределах от 2-4 до 4-5%;
- бурение скважин и шпуров с промывкой водой: подача воды в бур перфоратора обеспечивается в количестве не менее 3 л/мин (ручной) и 5 л/мин (колонковый, телескопный) расход воды должен быть постоянным с целью снижения аэрации и запыленности, давление воды – не менее 1-2 атм., сухое забуривание запрещается;
- применения на взрывных работах, орошения выработок на расстоянии не менее 10 м от груди забоя и смачивание отбитой горной массы после взрыва с помощью оросителей типа ОК-1, водяных завес.

Для устранения распространившейся в рудничной атмосфере пыли предусматривается:

- интенсивное проветривание выработок, обеспечивающее вынос тонкодисперсной пыли;

- при подаче свежего воздуха в проходческий забой вентиляторами местного проветривания отставание вентиляционных труб от груди забоя не должно превышать 10м;

- в очистных забоях при проветривании за счет общешахтной депрессии скорость движения воздуха в выработках выемочного блока должна составлять не менее 0,5м/с.

В тех случаях, когда на рабочих местах не могут быть использованы данные приемы и средства борьбы с пылью, предусматривается применение индивидуальных средств защиты - противопылевых респираторов типа «Лепесток», «Астра» и РПЦ-22.

Не допускается эксплуатация горных машин и механизмов образующих пыль, создающих шум и вибрацию в процессе работы, без осуществления мер, обеспечивающих снижение запыленности, шума и вибрации на рабочих местах до предельно допустимых концентраций и уровней, установленных санитарными нормами

На руднике должны быть разработаны планы мероприятий по защите людей от вредных для здоровья факторов, которые утверждаются техническим руководителем рудника.

Заключение

Результат выполненных работ сводится к следующему:

Изучены минералы-носители и их типоморфные ассоциации жильного кварцево-сульфидного оруденения залежей Быструшинской и её Южного фланга, 3-й Юго-Западной и «Победа», в результате чего получены существенно новые данные о составе и свойствах минералов составляющих полиметаллической руды.

Выявлены и исследованы редкие минералы спутники богатого оруденения, такие как бурнонит, бурсаит, тетрадимит, теллуrowисмутит, теллурожозеит, пильзенит, хедлейит, алексит, которые служат надежными критериями богатого оруденения.

Изучены типоморфные особенности благородных, редких и рассеянных элементов, закономерности их распределения в рудах и характер корреляционной связи с основными компонентами. Установлено, что золото является «сквозным» компонентом. Вместе с другими элементами отлагалось на протяжении всего процесса формирования месторождения и заключено в различных количествах во всех сульфидных минералах, кварце, барите, сериците и карбонатах.

В аншлифах отобранных из сульфидных руд, содержаниях золота более 100 г/т, постоянно устанавливаются теллуриды висмута, свинца, что служит надежным индикатором богатого золотого оруденения. Минералы серебра не характерны для данного типа оруденения, т. к. около 15-20% его связано с золотом, а оставшаяся часть изоморфно входит в кристаллические решетки галенита, в меньшей степени халькопирита и совсем незначительная часть с

другими сульфидами, в том числе блеклой рудой. Одной из особенностей изученных образцов жильного типа оруденения является присутствие нескольких генераций золота, отличающихся содержаниями серебра.

Обнаружено, что переменность содержаний изучаемых элементов в главных рудообразующих сульфидных и нерудных минералах связано с условиями физико-химической обстановки рудолокализации.

Выявлен крайне неравномерный кустовой характер распределения элементов. Не установлена зависимость концентраций благородных, редких и рассеянных элементов от мощности жил.

Для установления причин вызывающих улучшение и ухудшение процессов обогащения и повышение извлечения металлов в промпродукты, проведено детальное изучение текстуроно-структурных особенностей рудных и жильных минералов, необходимых для определения технологических свойств сырья.

Геохимической спецификой жильного оруденения является постоянное присутствие в рудах серебра, селена, теллура, висмута, индия, мышьяка, сурьмы. Качественный состав основных минералообразующих компонентов и их спутников на протяжении всего процесса рудообразования был постоянным, менялось лишь их количественное соотношение. Это определенно может указывать на участие флюидных растворов в формировании жил и на их кристаллизацию в разных физико-химических обстановках, но одного этапа рудообразования.

Результаты геолого-минералогического изучения руд привели к предварительному выводу о том, полиметаллические жилы не являются продуктом какого-то особого, самостоятельного этапа или стадии рудоотложения.

Следует иметь в виду, что морфология рудных тел во многом зависит от физико-механических свойств вмещающих пород, в которых флюидные

расплавы лишаются своей движущей силы – летучих компонентов. Это могут быть стратифицированные штокверковые зоны дробления, либо пустоты в трещинных зонах.

Суммируя изложенное, можно сделать следующие выводы.

Распределение благородных, редких и рассеянных элементов в пространстве происходило неравномерно и зависело от проявления тех или иных ассоциаций, связанных с физико-химическими условиями рудоотложения.

Список использованных источников

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. В шести томах. Том 5, редкие элементы. М.: Экология, 1997. — 576 с;
2. Коган Б.И. Редкие металлы: Состояние и перспективы. - Москва: Наука, 1978-1979. - 356 с.;
3. Овчинников Л.Н. О распределении элементов-примесей в метасоматических месторождениях. – Изв. АН СССР, серия геол., № 1, 1948;
4. Редкие элементы в сульфидных месторождениях. Изв. АН СССР, труды, выпуск 10. – Москва, 1963;
5. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы химия и технология. В трех книгах. Книга II. – Москва: Наука, 1998;
6. Покровская И.В. Минералогия и условия образования полиметаллических месторождений. Рудный Алтай. Лениногорский район. Алма-Ата. 1982;
7. Щерба Г.Н. Геология Лениногорского рудного поля. В кн. "Полиметаллические месторождения Рудного Алтая" М.Госгеолтехиздат, 1958;
8. Беспяев Х.А., Пронин А.П. Серебро в колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая. В кн.: «Геохимия серебра сульфидных месторождений Центрального Казахстана и Рудного Алтая». Изд-во «Наука», КазССР, Алма-Ата, 1975;
9. Исакович И.З. О золотоносности минеральных ассоциаций в рудах Риддер-Сокольного месторождения. Изв. ВУЗ, серия геология и разведка, № 4, 1971;
10. Ковриго О.А. Термометрия включений в рудообразующих минералах Риддер-Сокольного месторождения. В сб.: «Новые данные по геологии

- и геохимии медных и полиметаллических месторождений Казахстана»
ОНТИ КазНИИМС, Алма-Ата, 1973;
11. Покровская И.В., Ковриго О.А. О вулканогенно-осадочном происхождении слоистых полиметаллических руд Риддер-Сокольного месторождения. Геология рудного месторождения, №3, 1970;
 12. Шилов А.А., Ковриго О.А., Покровская И.В. и др. Изотопий состав свинца Риддер-Сокольного и Тишинского месторождений Рудного Алтая. Геохимия, №2, 1971;
 13. Чепрасов Б.Л., Покровская И.В., Ковриго О.А. О полигонном характере оруденения Риддер-Сокольного месторождения. Геология рудного месторождения, №6, 1972;
 14. Курек Н.Н., Буров П.П. Риддерское рудное поле. Фонды ЛПК, Лениногорск, 1944 г;
 15. Литвинович А.Н. Редкие и рассеянные элементы в Риддерских полиметаллических месторождениях. Фонды АО ИГН АН КазССР, Усть-Каменогорск, 1949 г;
 16. Покровская И.В., Ковриго О.А. Этапы и стадии минералообразования на полиметаллических месторождениях Лениногорского района. Фонды ИГН АН КазССР, Алма-Ата, 1973 г;
 17. Ермолаев К.Ф., Хохлов И.И., Гаджи Д.Н. и др. Закономерности пространственного размещения и локализации полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Фонды ИГН АН КазССР. Усть-Каменогорск, 1974 г;
 18. Ковриго О.А. Полиметаллическое оруденение Риддер-Сокольного месторождения и вопросы его генезиса. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Фонды ИГН АН КазССР, Алма-Ата, 1970 г;
 19. Куленов Х.Х. Закономерности распределения золотого оруденения Риддер-Сокольного месторождения (Рудный Алтай). Диссертация на соискания Риддер-Сокольного месторождения ученой степени

- кандидата геолого-минералогических наук. Фонды ИГН АК КазССР, Алма-Ата, 1973 г;
20. Бакенов М.М., Абланов Б.Ф. Отчет по научно-исследовательской работе «Особенности распределения золота во вмещающих породах Риддер-Сокольного месторождения», 1972г., Казахский политехнических институт;
21. Беспаяев Х.А., Ковриго О.А. и др. Закономерности распределения золота и серебра на Риддер-Сокольном месторождении (Отчет по теме 17: «Обобщение результатов разведочных работ с целью изучения распределения золота и серебра в рудах и породах Риддер-Сокольного месторождения и Лениногорского рудного поля»), 1978 г;
22. Данилов В.А., Тюнин В.П., Мамин В.И. и др. Отчет с подсчетом запасов по результатам геологоразведочных работ на Риддер-Сокольном месторождении за 2001-2003г.г., ОАО «Казцинк», РГОК, 2002 г;
23. Фрейман Г.Г., Тюнин В.П. и др. Отчет с подсчетом запасов по Риддер-Сокольному месторождению по состоянию на 01.01.2002г., ТОО «Геоинцентр», 2001 г;
24. Олейник Ю.Ф., Махонина С.А. Отчет о результатах поисково-оценочных работ, проведенных в 1998-2000 гг. на юго-западном фланге залежи Победа Риддер-Сокольного месторождения. Лениногорск. 2001. ТОО "Геолен". РГОК;
25. Махонина С.А., Олейник Ю.Ф., Минеева И.Г. и др. Отчет по тематическим работам «Геохимическая характеристика рудных залежей Риддер-Сокольного месторождения». Риддер. 2004;
26. Олейник Ю.Ф., Махонина С.А. и др. Проект поисковых работ на юго-западном, западном, южном и юго-восточном флангах Риддер-Сокольного месторождения на 2006-2008гг.(I и II части). Риддер.2006. ТОО "Геолен". РГОК;
27. Ганженко Г.Д. Промежуточный отчет по выполнению геологоразведочных работ по первому этапу 2003 года «Минералогии

- золотого оруденения, форм нахождения золота и его парагенетических ассоциаций в рудах Риддер-Сокольного месторождения» г. Усть-Каменогорск, (фонды АО «Казцинк», РГОК, АО ИГН им. К.И.Сатпаева, 2003г., М-44-ХVIII) ;
28. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартиформ, 2014. – 23 с.;
29. Отчет с подсчетом запасов по результатам геологоразведочных работ на флангах Риддер-Сокольного месторождения за 2006-2011 гг. /Под ред. Д.Г. Ведешкина-Рябова – Алматы, 2015 г. – 194 с.;
30. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
31. ПБ 03-553-03. “Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом”;
32. Технический регламент. “Требования промышленной безопасности при ведении работ подземным способом” Утверждены приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от «13» июля 2008 года № 132;
33. Технический регламент. "Требования к безопасности процессов разработки рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом". Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от «25» декабря 2009 года № 2207;
34. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи, ВНИМИ, ВНИИИМШС. М.: Стройиздат, 1983;
35. Типовые паспорта крепления горных выработок для рудников цветной металлургии. Минцветмет. М.: Цветметинформация;
36. Единая технологическая инструкция по применению набрызгбетонной, штанговой и комбинированной крепей в капитальных, подготовительных и очистных выработках рудников цветной металлургии /Минцветмет СССР. М.: Цветметинформация, 1987;

37. ТИ 02-02-03-01-01 «Технологическая инструкция по производству закладочных работ на рудниках РГОК». г.Риддер: РГОК ТОО "Казцинк", 2010;
38. Разработка месторождений с закладкой хвостами обогащения. Балах Р.В. Алма-Ата: "Наука" КазССР, 1977;
39. Единые правила охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых в Республике Казахстан . Постановление правительства РК от 21 июля 1999 №1019, 1999;
40. Отчет о результатах поисковых работ (с подсчетом запасов) на западном, юго-западном, южном, юго-восточном и северо-западном флангах Риддер-Сокольного месторождения за 2006-2008 гг. г.Риддер: ТОО"Геолен", 2009;
41. Правила технической эксплуатации рудников. Приисков и шахт, разрабатывающих месторождения цветных редких и драгоценных металлов. Москва: "Недра", 1981;
42. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород. Л: ВНИМИ, 1986;
43. СП 21.13330.2012 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах;
44. «Требования промышленной безопасности при взрывных работах». МЧС РК РГП ННИЦ, Астана, 2008, утвержденные Приказом Министра по ЧС РК 19.09.2007 г.;
45. Корпоративный стандарт ТОО «Казцинк» персонал. Риддер, 2014 г. – 13 с.;
46. Инструкция «Система 5S, организация эффективного и безопасного рабочего места», И 15-(50-19) – 16;
47. Требования промышленной безопасности при ведении работ подземным способом. г.Астана: МЧС РК РГП ННИЦ, 2008.

48. CANMET (1972): Zn–Sn–Cu–Pb ore, MP–1: its characterization and preparation for use as a standard reference material. Canada Dep. Energy, Mines and Resources, Mines Branch, Tech. Bull. TB 155.
49. CANMET (1978): Revision of recommended values for reference ores MP–1 and KC–1. CANMET Rep. 78–2.
50. CANMET (1994): Catalogue of certified reference materials. CANMET, Publ. CCRMP 94–1E
51. GÜNTHER, D., QUADT, A., WIRZ, R., COUSIN, H. & DIETRICH, V.J. (2001): Elemental analyses using laser ablation – inductively coupled plasma – mass spectrometry (LA–ICP–MS) of geological samples fused with Li₂B₄O₇ and calibrated without matrix-matched standards. *Mikrochim. Acta* 136, 101-107.
52. KANE, J.S., SIEMS, D.F. & ARBOGAST, B.F. (1992): Geochemical exploration reference samples GXR–1 to GXR–4 and GXR–6: evaluation of homogeneity based on high precision analyses. *Geostatistics Newsletter* 16, 45-54.
53. LONGERICH, H.P. (2001): Some thoughts on buying a new ICP–MS. In *Laser Ablation ICP–MS in the Earth Sciences* (P.J. Sylvester, ed.). Mineral. Assoc. Can., Short Course 29, 225-235.
54. JACKSON, S.E. & GÜNTHER, D. (1996): Laser ablation – inductively coupled plasma – mass spectrometric transient signal data acquisition and analyte concentration calculation. *J. Anal. At. Spectrom.* 11, 899-904.
55. NESBITT, R.W., HIRATA, T., BUTLER, I.B. & MILTON, J.A. (1997): UV laser ablation ICP–MS: some applications in the earth sciences. *Geostandards Newsletter* 21, 231-243.
56. NORMAN, M.D., PEARSON, N.J., SHARMA, A. & GRIFFIN, W.L. (1996): Quantitative analysis of trace elements in geological materials by laser ablation ICPMS: instrumental operating conditions and calibration values of NIST glasses. *Geostandards Newsletter* 20, 247-261.

57. NORRISH, K. & THOMPSON, G.M. (1990): XRS analysis of sulfides by fusion methods. *X-Ray Spectrom.* 19, 67-71.
58. ODEGARD, M., DUNDAS, S.H., FLEM, B. & GRIMSTVEDT, A. (1998): Application of a double-focusing magnetic sector inductively coupled plasma mass spectrometer with laser ablation for the bulk analysis of rare earth elements in rocks fused with Li₂B₄O₇. *Fresenius J. Anal. Chem.* 362, 477-482.
59. HAMESTER, M. (1997): Preliminary investigation into the use of a high resolution inductively coupled plasma mass spectrometer with laser ablation for bulk analysis of geological materials fused with Li₂B₄O₇. *Geostandards Newsletter* 21, 245-252.
60. PERKINS, W.T., PEARCE, N.J.G. & JEFFRIES, T.E. (1993): Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry: a new technique for the determination of trace and ultra-trace elements in silicates. *Geochim. Cosmochim. Acta* 57, 475-482.
61. SYLVESTER, P.J. (2001): Trace element analysis of fused whole rock glasses by laser ablation ICP-MS. In *Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Principles and Applications* (P.J. Sylvester, ed.). Mineral. Assoc. Can., Short Course 29, 147-162.
62. VANACHTERBERGH, E., RYAN, C.G., JACKSON, S.E. & GRIFFIN, W.L. (2001): Data reduction software for LA-ICP-MS. In *Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Principles and Applications* (P.J. Sylvester, ed.). Mineral. Assoc. Can., Short Course 29, 239-243.
63. WATSON, J.S. (1996): Fast, simple method of powder pellet preparation for X-ray fluorescence analysis. *X-Ray Spectrom.* 25, 173-174. Received October 15, 2001, revised manuscript accepted July 16, 2002.

**MAJOR- AND TRACE-ELEMENT ANALYSIS OF SULFIDE
ORES BY SOLUTION ICP–MS AND XRF**

ABSTRACT

International reference materials representing a diverse suite of sulfide ores and related lithologies have been analyzed for major and trace element concentrations by XRF and solution ICP–MS after fusion of the sample to a lithium borate glass. Reference materials analyzed for this study include a wide variety of bulk compositions, including ores of Pb–Zn sulfides, Fe sulfides, Cu–Mo sulfides, and silicate matrices. Concentrations of 33 elements were determined, including lithophile and chalcophile elements of particular interest to economic geochemistry and ore deposit studies. The results of LA–ICP–MS analyses were calibrated using a fused glass standard prepared specifically for the analysis of sulfides. Accuracy of the LA–ICP–MS technique is established by comparison with results obtained by the other methods for abundance variations over several orders of magnitude. Replicate analyses demonstrate a precision of 2–8% (1 RSD) for the LA–ICP–MS data at rock-equivalent concentrations >1 ppm. Matrix effects were not a significant problem at the scale of compositional variation represented by these samples, and no significant differences in the results were produced with the laser operating in either fixed-spot or line-scan mode. LA–ICP–MS analysis of fused glasses effectively overcomes problems related to insoluble phases such as cassiterite that are resistant to acid dissolution. Whole-rock analysis of sulfide ores by XRF and LA–ICP–MS provides a fast and convenient approach for determinations of major- and trace-element concentrations in a variety of ores and related materials without the need for wet-chemical dissolutions.

Keywords: trace elements, sulfide ores, X-ray fluorescence, CANMET standards.

INTRODUCTION

Trace-element compositions of sulfide minerals and related ores represent an underutilized aspect of economic geochemistry that holds considerable promise for generating innovative and cost-effective research applications in mineral exploration and ore-deposit studies.

Trace-element distributions in sulfide ores and minerals can provide useful information about the distribution of base and precious metals, the definition of trace-element vectors in alteration halos associated with hydrothermal and magmatic ore deposits, and the physicochemical controls on ore deposition, such as temperature, redox conditions, and metal sources.

X-ray fluorescence (XRF) and inductively coupled plasma – mass spectrometry (ICP–MS) are both well established geochemical techniques capable of determining the concentrations of a wide variety of economically and petrogenetically useful elements in geological materials. Sample-preparation procedures for XRF analysis are relatively simple, but sulfide ores require specialized handling compared to silicate rocks. For example, sulfur may be volatilized, and elements such as Cu, Fe and Sn may be lost to the platinum crucibles typically used for preparation of fused glasses (Norrish & Thompson 1990). Matrix effects and spectral interferences can be significant, with high Pb contents in particular posing difficulties for many elements in the accurate analysis of sulfide samples by XRF. In comparison, ICP–MS analysis can provide improved detection limits and an expanded list of elements, but the conventional approach using solution nebulization requires the sample to be completely dissolved, which can be difficult if minerals that are resistant to acid attack are present (e.g., zircon, cassiterite).

INSTRUMENTATION AND ANALYTICAL METHODS

Samples

A suite of reference materials acquired from CANMET (Canada Centre for Mineral and Energy

Technology) and the U.S. Geological Survey was analyzed, with emphasis on sulfide ores and related lithologies. Samples include ores rich in pyrrhotite (RTS-4), sphalerite and galena (CZN-1, CPB-1, MP-1), a Cu-Mo ore from a low-grade porphyry deposit (HV-1), iron sulfide ore tailings (RTS-3), a jasperoid (GXR-1), and a mill-head sample of unoxidized porphyry-Cu ore (GXR-4). The bulk compositions of these reference materials are highly variable, with matrices dominated by Fe, Cu, Zn, and Pb, as well as predominantly silicate matrices with modest sulfide contents.

Major- and trace-element compositions were determined by LA-ICP-MS analysis of samples fused to a glass with a lithium borate flux, XRF, and solution ICP-MS. Two sets of solution ICP-MS data were obtained: one by quadrupole ICP-MS following acid dissolution of whole-rock powders, and the other on dissolved splits of the fused glasses using a Finnigan Element magnetic sector ICP-MS. All facilities are located in the CODESSRC/Earth Sciences laboratories at the University of Tasmania, with the exception of the Element, which is operated by the Central Science Laboratory, also at the University of Tasmania. The data produced in this study are compared with available reference values reported by CANMET (1972, 1978, 1994) and Govindaraju (1994). Note that different splits of the GXR standards may be heterogeneous for some elements (Kane et al.1992).

Solution ICP-MS analysis of fused discs

Splits of the same fused glasses analyzed by LA-ICP-MS were dissolved, and the solutions analyzed using a Finnigan Element magnetic sector ICP-MS. For these

analyses, a 0.1 g aliquot of each glass disc was powdered and dissolved in dilute HNO₃. Each solution was brought to a dilution factor of 0.1% total dissolved solids (flux + sample) and spiked with 10 ppb Rh as an internal standard to correct for instrument drift. A 10 ppb synthetic multi-element solution was used for calibration of instrument sensitivity. The following elements were analyzed in low-resolution mode: Rb, Sr, Zr, Mo, Ag, Sb, Ba, Tl, Pb, Bi, and U. The following elements were run in medium-resolution mode: Na, Mg, Al, P, S, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, and As. Each solution was analyzed twice, and the average is reported here. As for the LA-ICP-MS analyses, the solution data on the fused glasses were normalized to Fe, and the results reported on a rock-equivalent (i.e., flux-free) basis.

Solution ICP-MS analysis of rock powders

An independent set of solution ICP-MS data on unfused whole-rock powders of the ore standards was obtained using the Agilent HP4500 quadrupole ICP-MS. Solutions were prepared by dissolving 0.02 g of each sample in aqua regia followed by HF-HNO₃, and diluting the solution to 100 mL (dilution factor 5000) with a final concentration of acid of 2% HNO₃. A high dilution-factor was used for these experiments in order to minimize matrix effects. Samples were dissolved in duplicate, and the average results are reported here. A 10 ppb multi-element solution was used for calibration, with corrections applied for procedural blanks and for instrument drift based on replicate analyses of the calibration standard. No internal standards were used for these analyses.

X-ray fluorescence

The XRF data were obtained on fused lithium borate discs (major elements) and pressed powders (trace elements). Fusion discs were prepared as described above. Pressed powder pills (32 mm in diameter) were prepared by mixing 10 g of sample powder with a PVP-MC (polyvinylpyrrolidone-methylcellulose) binder,

and compaction at 3.5 tonnes cm⁻²(Watson 1996). A Philips PW1480 wavelength-dispersion X-ray spectrometer with a ScMo tube was used for all elements except V, Ag, Sn, Sb, and Ba (Au tube) and Mo (Rh tube). Klines were used for all elements except As (K), Bi and Ba (L) and Pb (L). We used a mixture of pure oxides and silica as calibration standards, along with a large range of international and in-house reference rocks and minerals. Line-overlap corrections were determined from very pure chemicals mixed with silica. Corrections for mass absorption were calculated using Philips X40 software with De Jongh's calibration model and Philips alpha coefficients. Compton scattering was also used for many trace elements.

RESULTS

Results of the LA-ICP-MS, solution ICP-MS, and XRF analyses are presented in Tables 1–2. This study provides a considerable amount of new information about the compositions of these international standard reference-materials, as few data exist in the literature for some of these standards, e.g., HV–1 and MP–1. Element concentrations in these materials span a broad range, e.g., Zn, Pb, As, Sb, Sn, and Bi concentrations each extend over 3–4 orders of magnitude. Concentrations of 33 elements were determined by the various techniques employed in this study. The dataset includes lithophile elements found predominantly in the silicate, carbonate, phosphate, or oxide fraction (Al, Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Ti, V, Ga, Ge, Rb, Sr, Zr, Ba, U), base and precious metals (Cu, Zn, Pb, Ag), and other chalcophile elements, with a variety of lithological affinities and potential economic significance (S, Ni, Co, As, Se, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Te, Tl, Bi). In the following section, we discuss these results in terms of: (1) sensitivity and precision of the LA-ICP-MS analyses, (2) effects of operating the laser in line scan versus fixed-spot mode, and (3) a comparison of results among the different analytical methods.

DISCUSSION

LA-ICP-MS: sensitivity, precision, detection limits

Relative sensitivity (cps/ppm) for the LA–ICP–MS analyses showed a typically flat mass-response pattern that varied from ~800–1000 cps/ppm for light-mass elements such as Mg and Al, up to ~2000–5000 cps/ppm for heavy-mass elements such as Pb and Bi. Figure 1 shows typical mass-response curves for different operating conditions of the laser, based on replicate analyses of the standard glass STDGL–1. Structure in these curves, e.g., the low sensitivity for S, Zn, As, and Sb relative to adjacent elements, primarily reflects differences in the ionization efficiency of these elements in the plasma. These curves are based on absolute concentrations in the fused glasses rather than rock-equivalent compositions.

Replicate analyses of the fused glasses by LA–ICP–MS indicate typical 1RSD values of 2–8% relative for rock-equivalent concentrations >1 ppm (Table 1).

TABLE 1. RESULTS OF LASER-ABLATION ICP-MS ANALYSES
OF FUSED ORE STANDARDS

	mass	DL	RTS-3			RTS-4			CPB-1			CZN-1		
			avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV
MgO	25	5.5	4.1	0.2	4.1	0.32	0.01	0.30	0.16	0.01	0.15	0.32	0.01	0.32
Al ₂ O ₃	27	2.0	8.0	0.3	9.1	0.70	0.03	0.64	0.32	0.01	0.28	0.27	0.01	0.25
CaO	44	80	3.2	0.2	3.1	0.57	0.04	0.46	0.89	0.07	0.88	0.31	0.03	0.25
S wt%	34	0.55	10.2	0.6	10.0	36.7	1.8	35.9	19.1	1.8	17.8	19.8	1.7	30.2
Ti	47	3.7	2346	126	3200	971	21	800	444	21		499	49	
V	51	0.2	98	2		49	2		12	1		13	2	
Mn	55	4.0	1890	33	2000	132	3	150	400	3	390	2234	81	2190
Fe wt%	57	120	21.04	IS		56.70	IS		8.43	IS		10.93	IS	
Co	59	0.2	272	7	260	207	3	186	3.9	0.1		8.3	0.3	
Ni	60	1.1	103	2	71	7974	174	7940	55	1		41	3	
Cu	65	1.5	2717	150	2820	290	12	280	2233	67	2540	1378	39	1440
Zn	66	3	1996	92	1850	209	12	158	45858	1297	44200	397661	25685	447400
As	75	0.9	15.0	0.8	9	267	14	207	593	25	560	267	25	260
Mo	98	1.2	6.2	0.4		6.7	0.4		6.2	0.3		9.9	0.6	
Ag	107	0.2	13.9	0.6	<8	2.2	0.1	<2	589	21	626	92	8	93
Sn	118	0.4	293	10		8.7	0.7		218	10	190	84	4	65
Sb	121	0.3	2.7	0.2		0.7	0.2		3729	156	3600	573	36	520
Ba	138	0.2	154	5	98	41	2	27	14.6	0.5		14.1	0.7	
Tl	205	0.07	2.7	0.1		0.21	0.05		38	2		6.63	0.59	
Pb	208	0.2	185	4	146	84	3	60	637934	18683	647400	75198	5413	74500
Bi	209	0.03	97	5	100	3.6	0.3	3	230	5	230	23	2	27

	mass	DL	MP-1			HV-1			GXR-1			GXR-4		
			avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV	avg	1σ	CIV
MgO	25	5.5	0.03	0.01	0.01	0.52	0.01	0.56	0.35	0.02	0.36	3.0	0.1	2.8
Al ₂ O ₃	27	2.0	6.0	0.4	6.9	11.1	0.2	12.5	5.8	0.2	6.6	13.7	0.5	13.6
CaO	44	80	4.3	0.4	4.7	1.6	0.1	2.0	1.12	0.10	1.34	1.34	0.02	1.41
S wt%	34	0.55	13.3	0.8	11.8	<0.5		0.35	<0.3		0.26	1.70	0.17	1.77
Ti	47	3.7	852	29	700	1178	9	1450	537	32	380	2222	84	2870
V	51	0.2	18	1		57	1	70	81	2	80	95	4	87
Mn	55	4.0	403	13	500	261	5	280	797	12	880	157	2	150
Fe wt%	57	120	5.68	IS		1.42	IS		23.60	IS		3.09	IS	
Co	59	0.2	3.5	0.3		3.2	0.1		8.1	0.2	8.2	15.0	0.4	15
Ni	60	1.1	34	2		30	2		58	3	41	59	1	42
Cu	65	1.5	21857	1086	20900	5063	183	5200	1090	17	1110	6160	308	6520
Zn	66	3	162161	8909	159000	78	3		772	47	760	90	4	73
As	75	0.9	8222	345	7700	8.9	0.6		410	12	427	109	6	98
Mo	98	1.2	144	10	140	607	22	580	23	1	18	427	14	310
Ag	107	0.2	64	2	58	3.0	0.1		32	2	31	4.1	0.3	4
Sn	118	0.4	22965	1412	24300	12.7	0.3		59	3	54	15	1	5.6
Sb	121	0.3	25.1	1.9		1.3	0.1		118	5	122	4.4	0.2	4.8
Ba	138	0.2	10.7	0.5		1204	22	810	989	30	750	2558	142	1640
Tl	205	0.07	0.82	0.05		0.14	0.01		0.12	0.02	0.39	1.2	0.1	3.2
Pb	208	0.2	18848	829	18800	53	8		815	54	730	75	4	52
Bi	209	0.03	232	9	240	1.6	0.1		1478	78	1380	19.1	0.6	19

The data are expressed in ppm, except as noted, and represent an average result of eight analyses per sample, except HV-1 (n = 4) and Pb for CPB-1 and CZN-1 (n = 4). IS indicates the value of Fe used for internal standardization. DL represents average detection-limits (ppm) for 80 analyses calculated on a rock-equivalent (flux-free) basis. Detection limits for Mg, Al, Ca, and Fe given as ppm of the elemental abundance. CIV are certified or information (italics) values from references cited in the text.

The 16 analyses of STDGL-1 that were used for calibration of the LA-ICP-MS data show 1RSD values for each element ranging from 1.0 to 8.1%, with an average value of 3.4%. For these analyses, relative precision was <2% (1RSD) for

Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn; 2–5% for MgO, Al₂O₃, S, CaO, V, As, Ag, Sb, Ba, Au, Pb, and Bi, and 5–8% for Sn, Mo, and Tl, with the relatively low count-rates for Mo and Tl accounting for the higher RSD values for these elements. These RSD values are comparable to those found in previous studies using LA–ICP–MS analyses of fused silicate rocks (Sylvester 2001). However, the replicate calibration analyses of STDGL–1 show a greater scatter (i.e., larger RSD) than would be expected simply from counting statistics, as approximated by $1/\sqrt{\text{cps}}$ (Fig. 2). This finding contrasts with results for the NIST 612 glass described by Norman et al.(1996), and indicates that other sources of uncertainty, such as sample heterogeneity, element fractionation, or instrumental instability (ICP–MS or laser) also contribute to the reproducibility of the LA–ICP–MS data for this glass.

Detection limits for each individual LA–ICP–MS analysis are calculated from the gas background and apparent sensitivity of the calibration standard following the approach of Longerich et al.(1996). Average detection-limits calculated on a rock-equivalent (fluxfree) basis for the approximately 80 LA–ICP–MS analyses obtained for this study are given in Table 1. These rock-equivalent detection limits are somewhat arbitrary, as they depend on the ratio of sample to flux, but they do provide a realistic basis for evaluating the technique. Actual concentrations of trace elements in the glass disc are ~10 lower than the rock-equivalent abundances used for calibration values, so detection limits based on absolute concentrations in the glass would be lower than those shown in Table 1 by a factor of ~10. For example, detection limits based on absolute analytical sensitivity and not corrected for dilution of the sample with flux would be 550 ppm for S and 12 ppm for Fe, extending down to values as low as 3 ppb for Bi and 7 ppb for Tl (Table 1). This example demonstrates the ability of high-sensitivity LA–ICP–MS instrumentation to obtain useful precision even at very low concentrations.

TABLE 2. SOLUTION ICP-MS DATA ON POWDERED
ORE STANDARDS, OBTAINED USING
A QUADRUPOLE ICP-MS APPARATUS

	mass	RTS-3	RTS-4	CPB-1	CZN-1	HV-1	MP-1	GXR-1	GXR-4
Mn	55	2019	128	512	2973	266	439	966	147
Co	59	293	209	4.6	10	2.9	3.0	8.9	14
Ni	60	75	8220	8.6	8.4	6.2	14	43	38
Ge	73	18	22	4.5	6.6	3.0	4.9	11	3.4
As	75	13	252	745	360	5.9	8835	468	102
Se	77	65	61	33	6.1	1.1	13	16	6.1
Sr	88	41	8.7	3.2	2.6	436	6.9	307	217
Mo	95	2.5	2.2	1.2	6.0	576	141	20	321
Cd	111	9.5	0.9	176	1596	0.4	596	2.7	0.4
In	115	3.2	0.03	13	104	0.1	746	1.1	0.2
Sn	118	66	0.4	214	60	2.8	3490	49	6.5
Sb	121	2.2	0.3	4188	625	1.2	25	120	4.2
Te	125	8.1	0.8	0.6	0.1	0.3	3.2	14	0.8
Tl	205	4.6	0.2	37	13	0.2	0.8	0.4	2.9
Bi	209	92	2.6	230	25	1.3	240	1546	18

All data in ppm.

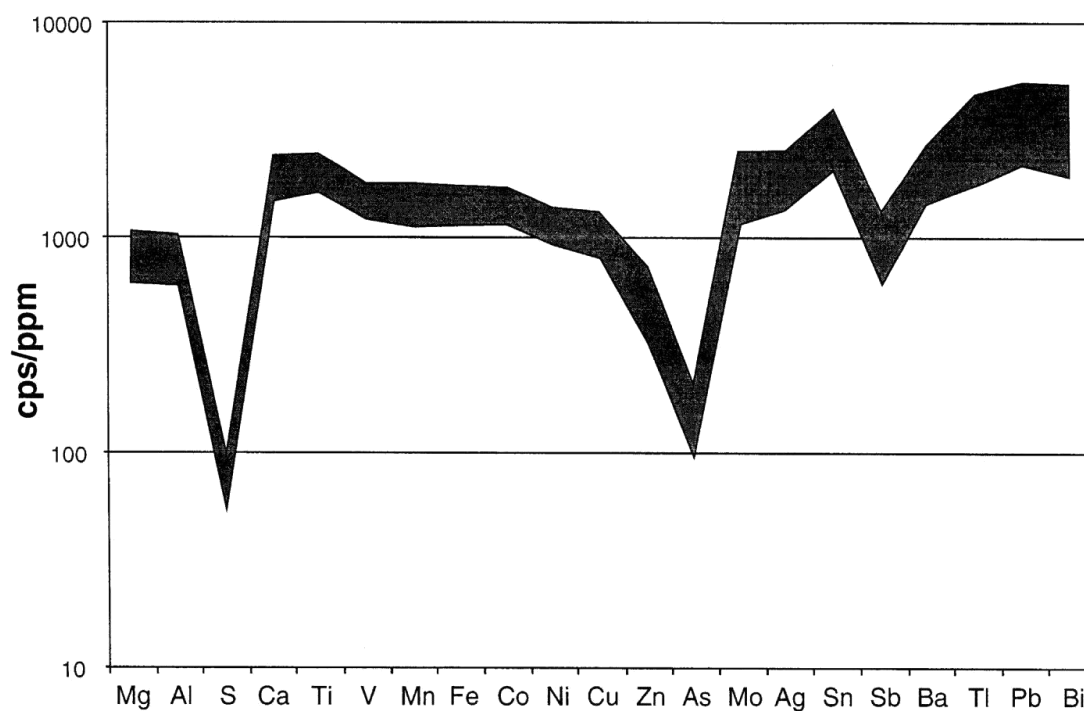


FIG. 1. Relative sensitivities (cps/ppm) of the elements determined on sulfide ores by laser-ablation ICP–MS analysis of fused glasses. Data are based on absolute abundances in the glass and have been normalized for isotopic abundance.

The grey field represents the range encountered for the calibration standard STDGL–1 during this study.

Line scan versus fixed-spot mode

The effect of performing LA–ICP–MS analyses with the laser operated in a fixed spot versus line-scan mode was evaluated by calibrating results of spot analyses of the STDGL–1 glass against results for this same material analyzed with a line scan. Two experiments were conducted on different days. In the first experiment, both the spot and line-scan analyses were obtained with the laser operating at 4 Hz and a beam diameter of 100 μ m.

In the second experiment, both spot and line-scan analyses used a beam 50 μ m in diameter, but the line-scan analyses were obtained at 5 Hz, and the spot analyses, at 4 Hz. For the line-scan analyses, the sample was traversed under the laser beam for a distance of about 250 μ m during a one-minute analysis. In both experiments, four line-scan analyses were used for calibration, and 4–5 analyses as unknowns were obtained in fixed spot mode. Results of the spot analyses were averaged and compared with the calibration values used for STDGL–1 (Fig. 3). In addition, two samples (MP–1, GXR–4) were analyzed in both fixed-spot and line-scan modes, against calibration analyses of STDGL–1 analyzed in the same way (i.e., fixed spot versus line scan) as the unknowns. The line scans were obtained with the laser operating at 10 Hz with a beam 50 μ m in diameter, and the spot analyses were obtained with a beam 100 μ m in diameter and a laser-repetition rate of 5 Hz. The fixed-spot and line-scan data are compared in Figure 3.

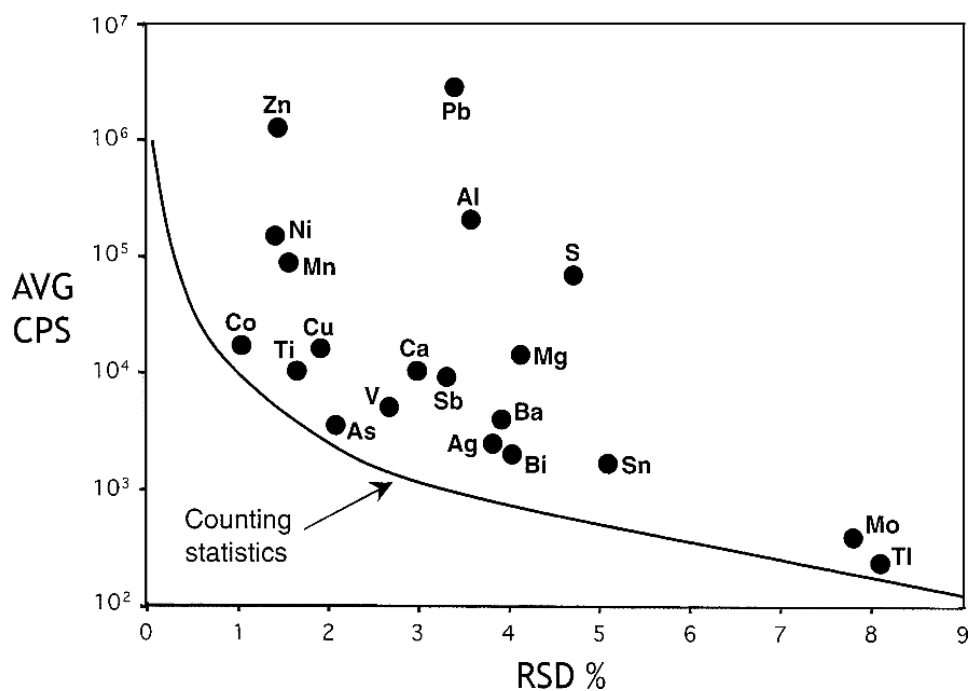


FIG. 2. Analytical precision, as indicated by the 1 RSD of replicate analyses of the calibration standard STDGL-1, exceeds that expected from counting statistics, indicating additional sources of analytical error.

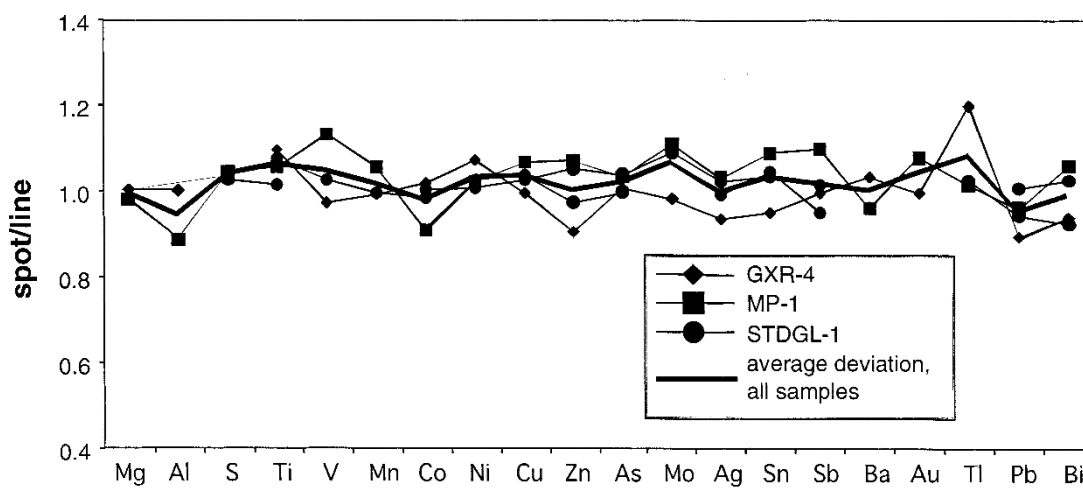


FIG. 3. A comparison of relative sensitivities (cps/ppm) of the various elements determined by LA-ICP-MS, with the laser operated in fixed-spot mode and line-scan mode.

Relative deviations of the STDGL-1 data obtained in fixed-spot mode range from 0.98 to 1.09 that of the calibration values obtained in line-scan mode, with an average value of 1.02 for all elements. Similar results were obtained for the analyses of MP-1 and GXR-4, with average results for both line-scan and fixed-spot modes agreeing to within 10% (Fig. 3). This is within the 3RSD for all elements sought here, suggesting little if any significant or systematic difference in the absolute values obtained by spot versus line-scan analysis of this material. The most noticeable difference is a tendency for the line-scan results to generate smoother signals with a somewhat higher average count rate, producing better detection limits and relative precision, especially for samples that ablate poorly in fixed spot mode.

Comparison of the methods

The data obtained by LA-ICP-MS on the fused ores agree well with those collected by the other methods and with the reference values for these materials over several orders of magnitude. A comparison of element abundances obtained by the various methods are presented in Figures 4–8. These data demonstrate excellent correspondence of the LA-ICP-MS data with those obtained by other methods. This finding includes major constituents such as Al_2O_3 , CaO , and MgO (Fig. 4), which are present at levels ranging from 0.1 to 10 wt% (rock equivalent), as well as a wide variety of lithophile and chalcophile trace elements. This study demonstrates the accuracy of the LA-ICP-MS technique relative to the other methods, and establishes a useful interlaboratory calibration for the methods applied here.

Of particular interest for ore-deposit studies is the excellent agreement for base and precious metals such as Cu, Pb, Zn, Ag, and Mn, which vary over several orders of magnitude among the samples (Figs. 4, 5, 6). The concentrations of Cu and Ag are especially well correlated among the various techniques and agree well with the reference values (Fig. 6). At low concentrations of Pb, data for the fused glasses by both LA-ICP-MS and solution ICP-MS show elevated concentrations relative

to results by XRF and the reference values (Fig. 7), possibly indicating Pb contamination introduced during preparation of the glasses. There is a tendency for the magnetic sector ICP–MS analysis of the dissolved fused discs to show systematically lower Zn values relative to the other methods, perhaps indicating suppression of the Zn signal in the lithium borate matrix or an offset in the calibration values used for these analyses (Fig. 5).

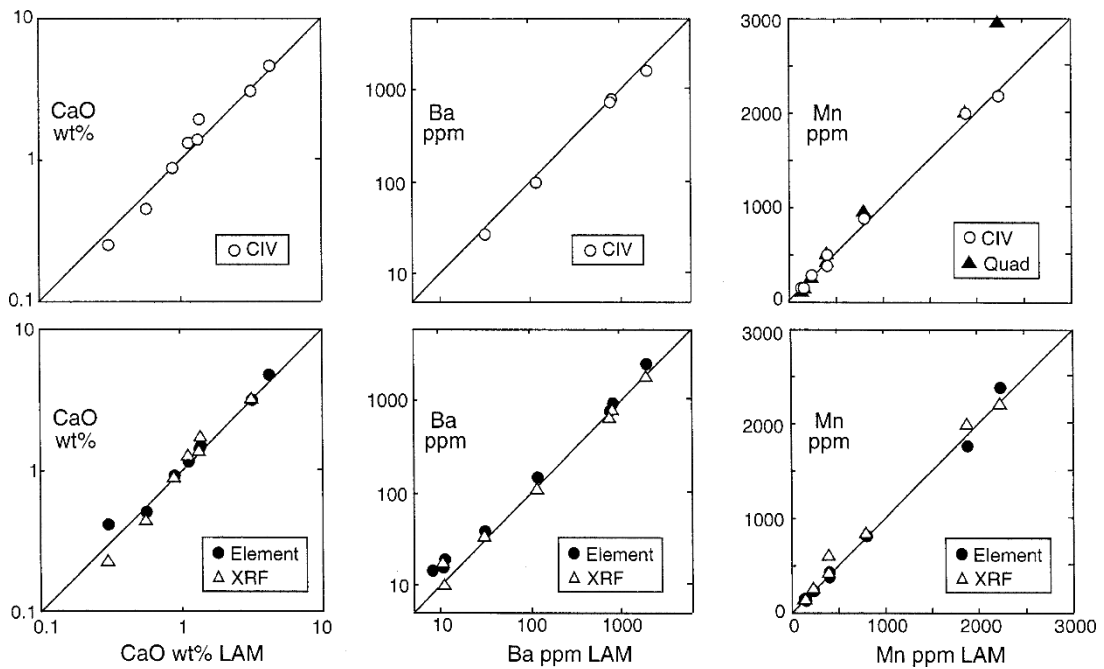


FIG. 4. A comparison of results for CaO, Ba, and Mn obtained on the fused sulfide ore standards by LA–ICP–MS with reference values for these materials (CIV; open circles), solution ICP–MS analysis of the fused glasses (filled circles), XRF (open triangles), and solution ICP–MS of unfused whole-rock powders (filled triangles).

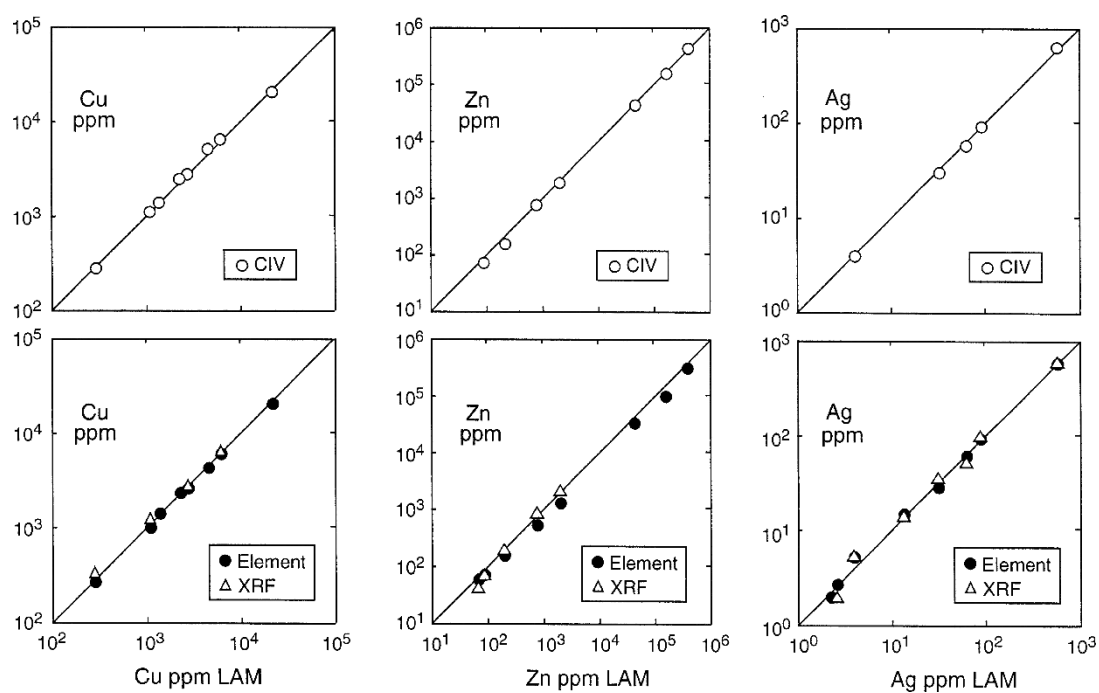


FIG. 5. A comparison of results for Cu, Zn, and Ag obtained on the fused sulfide ore standards by LA-ICP-MS with reference values for these materials (open circles), solution ICP-MS analysis of the fused glasses (filled circles), and XRF (open triangles).

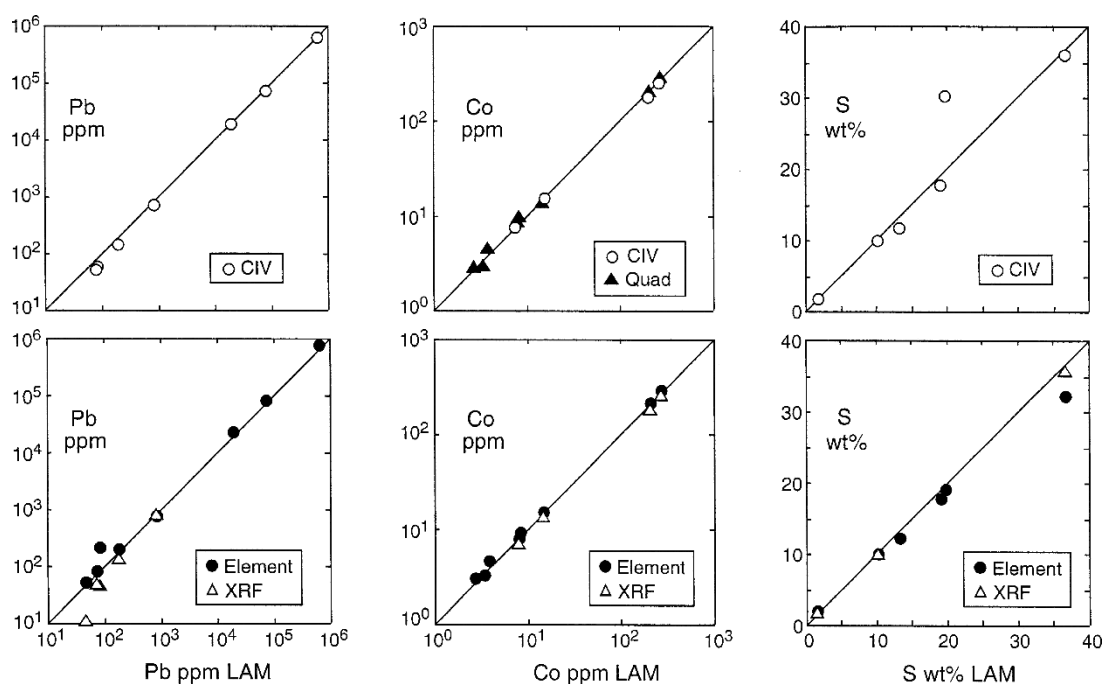


FIG. 6. A comparison of results for Pb, Co, and S obtained on the fused sulfide ore standards by LA-ICP-MS with reference values for these materials (open circles), solution ICP-MS analysis of the fused glasses (filled circles), XRF (open triangles), and solution ICP-MS analysis of whole-rock powders (filled triangles).

Other chalcophile elements that may be useful for exploration or petrogenetic studies of ore deposits, such as As, Sb, Bi, and Co, also show very good agreement among the different methods over concentration ranges extending over three or four orders of magnitude (Figs. 6, 7). This agreement demonstrates the robust linear

response of the instrument and the ability to obtain useful data for materials with diverse compositions using a single calibration standard. Sulfur contents determined by LA–ICP–MS on the fused glasses show good agreement with reference values and data obtained on the same fused glass discs using the magnetic sector ICP–MS (Fig. 6), despite the relatively poor sensitivity of S by ICP–MS and the need to use a minor isotope (^{34}S) on the quadrupole ICP–MS due to a major interference from $^{16}\text{O}_2$ on ^{32}S . Cadmium, In, and Se show good agreement among the data obtained by XRF, solution ICP–MS on whole-rock powders, and the reference values (Fig. 8). These elements were not determined by LA–ICP–MS for this study. Our XRF and solution ICP–MS results suggest that the information value of 100 ppm Se for RTS–4 is probably too high (Fig. 8). Barium also shows excellent agreement among all of the methods used for this study (Fig. 4).

For Sn, Mo, Ni, and Tl, there is good agreement among the various methods at high concentrations, and systematic differences at low concentrations (Figs. 8). Both LA–ICP–MS and solution ICP–MS results on the fused discs show systematically higher Sn, Mo, and Ni at low concentrations compared to XRF and solution ICP–MS analyses on whole-rock powders, whereas the XRF and solution ICP–MS data on the whole-rock powders tend to agree well at low concentrations (Figs. 8). At higher concentrations of these elements, results by all methods converge on the reference values. The discrepancies for Sn, Mo, and Ni at low concentrations may be due to contamination of the samples during fusion, as these elements are known to react with platinum crucibles (Norrish & Thompson 1990). Two samples with moderate to high contents of Sn (MP–1, RTS–3) also show anomalously low values by solution ICP–MS analysis of whole rock powders (Fig. 8), probably owing to incomplete dissolution of Sn-bearing phases such as cassiterite during acid digestion of these samples. This situation is especially likely to be a problem for MP–1 (reference value: 24300 ppm), which is known to contain Sn mineralization (CANMET 1972).

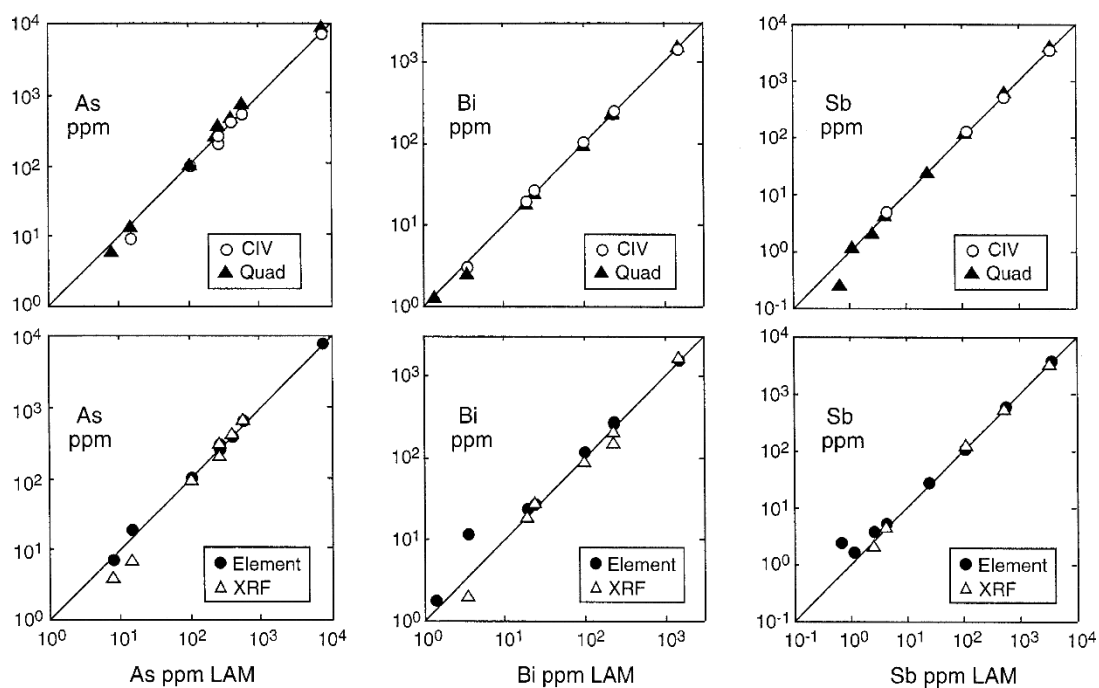


FIG. 7. A comparison of results for As, Bi, and Sb obtained on the fused sulfide ore standards by LA-ICP-MS with reference values for these materials (open circles), solution ICP-MS analysis of the fused glasses (filled circles), XRF (open triangles), and solution ICP-MS analysis of whole-rock powders (filled triangles).

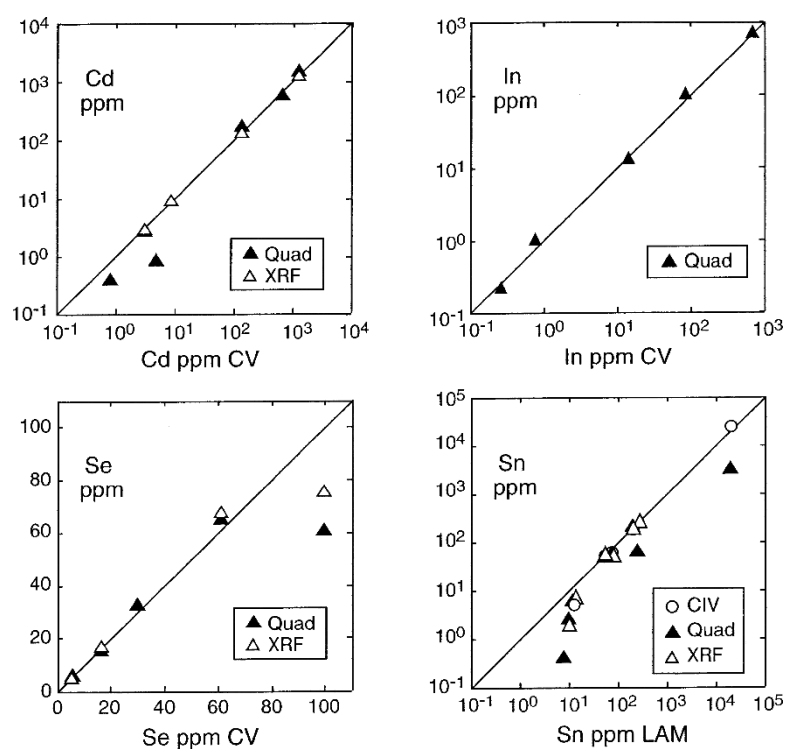


FIG. 8. A comparison of results for Cd, In, Se, and Sn obtained on the sulfide ore standards by solution ICP–MS analysis of whole-rock powders (filled triangles) with data obtained by LA–ICP–MS, XRF, and the reference values for these materials.

CONCLUSIONS

Whole-rock major- and trace-element compositions of a diverse suite of standard reference materials representing sulfide ores and related rock-types have been measured by laser-ablation ICP–MS (LA–ICP–MS) analysis of fused lithium

borate glasses. A comparison with results obtained by solution ICP–MS and XRF demonstrates the accuracy of the LA–ICP–MS technique. Replicate analyses indicate a precision of 2–8% relative (1RSD) for the LA–ICP–MS data at concentrations above 1 ppm rock-equivalent, corresponding to actual concentrations of >0.1 ppm in the fused glasses after dilution with flux. A wide range of bulk compositions can be analyzed using the LA–ICP–MS method described here, including Pb–Zn sulfides, Fe sulfides, Cu–Mo sulfides, and silicates. This sampling covers the range of compositions likely to be encountered in many ore-deposit studies. The good agreement of results for these diverse compositions shows that matrix effects are not a significant problem at the scale of compositional variation represented by these samples. No significant differences in the results were found with the laser operating in either line scan or fixed-spot mode. The LA–ICP–MS analysis of fused glasses overcomes problems related to insoluble phases such as cassiterite, which demonstrably affect solution ICP–MS analysis of whole-rock powders. Minor discrepancies among the various techniques were found for some elements (Sn, Mo, Ni, Tl) at low concentrations, possibly owing to incomplete dissolution of resistant phases or contamination acquired during the fusions. Whole-rock analysis using LA–ICP–MS analysis of fused samples provides a fast and convenient method for measuring concentrations of trace elements in both sulfide ores and silicate rocks without the need for wet-chemical dissolution.



Рис. 4.1 Сеть кварцевых прожилков в микрокварцитах (развед. штрек 27, гор. 15 Южный фланг Быструшинской залежи)



Рис. 4.2. Система разно ориентировочных кварцевых прожилков с сульфидной минерализацией в микрокварцитах (кровля орта 27, гор. 15 Южного фланга Быструшинской залежи)

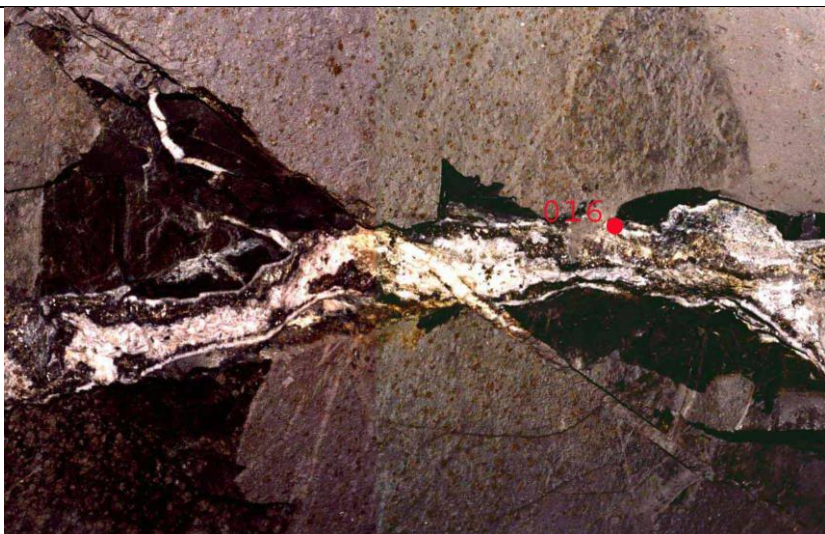


Рис. 4.3. Кварц-карбонат-сульфидный прожилок в
окремненных алевролитах
(кровля аккумулирующего орта, гор. 15 Южный фланг
Быструшинской залежи)



Рис. 4.4 Взаимоотношения дайки диабазов с поздними
кварц-карбонатными прожилками
(восточная стенка орта 27 Ю гор. 16 Южный фланг
Быструшинской залежи)



Рис. 4.5 Кварцевая жила с вкрапленностью сульфидов
выполняет зону дробления, апофиза дайки диабазов (буро-
желтого цвета)
(западная стенка орта 27, гор. 16 Южный фланг
Быструшинской залежи)

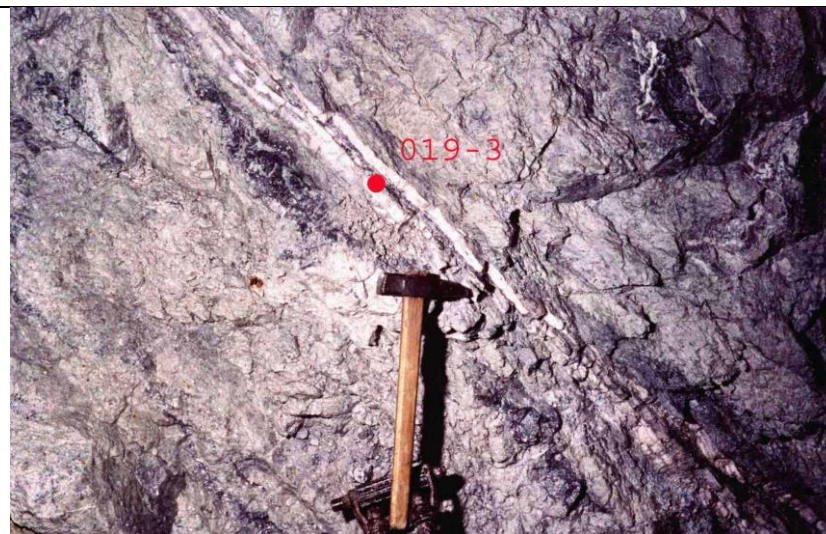


Рис. 4.6 Карбонатный прожилок в окремненных
алевролитах
(восточная стенка орта 27, гор. 16, Южный фланг
Быструшинской залежи)



Рис. 4.7 Свинцово-цинковое оруденение в зоне дробления
(разведочный штрек 27, орта 15, Южный фланг
Быструшинской залежи)



Рис. 4.8 Система вертикальных кварц-сульфидных
прожилков в зоне брекчирования
(аккумулирующий орт, гор. 15 Южный фланг
Быструшинской залежи)

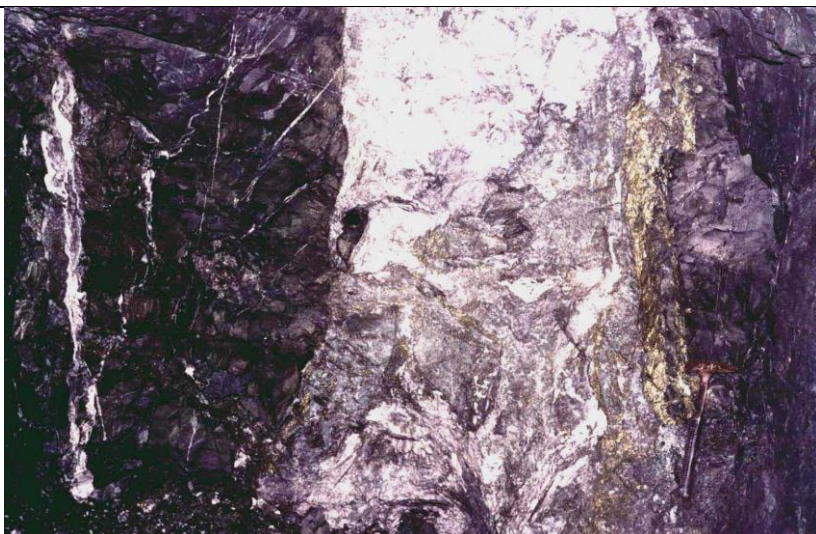


Рис. 4.9 Кварц-карбонат-халькопиритовая жила с мощностью 1,2 м (забой разведочного штрека 16с, гор. 17, Быструшинской залежи)



Рис. 4.10 Кварцевые прожилки СЗ простирания, смещенные поздними нарушениями (кровля разв. штрека 16с, гор. 17, Быструшинская залежь)



Рис. 4.11 Вертикальная золото-медно-цинковая жила
(Быструшинская залежь, гор. 17, разв. штрек 16°)

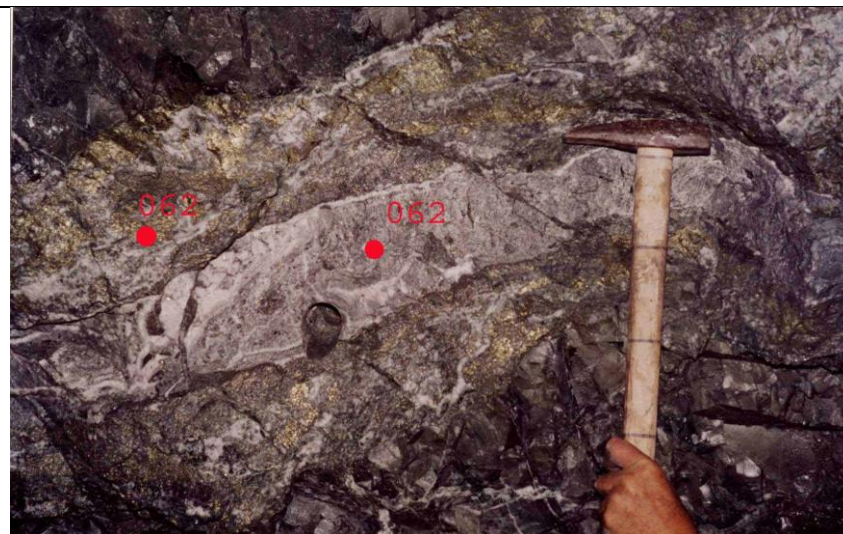


Рис. 4.12 Золото-кварцево-медная жила в кровле
выработки
(Быструшинская залежь, гор. 17, разв. штрек 16°)

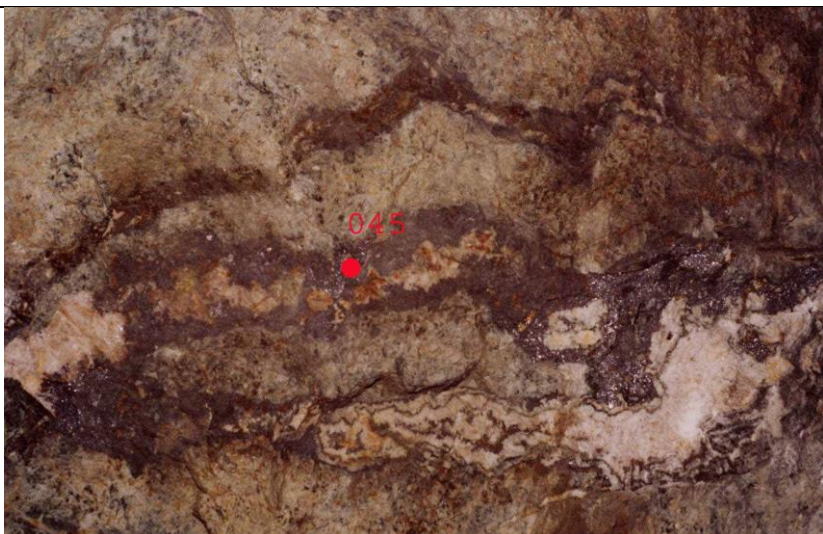


Рис. 4.13 Зональные обособления галенита, сфалерита и карбоната
(3-я ЮЗ залежь, гор. 14, орт 2)



Рис. 4.14 Золото-кварц-сульфидная жила с обособлением крупнозернистого сфалерита, халькопирита, кварца
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16 р.ш. 25-II/2)



Рис. 4.15 Золото-кварц-сульфидная жила мощностью до 1,5 м в центральной части зоны дробления (кровля выработки)
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16, р.ш. 25-II/2)

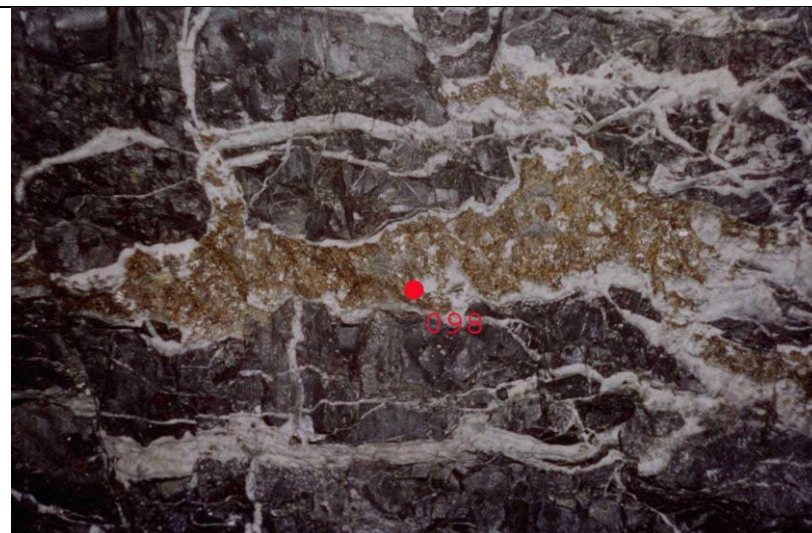


Рис. 4.16 Кварц-сфалеритовое выполнение зоны дробления с пострудным нарушением (слева)
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16, р.ш. 25-II/2)

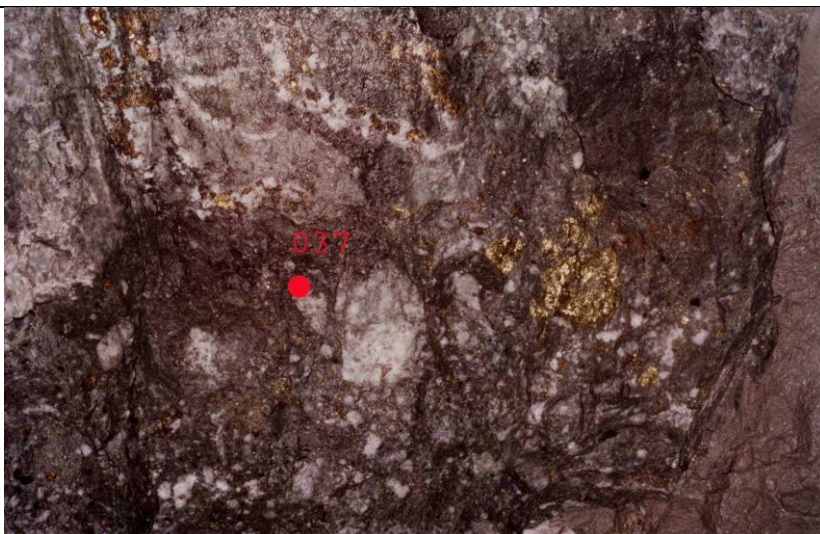


Рис. 4.17 Медно-цинковая руда в зоне брекчий
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16, орт 7, п.28)



Рис. 4.18 Вертикальные карбонат-кварц-сульфидные
прожилки в микрокварцитах
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16, скр. штр.)

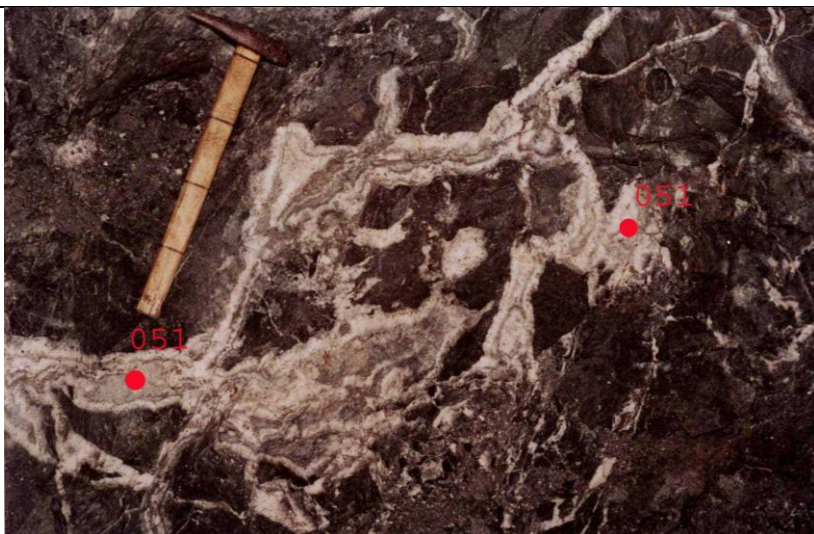


Рис. 4.19 Крустификационные кварц-карбонат-сульфидные прожилки в брекчированных микрокварцитах (Залежь Победа, гор. 15, разв. штрек 1б/1)



Рис. 4.20 Дайка диабазовых порфиров (слева), сульфидная жила (справа), серицит-хлорит-кварцевой вмещающей породе (в центре) (залежь Победа, гор. 15, разв. штрек 1в/1)



Рис. 4.21 Золото-кварц-сульфидная жила с обломками
вещающих микрокварцитов
(3-я ЮЗ залежь гор. 16, орт 7)



Рис. 4.22 Горизонтальный кварц-карбонат-сфалеритовый
прожилок
(3-я ЮЗ залежь, гор. 16, скр. штрек 1)

Таблица 5.1 – Корреляционная матрица элементов в рудах Риддер-Сокольного месторождения, з. «Победа»

Элементы	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	V	Ga	Ge	Se	Rb	Cd	Te	W	Tl	I	Hg
Au	1	0,4784	0,1233	0,2287	0,3088	0,2324	0,3228	0,3306	0,5919	-0,29	0,3685	0,331	0,3632	0,3084	0,0124	0,0234
Ag	0,4784	1	0,3427	0,6824	0,7046	0,3121	0,7629	0,7592	0,7057	-0,564	0,7609	0,6879	0,7885	0,7635	0,3264	0,4898
Cu	0,1233	0,3427	1	0,1663	0,299	-0,01	0,3111	0,3292	0,2727	-0,357	0,3371	0,2918	0,4162	0,2821	0,0181	0,0442
Pb	0,2287	0,6824	0,1663	1	0,8526	0,2616	0,9055	0,8731	0,4348	-0,558	0,8574	0,6849	0,8449	0,9491	0,3237	0,4785
Zn	0,3088	0,7046	0,299	0,8526	1	0,3074	0,9029	0,9494	0,5158	-0,58	0,9705	0,7345	0,9593	0,92	0,284	0,4155
V	0,2324	0,3121	-0,01	0,2616	0,3074	1	0,4306	0,4038	0,2868	-0,317	0,2788	0,7551	0,3803	0,4393	0,4668	0,2287
Ga	0,3228	0,7629	0,3111	0,9055	0,9029	0,4306	1	0,9379	0,518	-0,618	0,9088	0,8359	0,9323	0,968	0,3623	0,4565
Ge	0,3306	0,7592	0,3292	0,8731	0,9494	0,4038	0,9379	1	0,5045	-0,625	0,9629	0,8276	0,9772	0,9583	0,3854	0,4553
Se	0,5919	0,7057	0,2727	0,4348	0,5158	0,2868	0,518	0,5045	1	-0,461	0,4872	0,469	0,5289	0,5318	0,275	0,4795
Rb	-0,29	-0,564	-0,357	-0,558	-0,58	-0,317	-0,618	-0,625	-0,461	1	-0,585	-0,57	-0,62	-0,629	-0,242	-0,313
Cd	0,3685	0,7609	0,3371	0,8574	0,9705	0,2788	0,9088	0,9629	0,4872	-0,585	1	0,7438	0,9797	0,921	0,2616	0,4065
Te	0,331	0,6879	0,2918	0,6849	0,7345	0,7551	0,8359	0,8276	0,469	-0,57	0,7438	1	0,8209	0,843	0,5127	0,4306
W	0,3632	0,7885	0,4162	0,8449	0,9593	0,3803	0,9323	0,9772	0,5289	-0,62	0,9797	0,8209	1	0,9465	0,318	0,4087
Tl	0,3084	0,7635	0,2821	0,9491	0,92	0,4393	0,968	0,9583	0,5318	-0,629	0,921	0,843	0,9465	1	0,3893	0,4795
I	0,0124	0,3264	0,0181	0,3237	0,284	0,4668	0,3623	0,3854	0,275	-0,242	0,2616	0,5127	0,318	0,3893	1	0,804
Hg	0,0234	0,4898	0,0442	0,4785	0,4155	0,2287	0,4565	0,4553	0,4795	-0,313	0,4065	0,4306	0,4087	0,4795	0,804	1

*Примечания: Значимый показатель на 95% уровне вероятности составляет 0,47.

Цветом выделены значимые показатели.

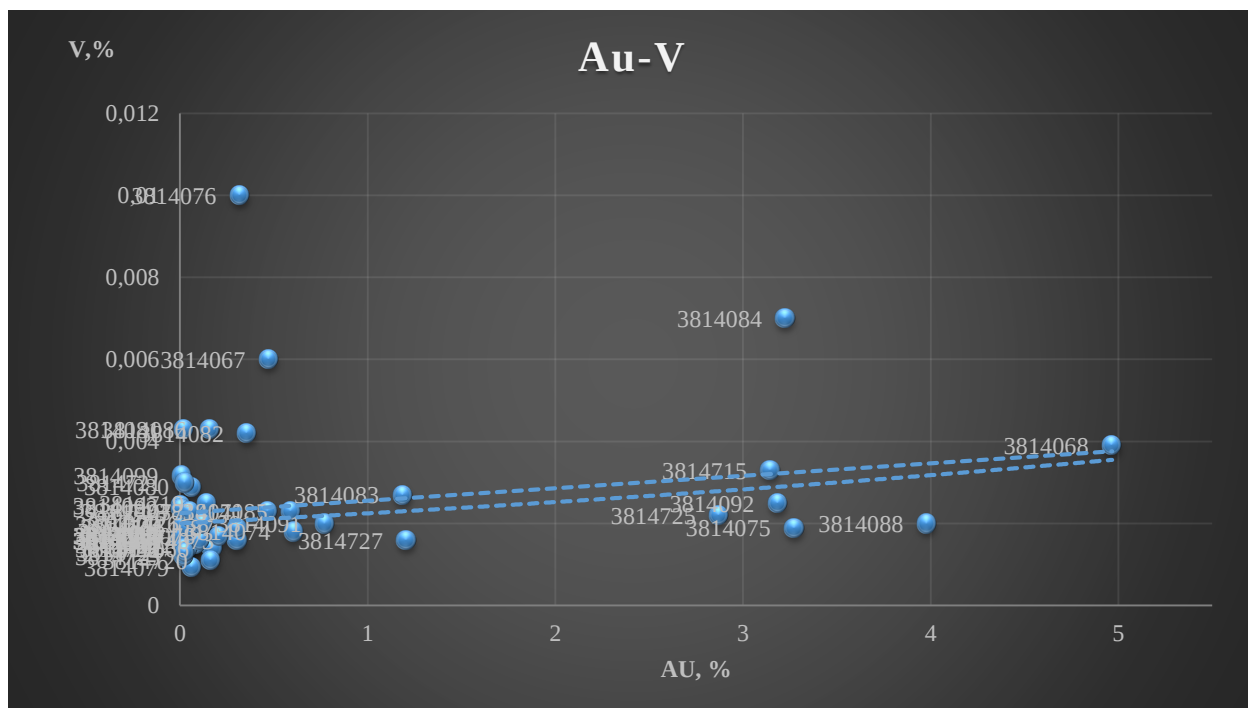


Рисунок 5.3. График корреляционной зависимости золото – ванадий.

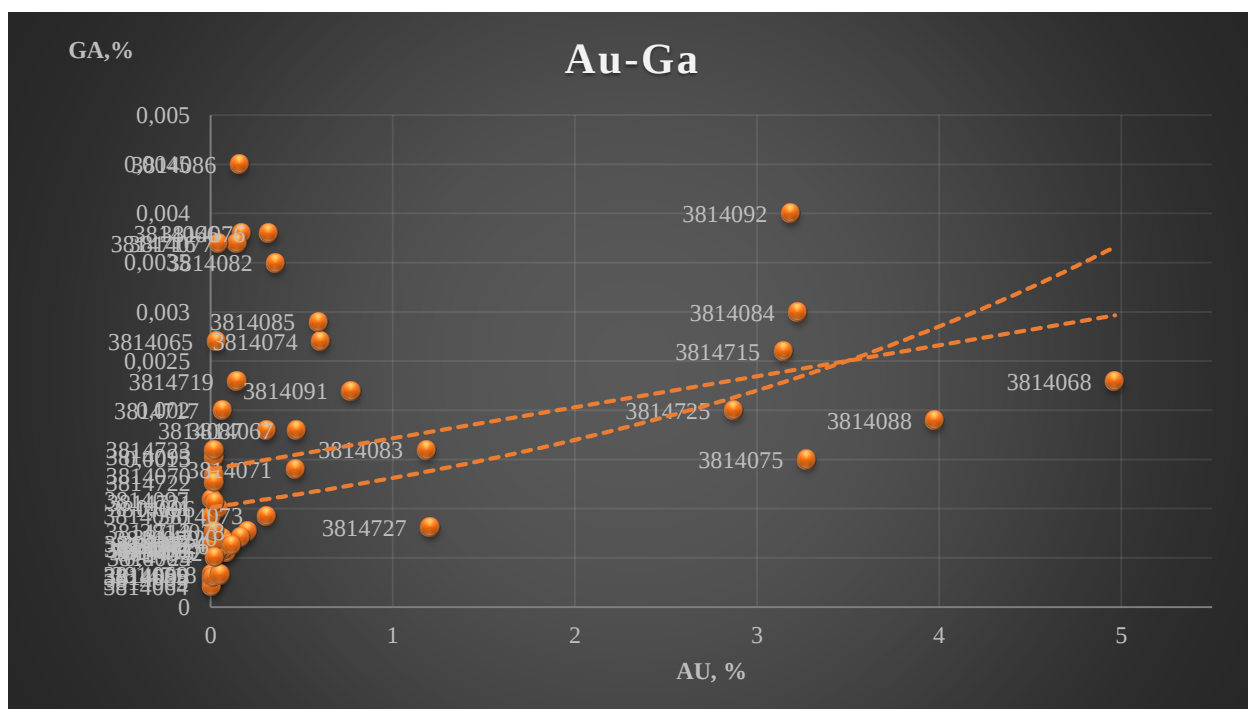


Рисунок 5.4. График корреляционной зависимости золото – галлий.

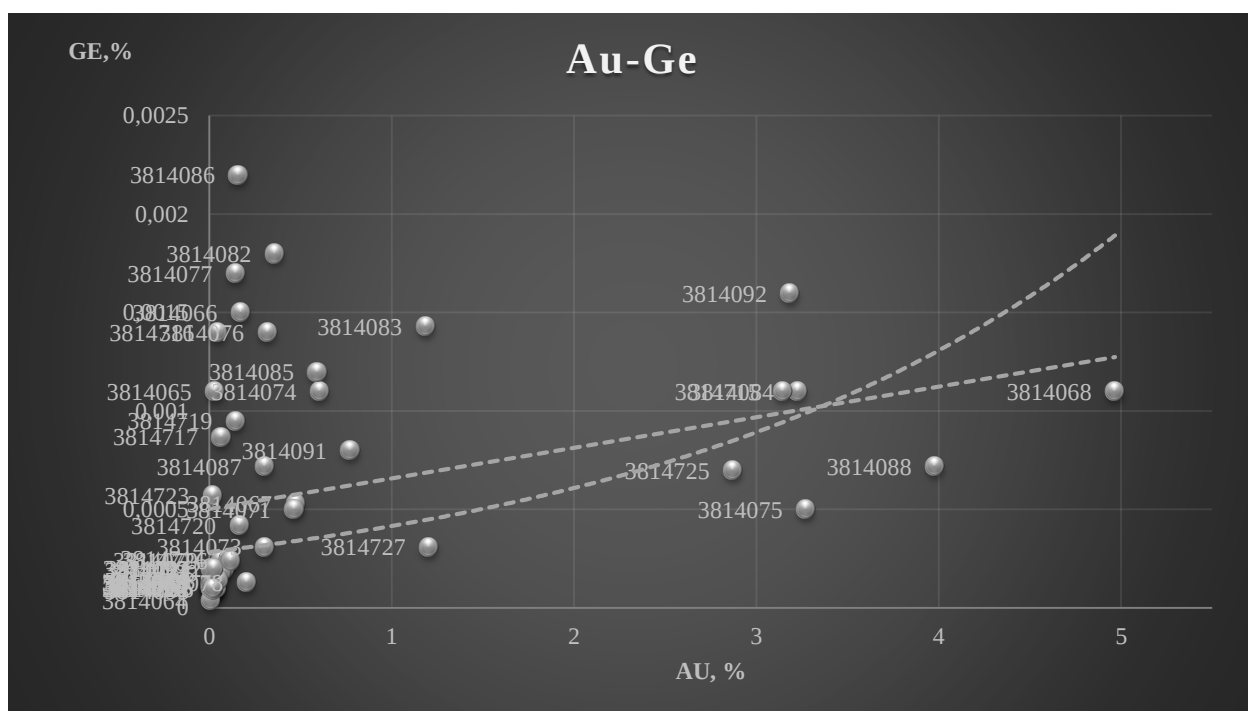


Рисунок 5.5. График корреляционной зависимости золото – германий.

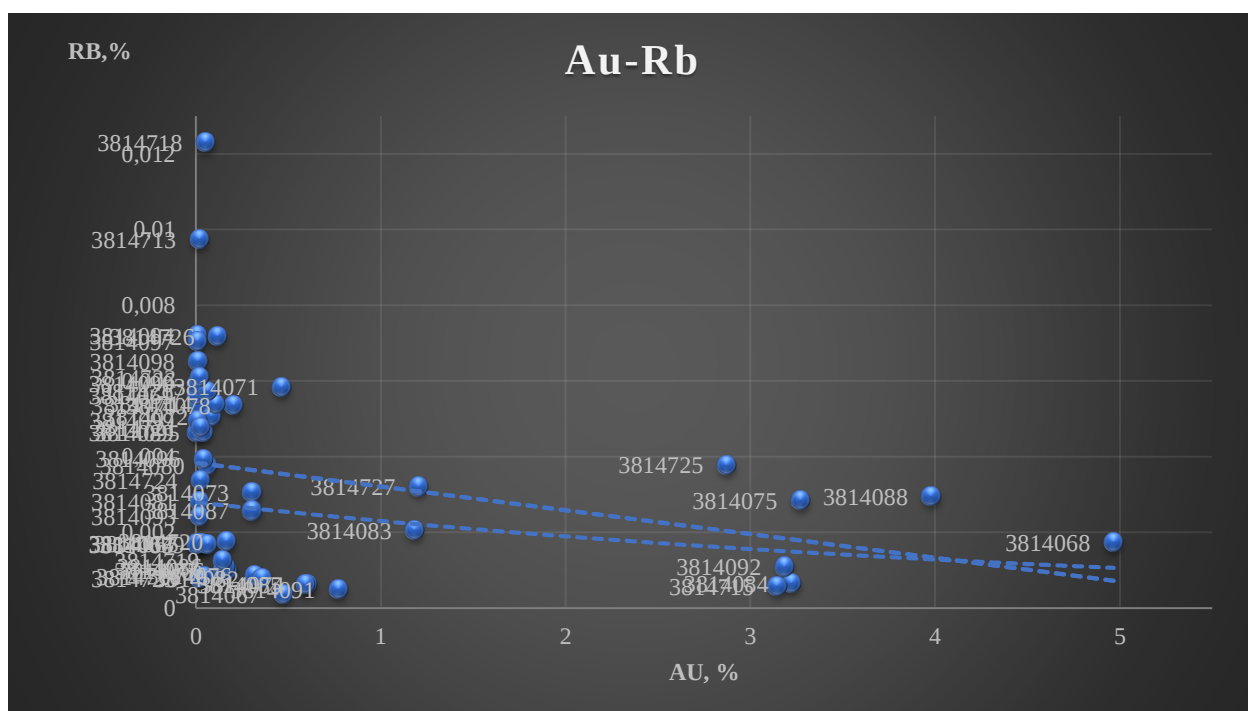


Рисунок 5.7. График корреляционной зависимости золото – рубидий.

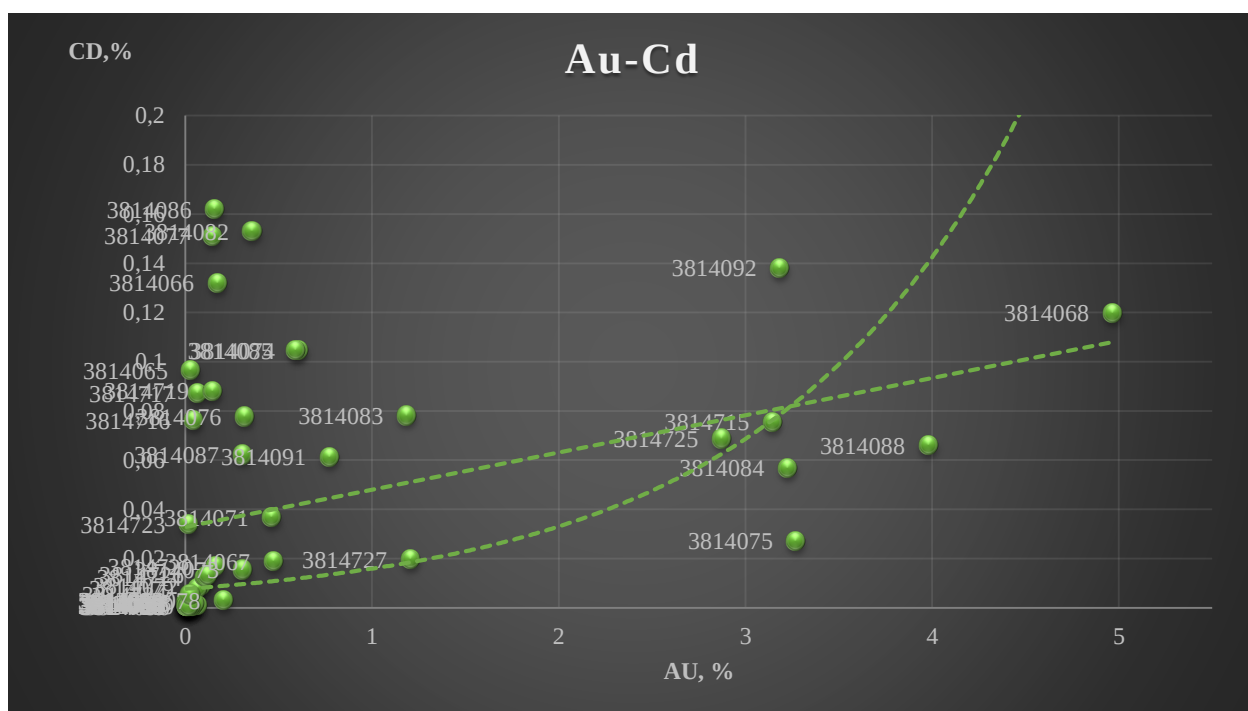


Рисунок 5.8. График корреляционной зависимости золото – кадмий.

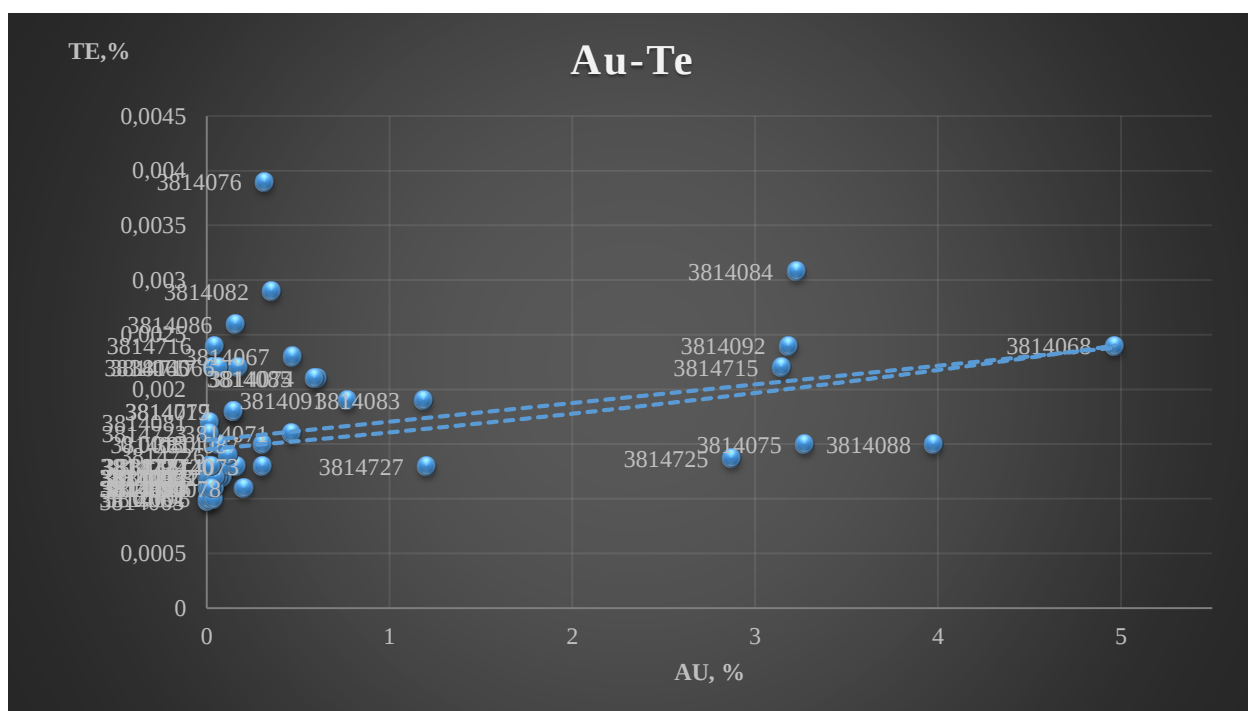


Рисунок 5.9. График корреляционной зависимости золото – теллур.

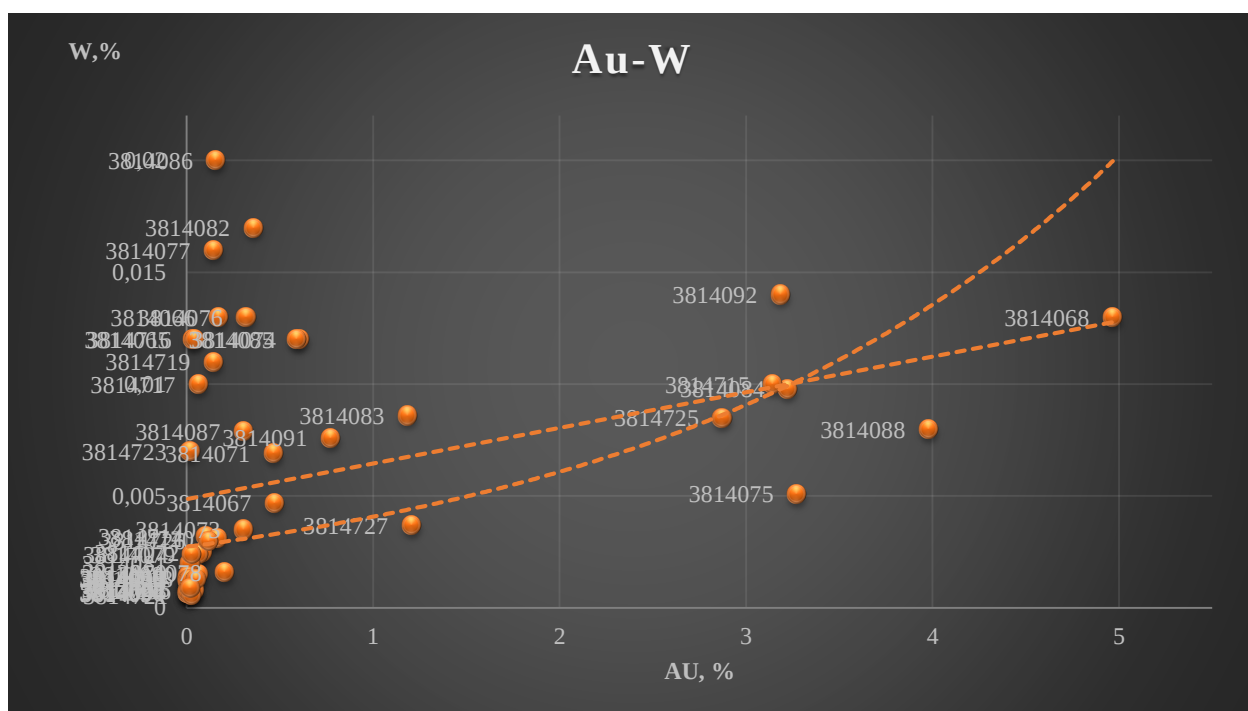


Рисунок 5.10. График корреляционной зависимости золото – вольфрам.

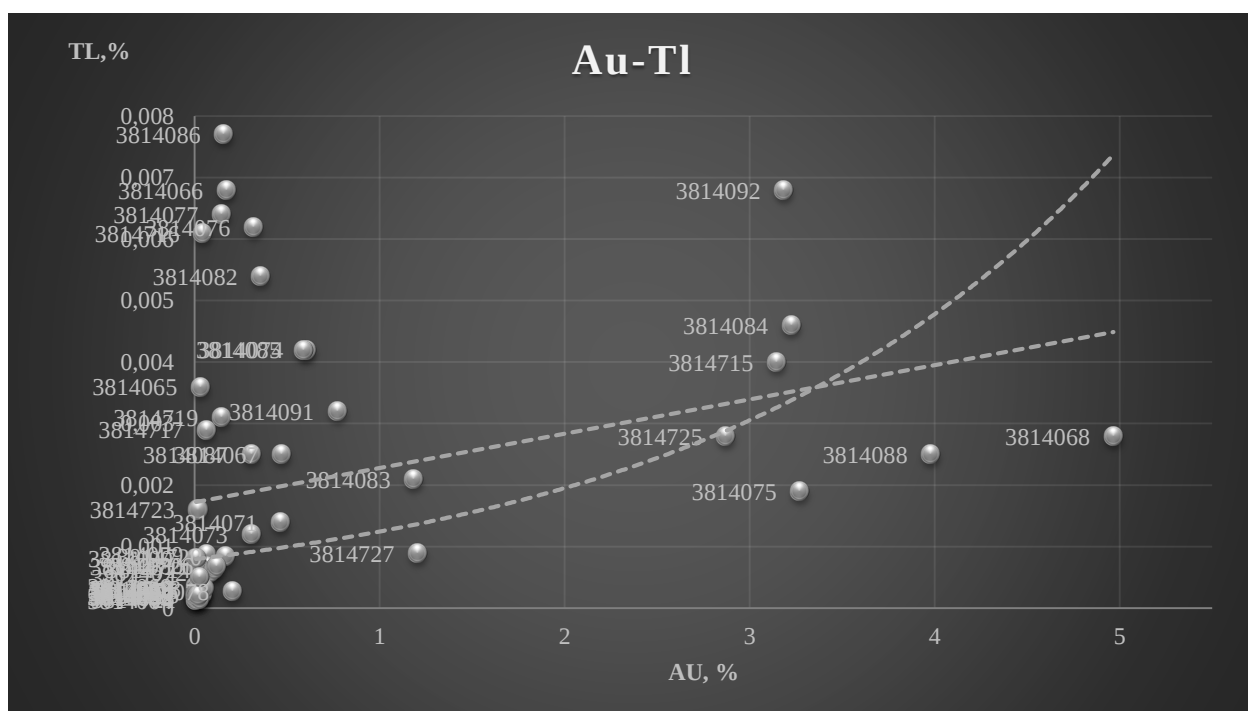


Рисунок 5.11. График корреляционной зависимости золото – таллий.

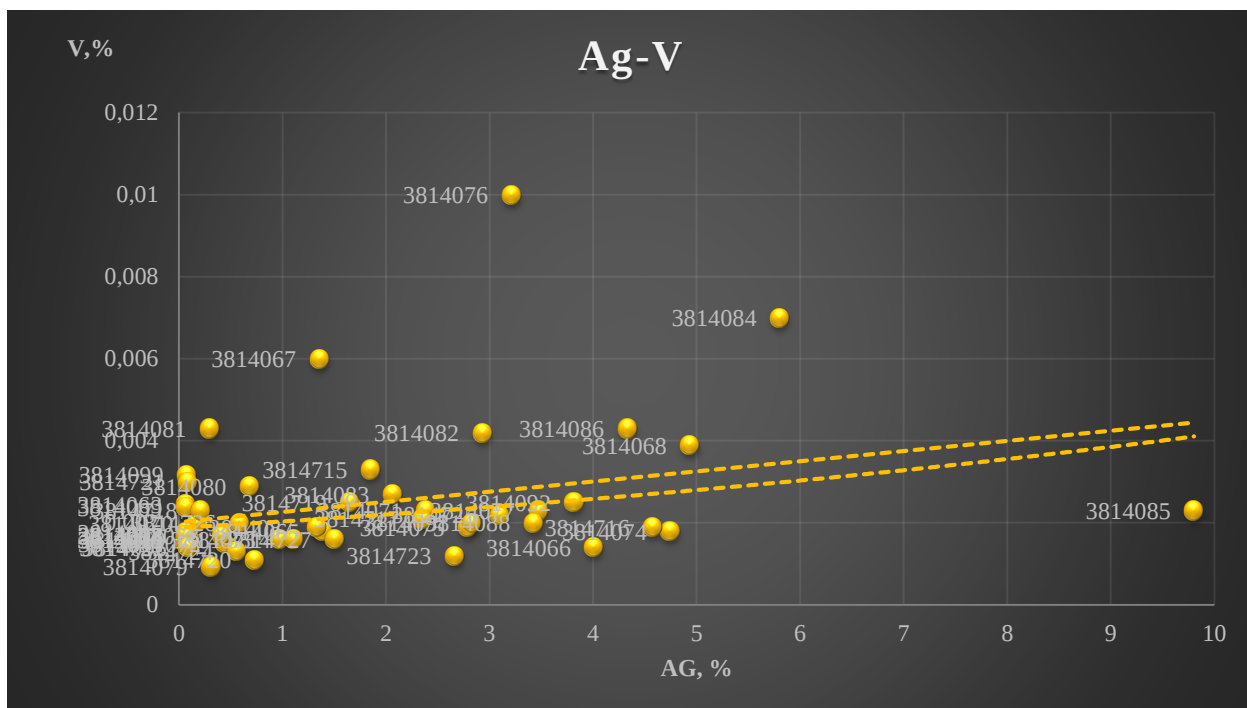


Рисунок 5.12. График корреляционной зависимости серебро – ванадий.

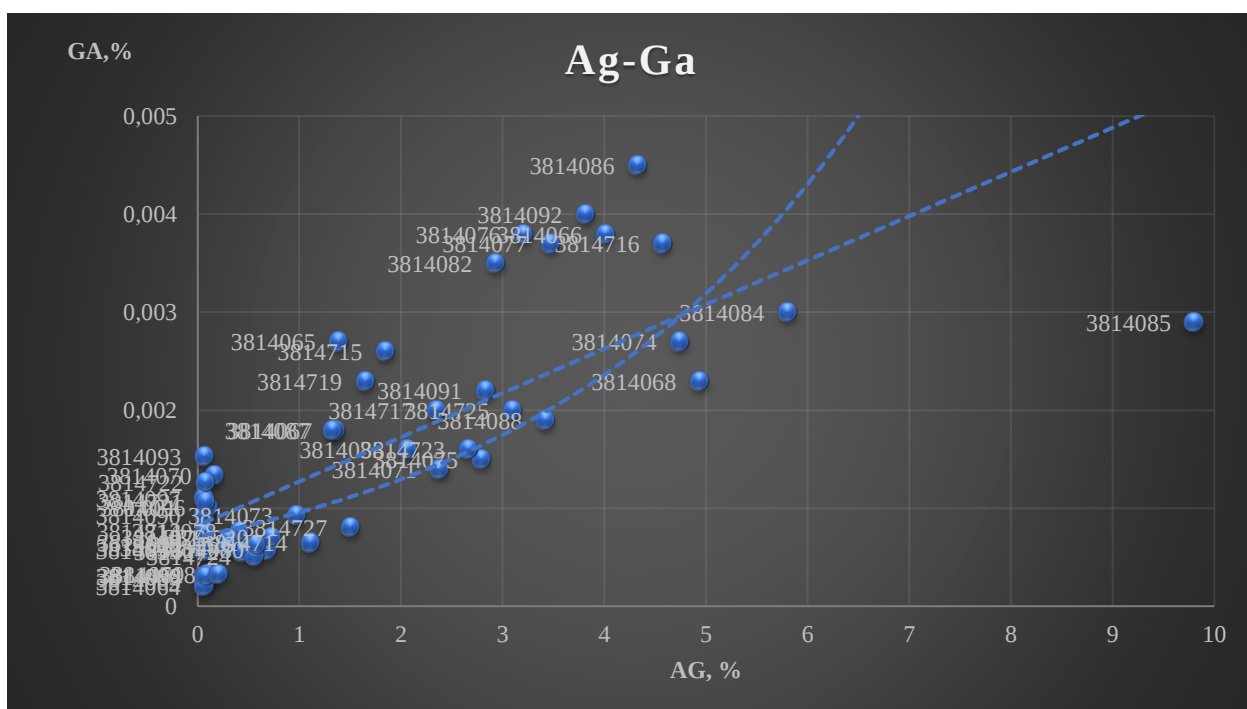


Рисунок 5.13. График корреляционной зависимости серебро – галлий.

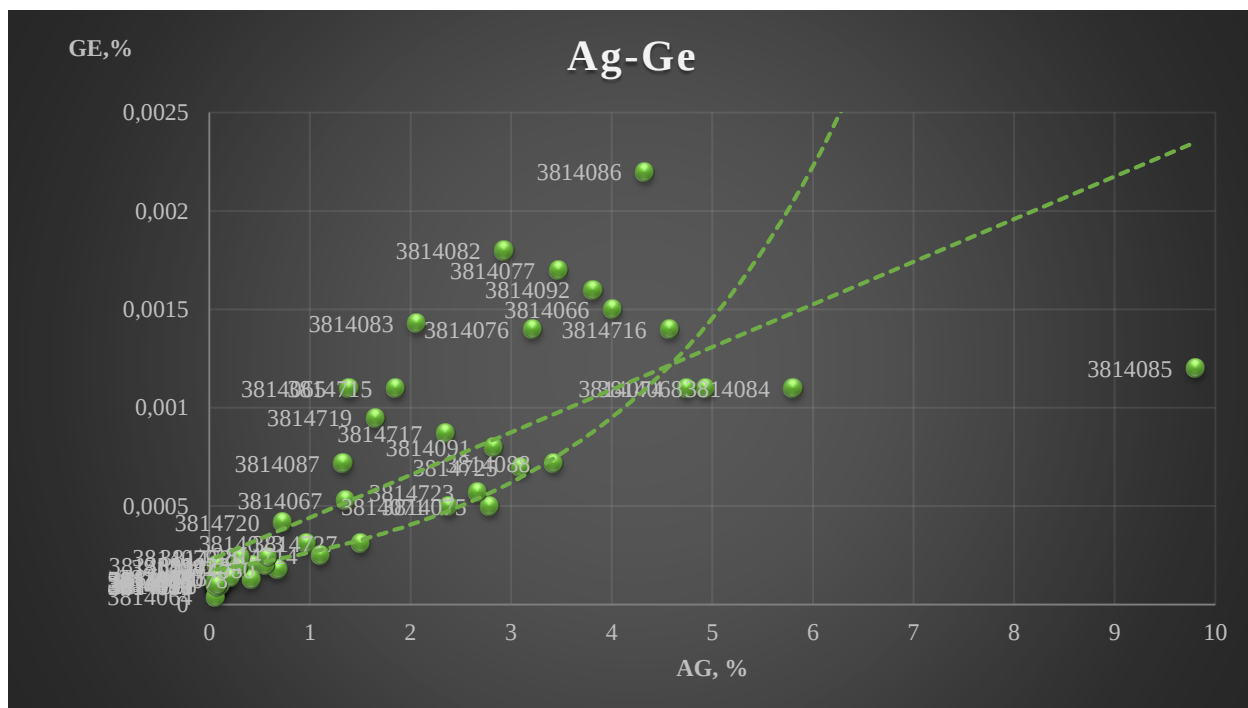


Рисунок 5.14. График корреляционной зависимости серебро – германий.

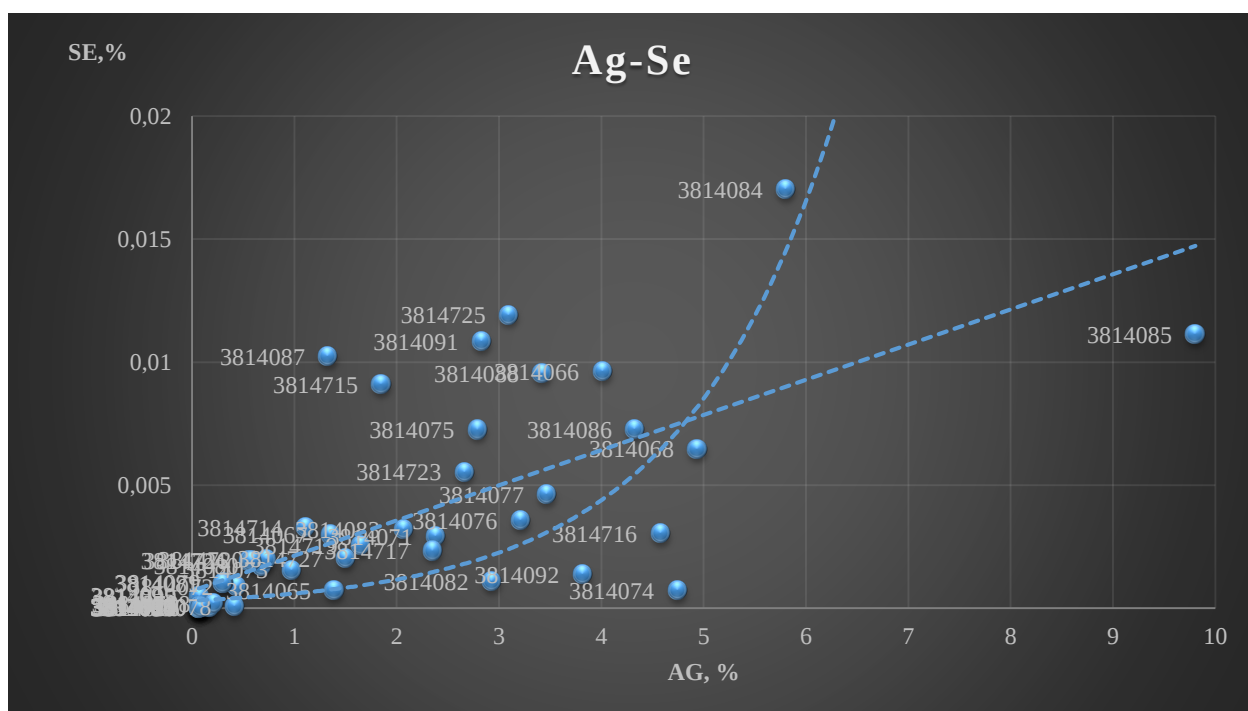


Рисунок 5.15. График корреляционной зависимости серебро – селен.

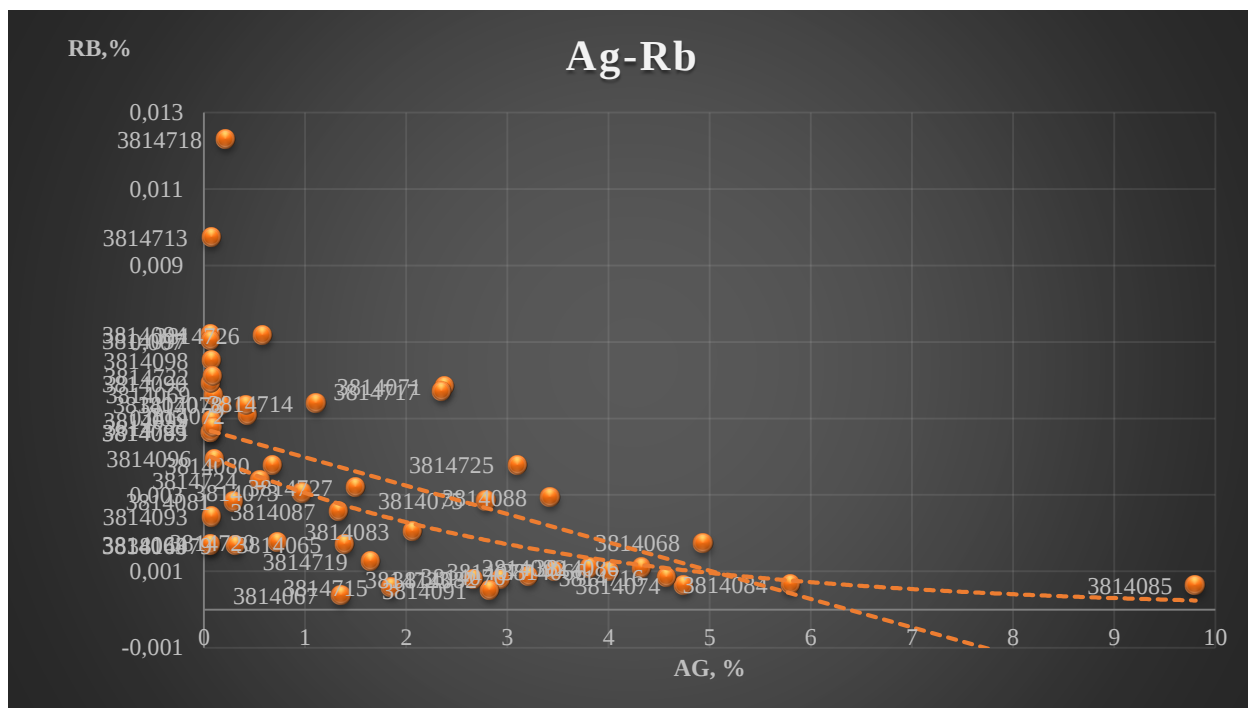


Рисунок 5.16. График корреляционной зависимости серебро – рубидий.

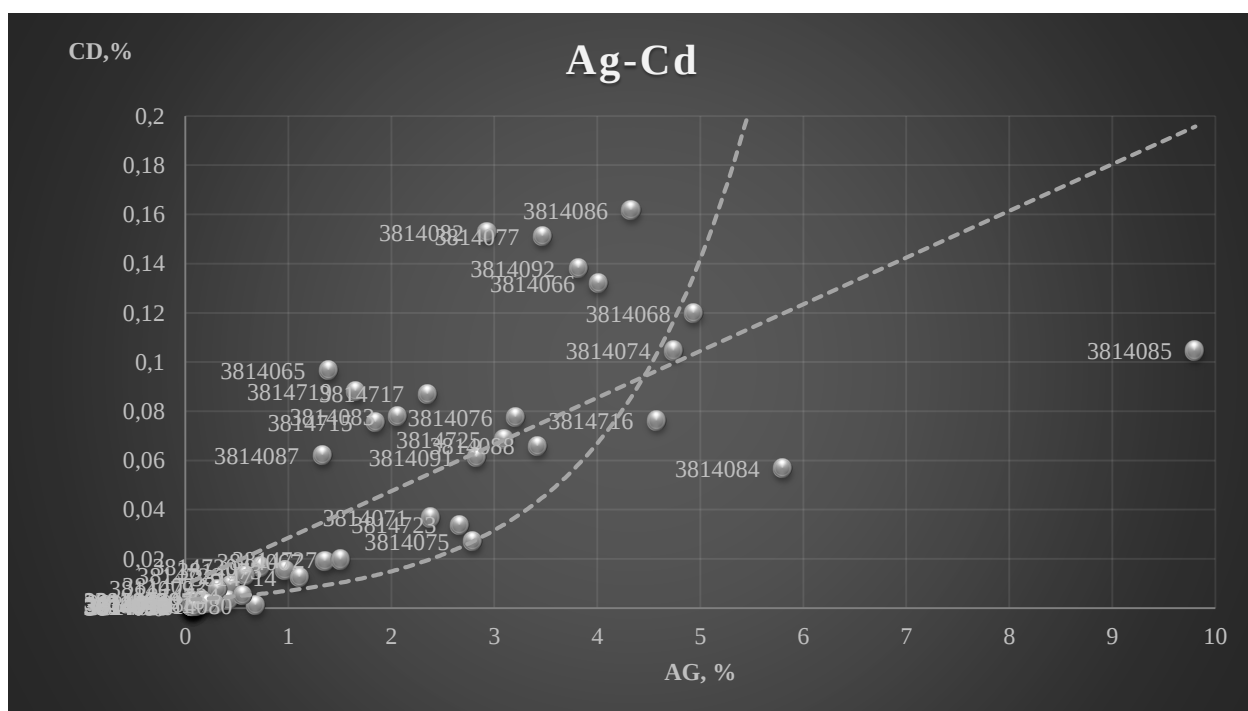


Рисунок 5.17. График корреляционной зависимости серебро – кадмий.

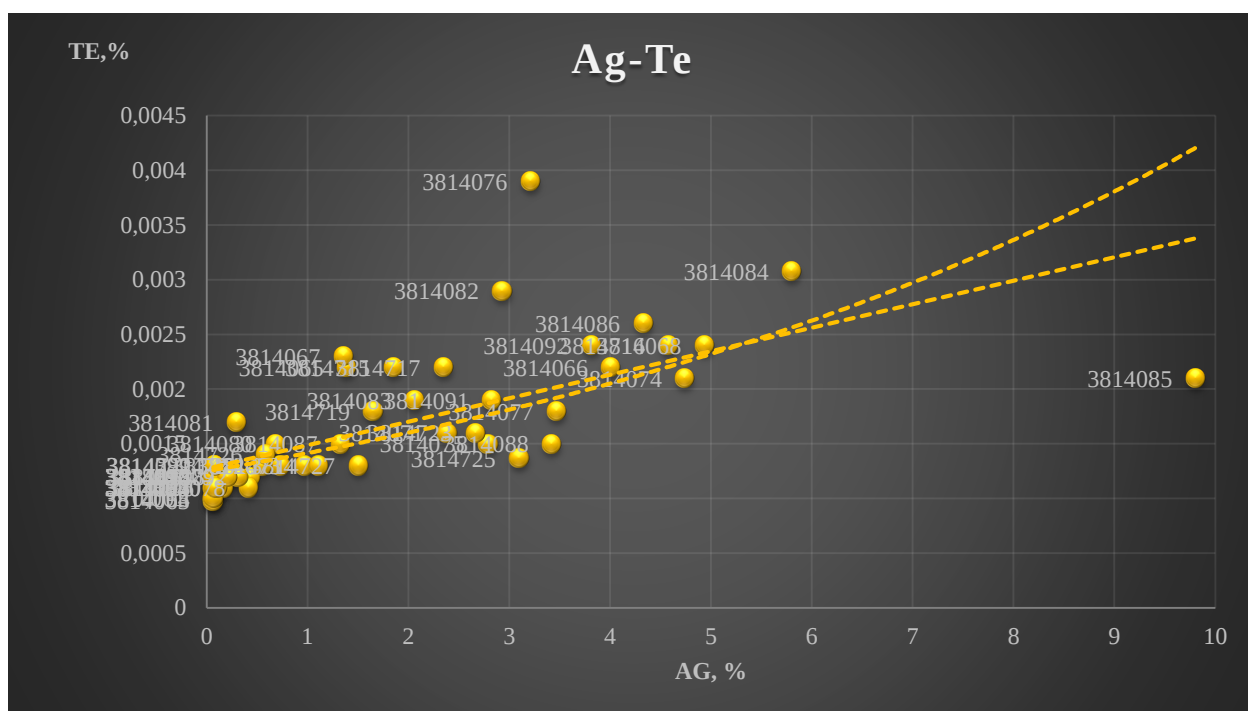


Рисунок 5.18. График корреляционной зависимости серебро – теллур.

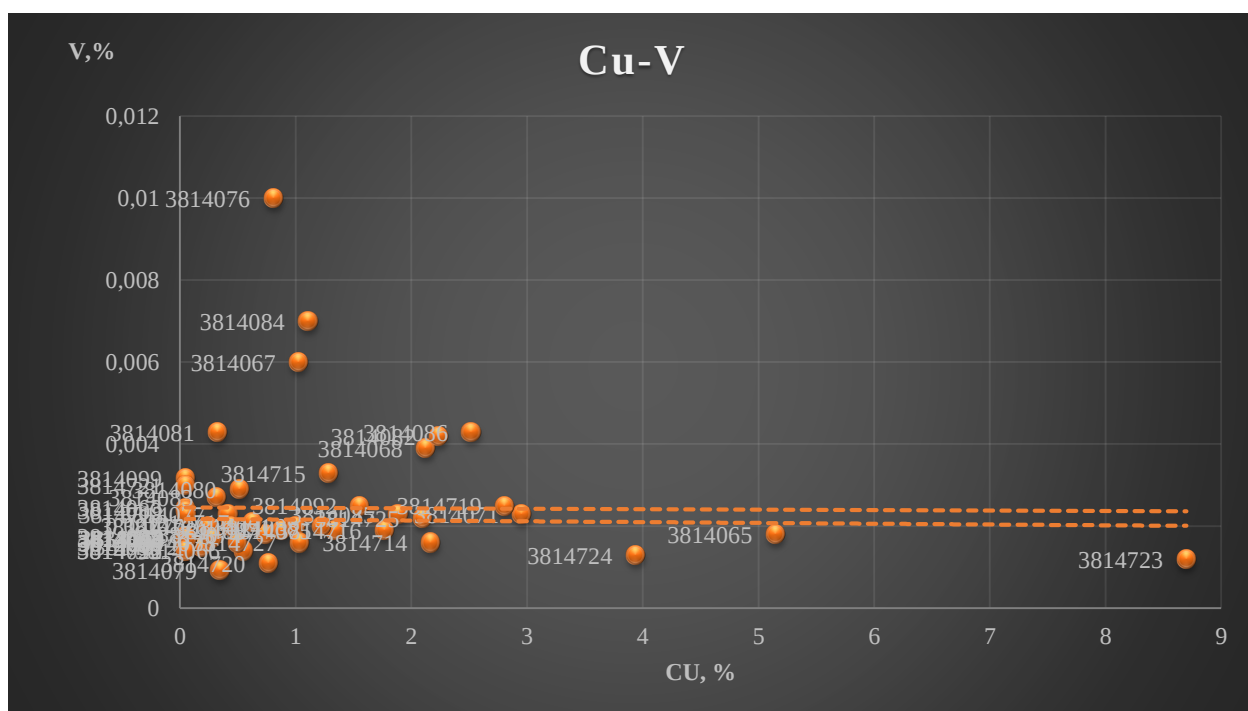


Рисунок 5.21. График корреляционной зависимости медь – ванадий.

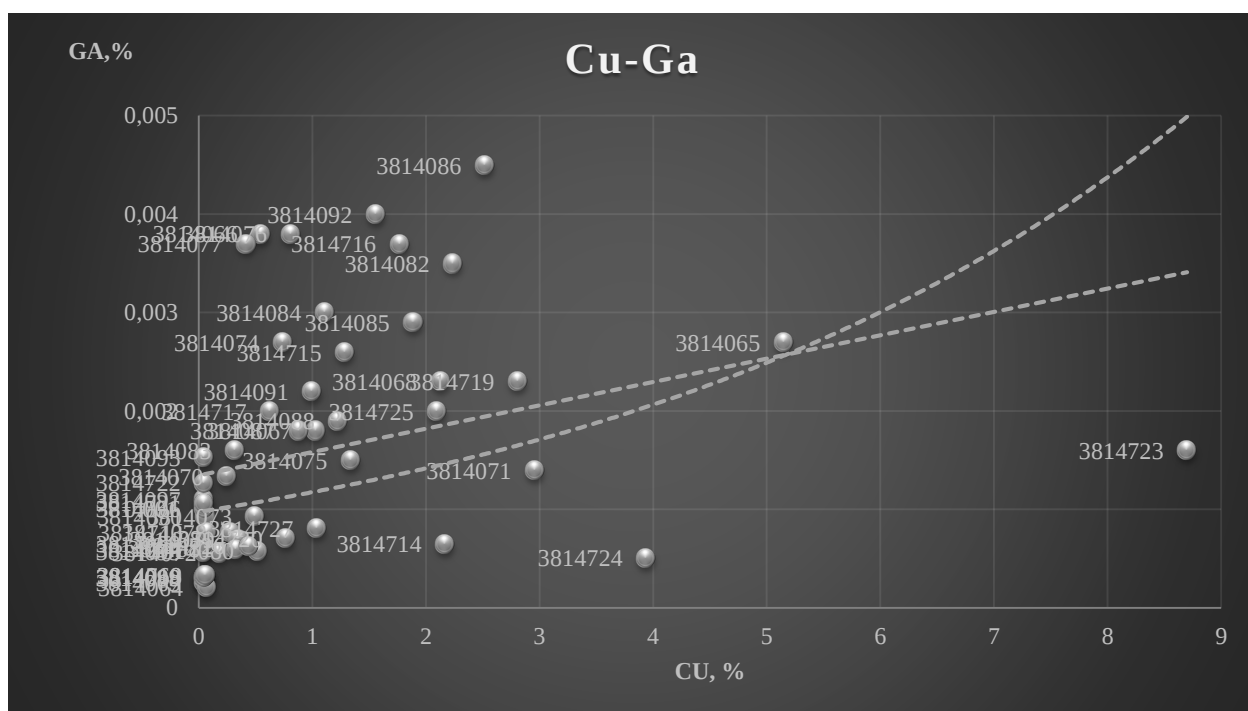


Рисунок 5.22. График корреляционной зависимости медь – галлий.

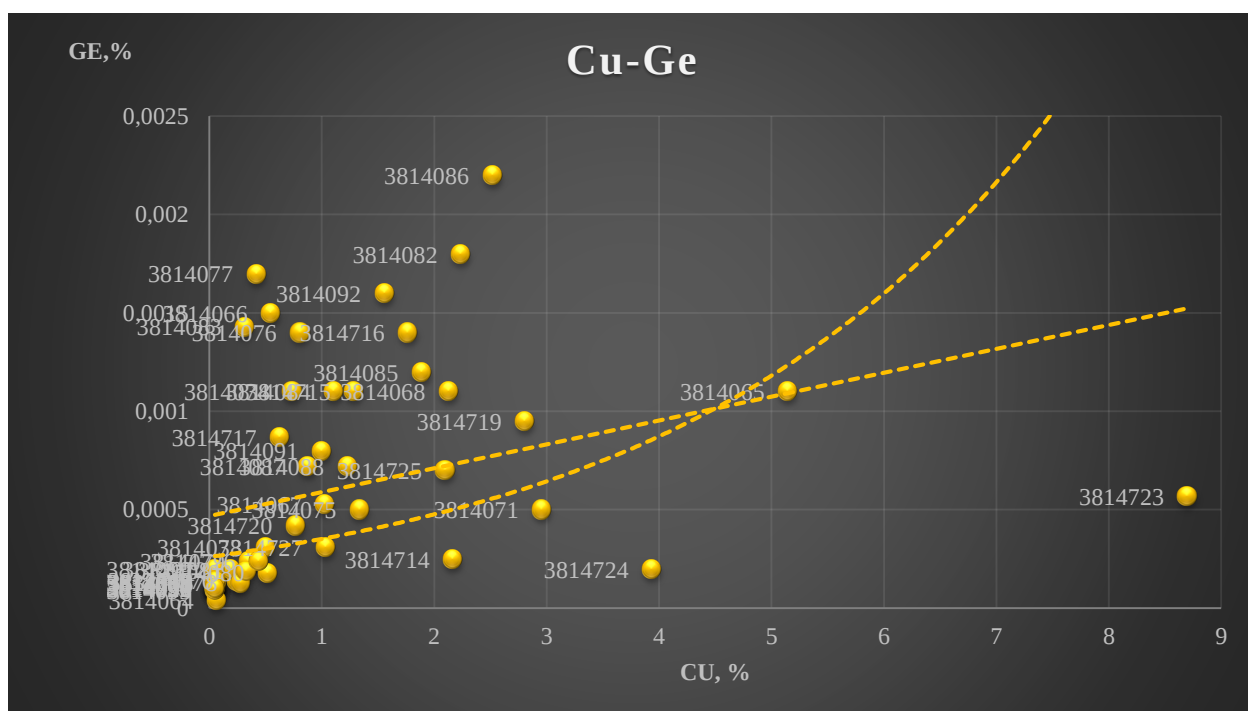


Рисунок 5.23. График корреляционной зависимости медь – германий.

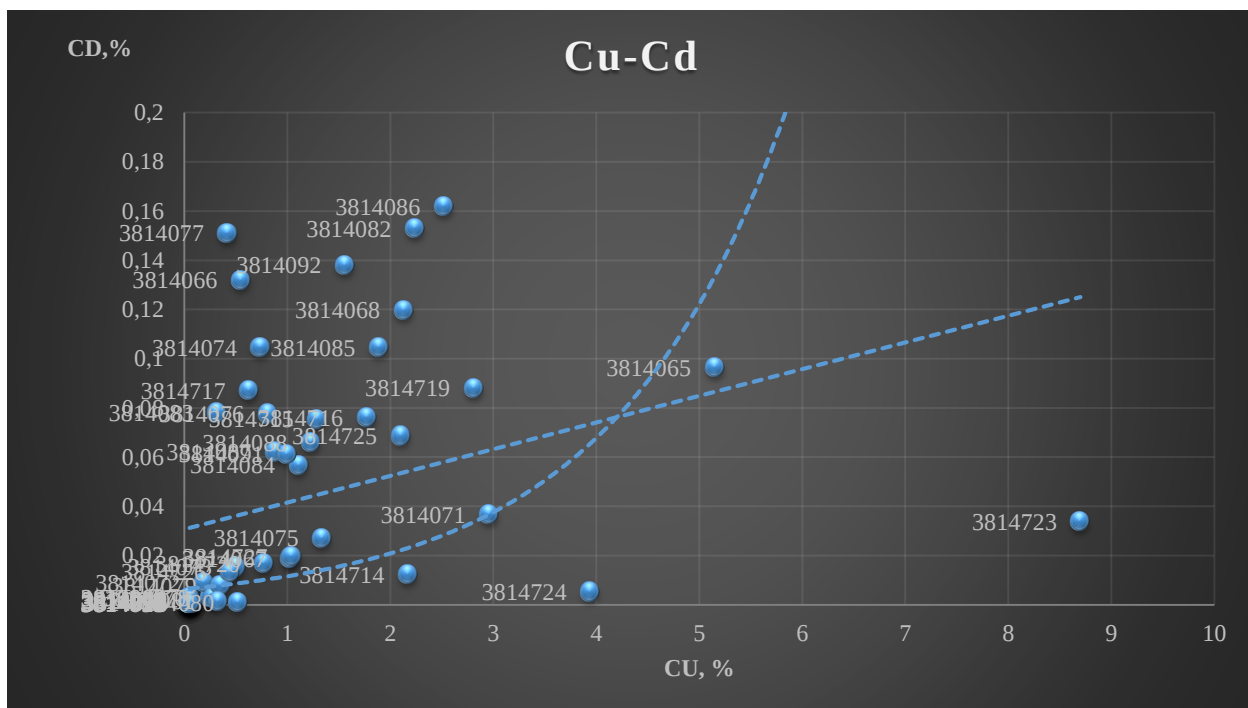


Рисунок 5.26. График корреляционной зависимости медь – кадмий.

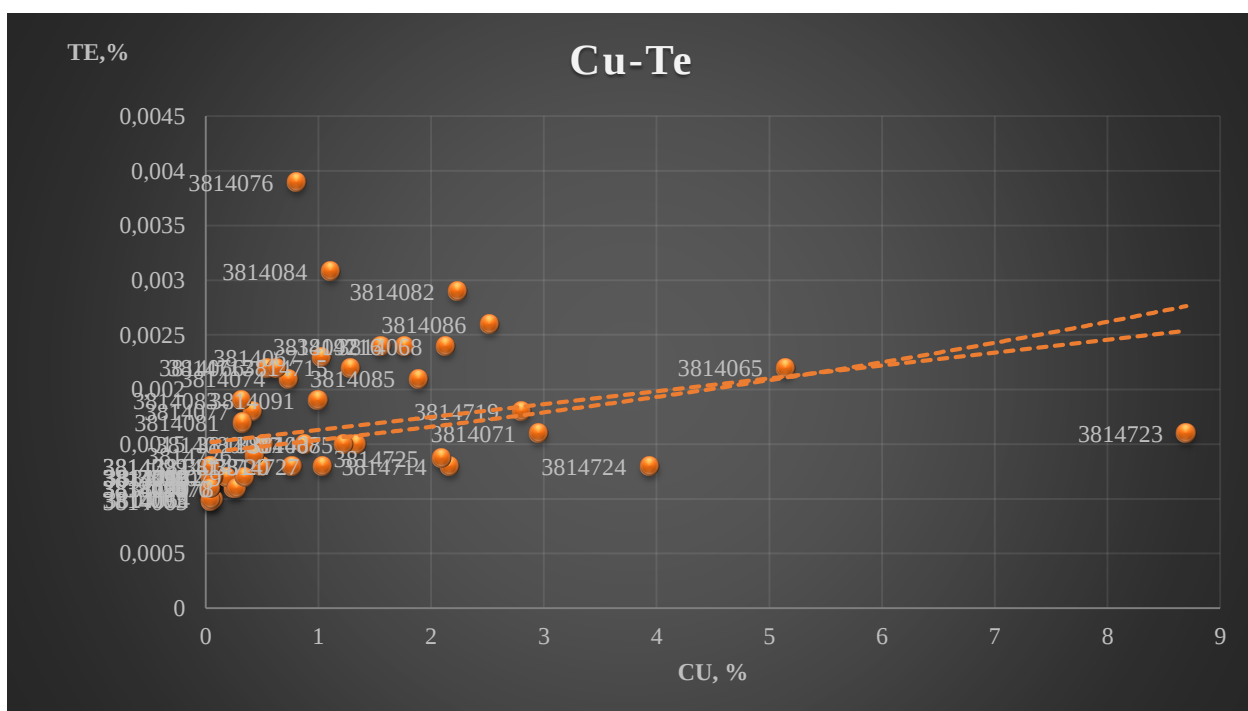


Рисунок 5.27. График корреляционной зависимости медь – теллур.

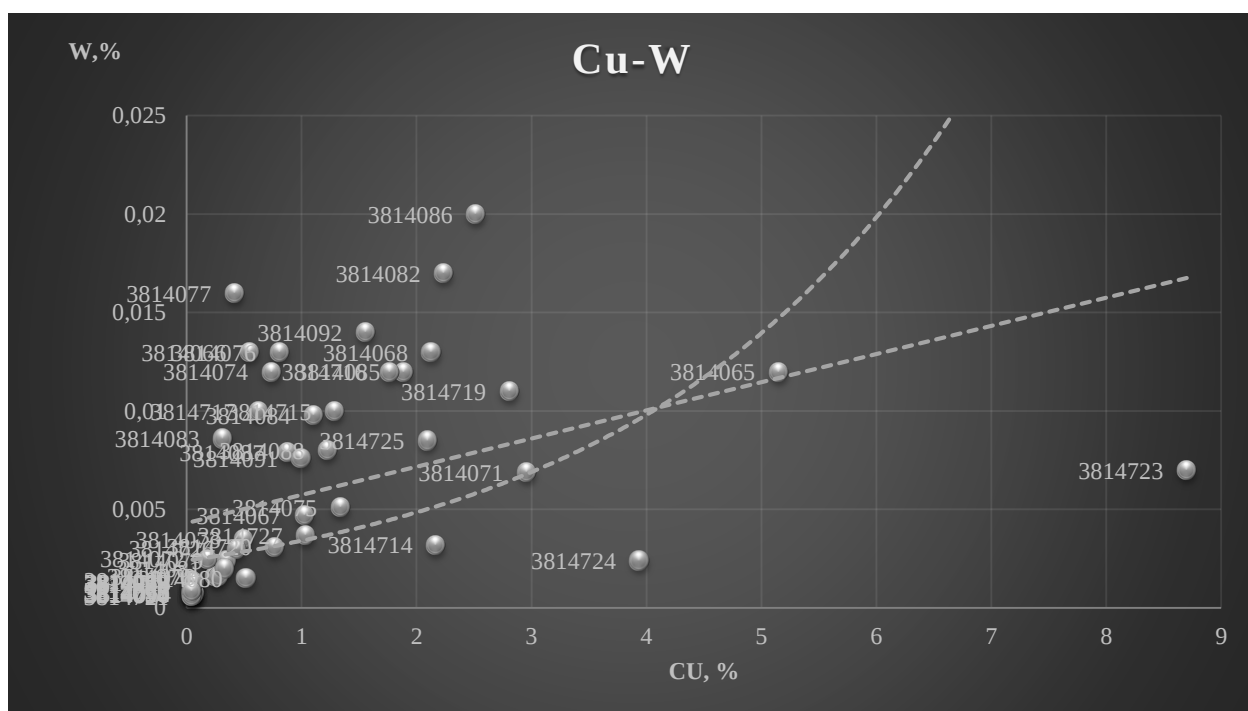


Рисунок 5.28. График корреляционной зависимости медь – вольфрам.

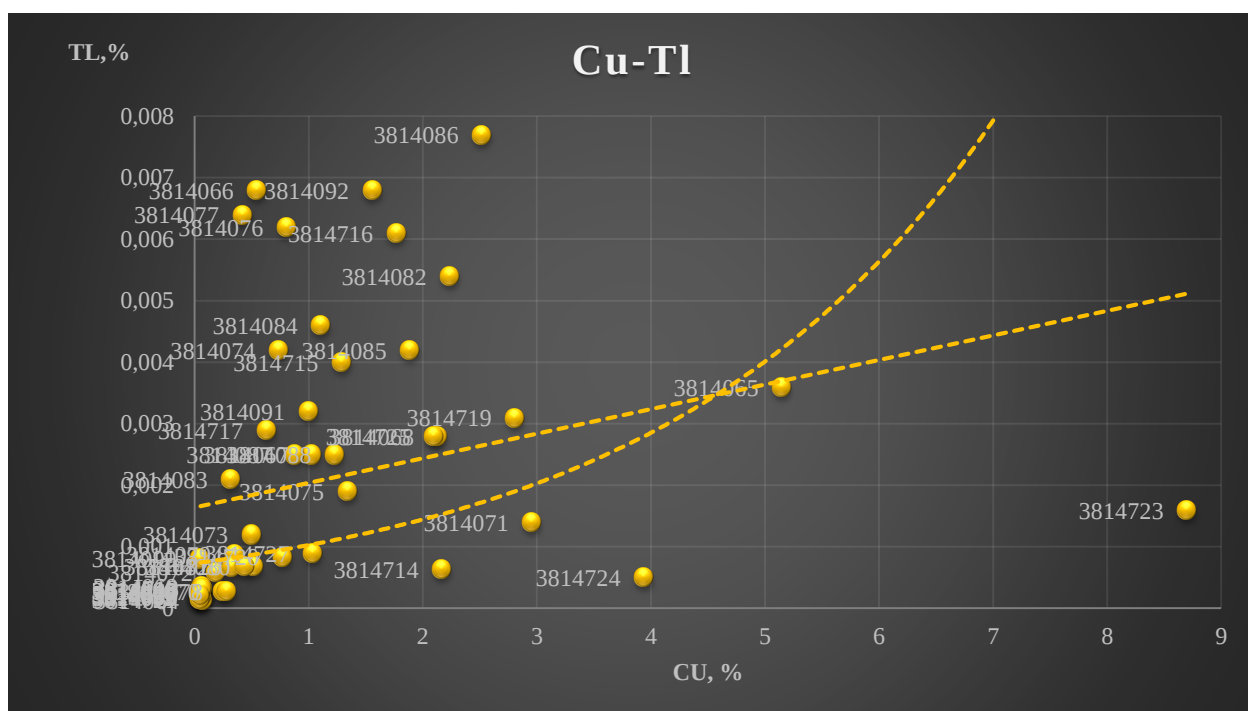


Рисунок 5.29. График корреляционной зависимости медь – таллий.

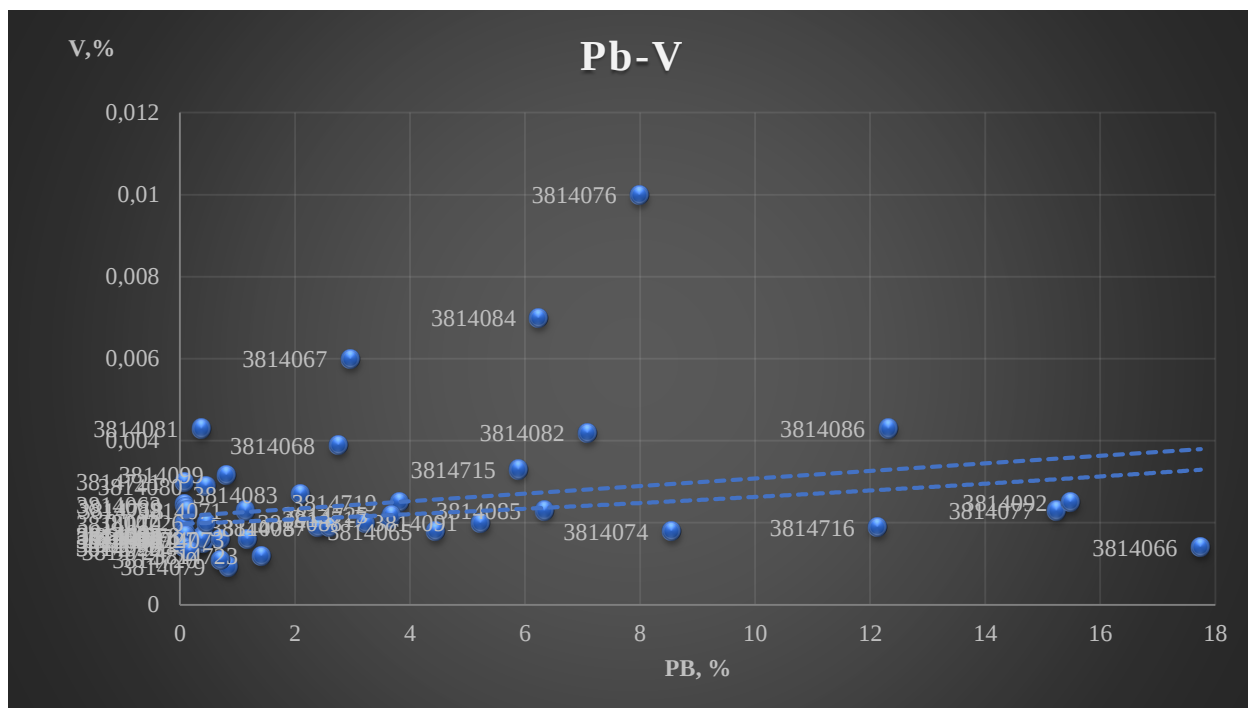


Рисунок 5.30. График корреляционной зависимости свинец – ванадий.

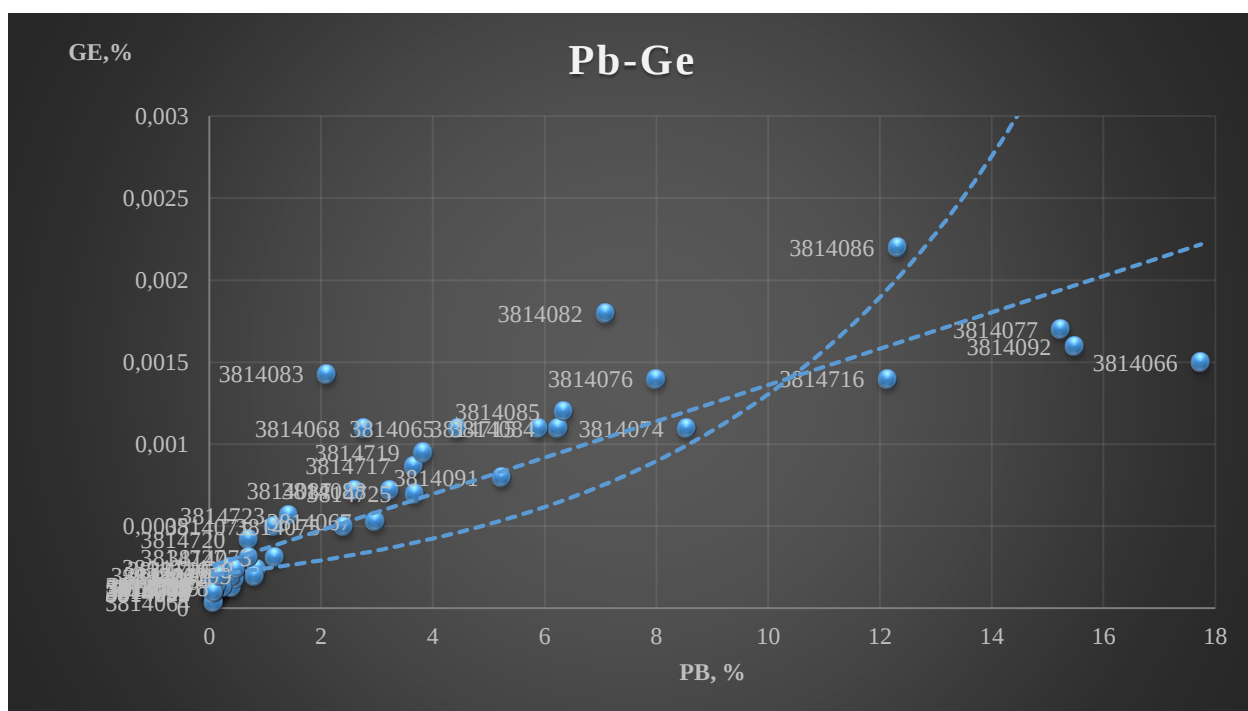


Рисунок 5.32. График корреляционной зависимости свинец – германий.

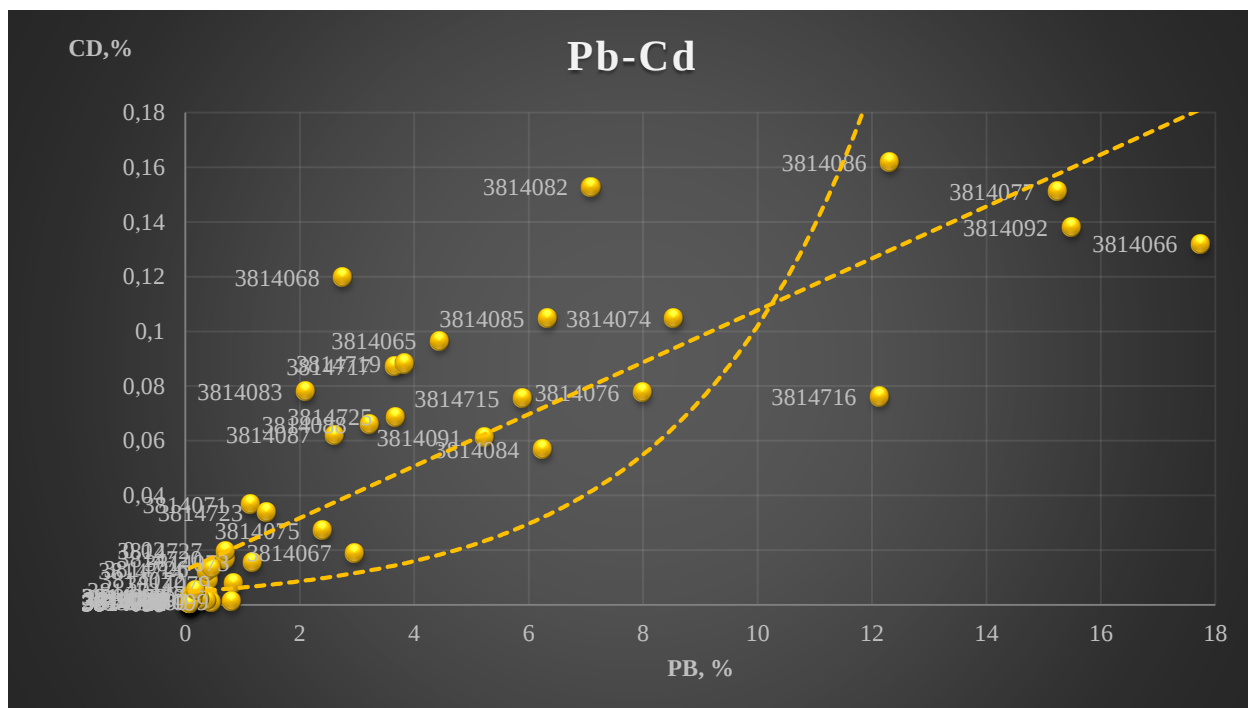


Рисунок 5.35. График корреляционной зависимости свинец – кадмий.

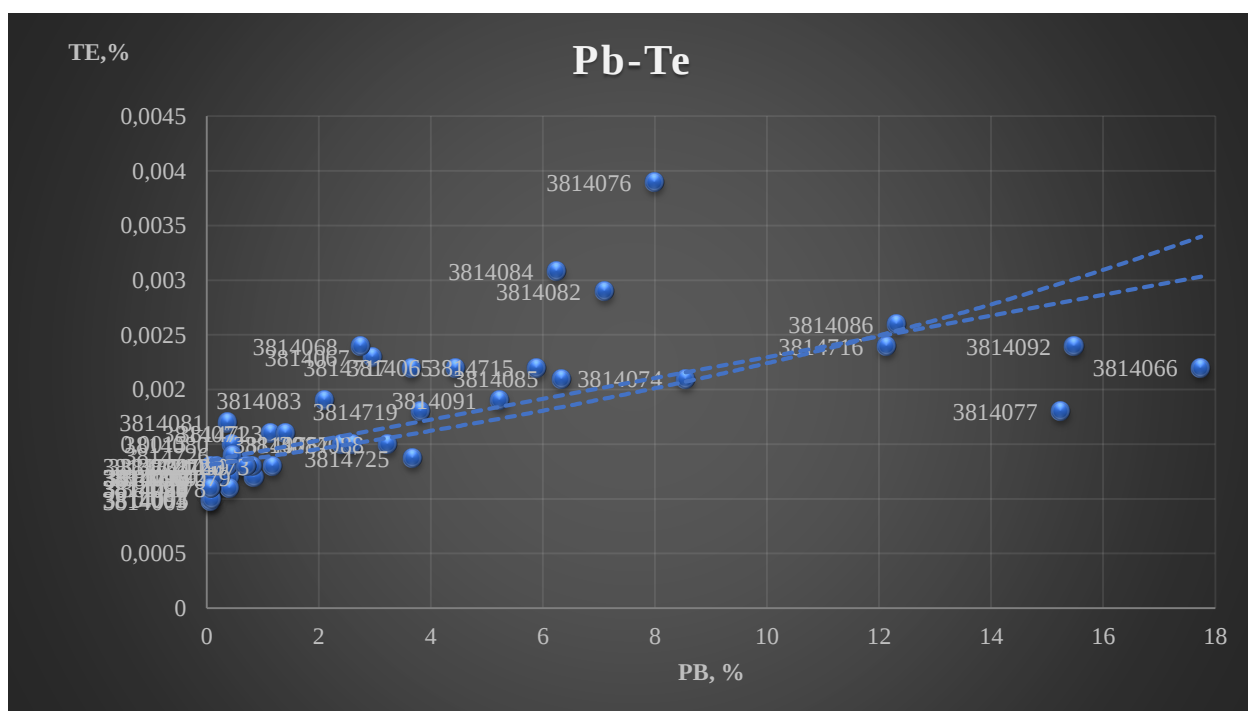


Рисунок 5.36. График корреляционной зависимости свинец – теллур.

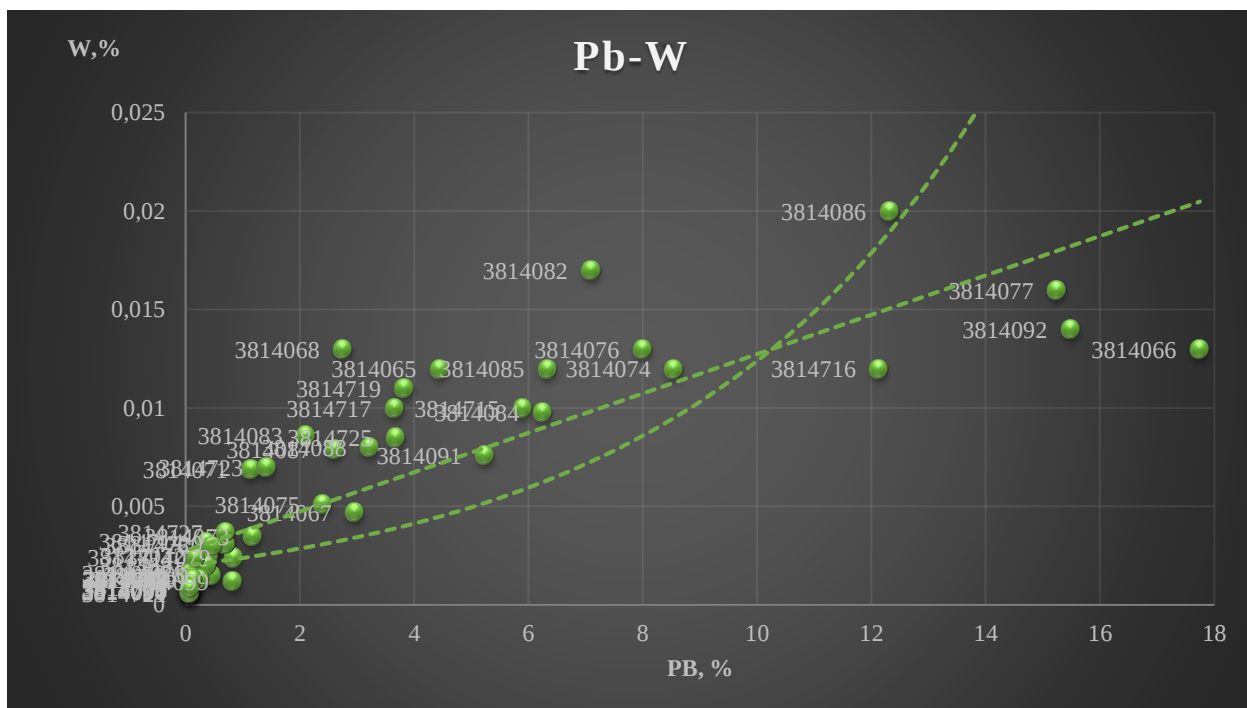


Рисунок 5.37. График корреляционной зависимости свинец – вольфрам.

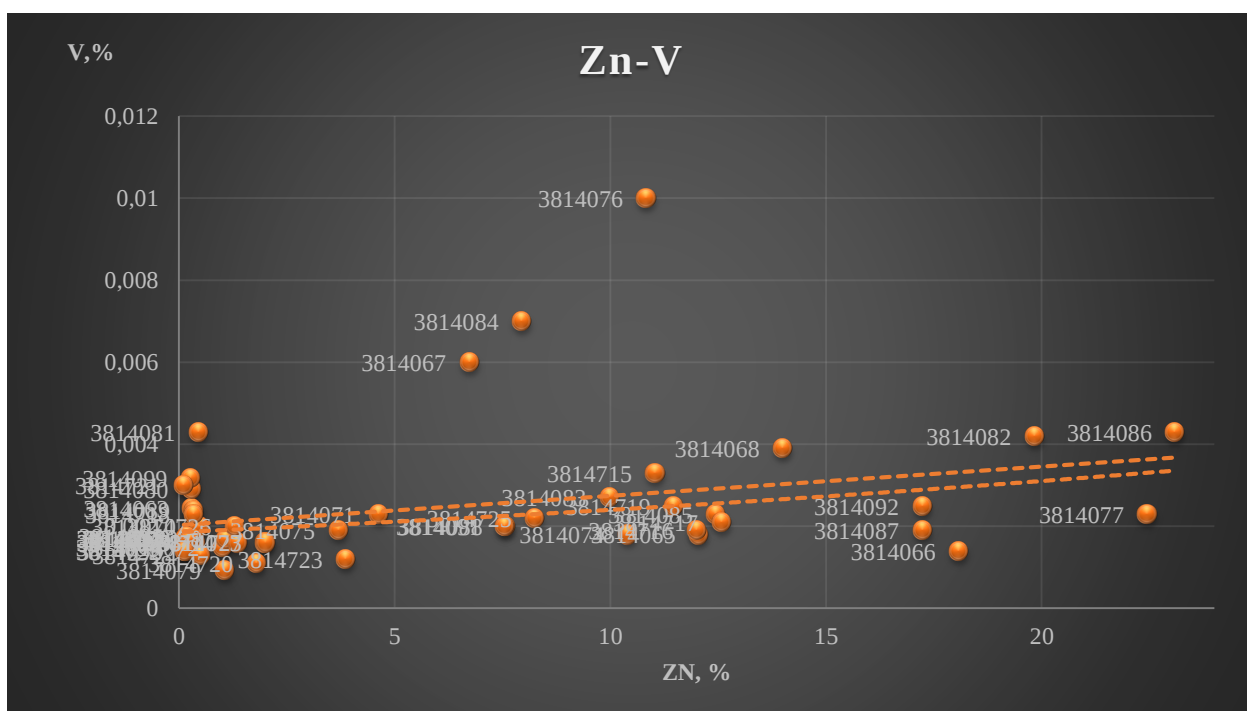


Рисунок 5.39. График корреляционной зависимости цинк – ванадий.

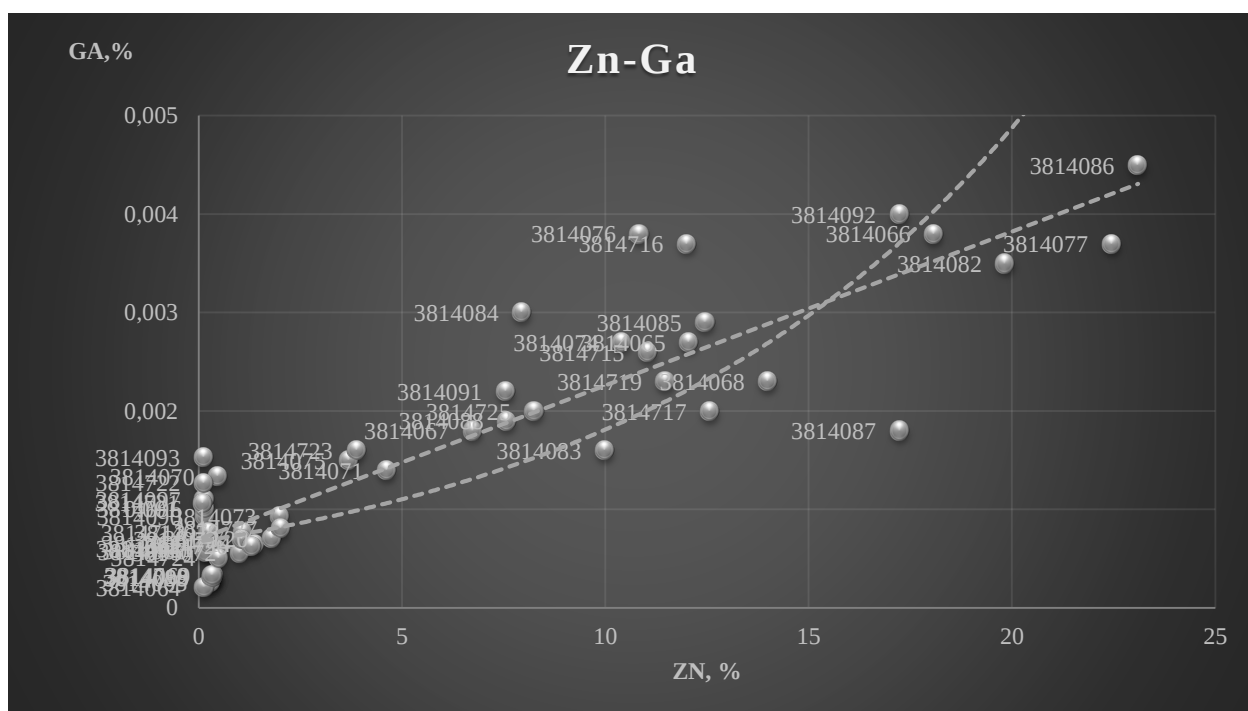


Рисунок 5.40. График корреляционной зависимости цинк – галлий.

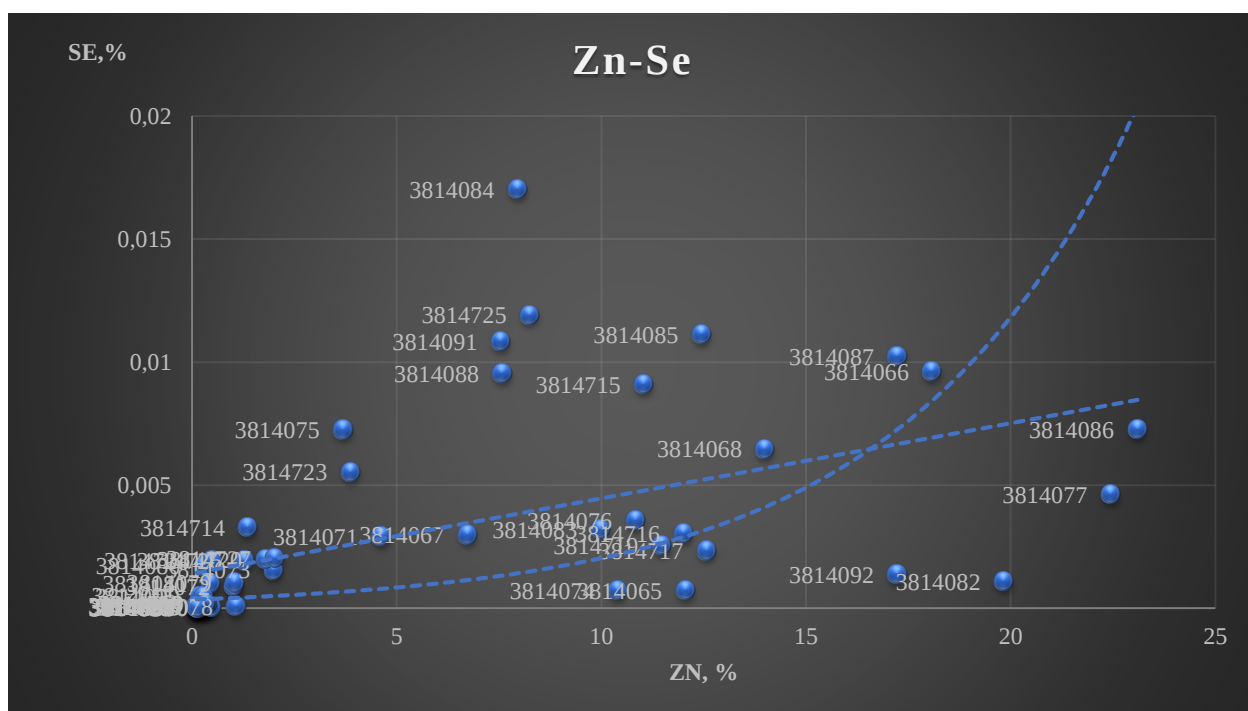


Рисунок 5.42. График корреляционной зависимости цинк – селен.

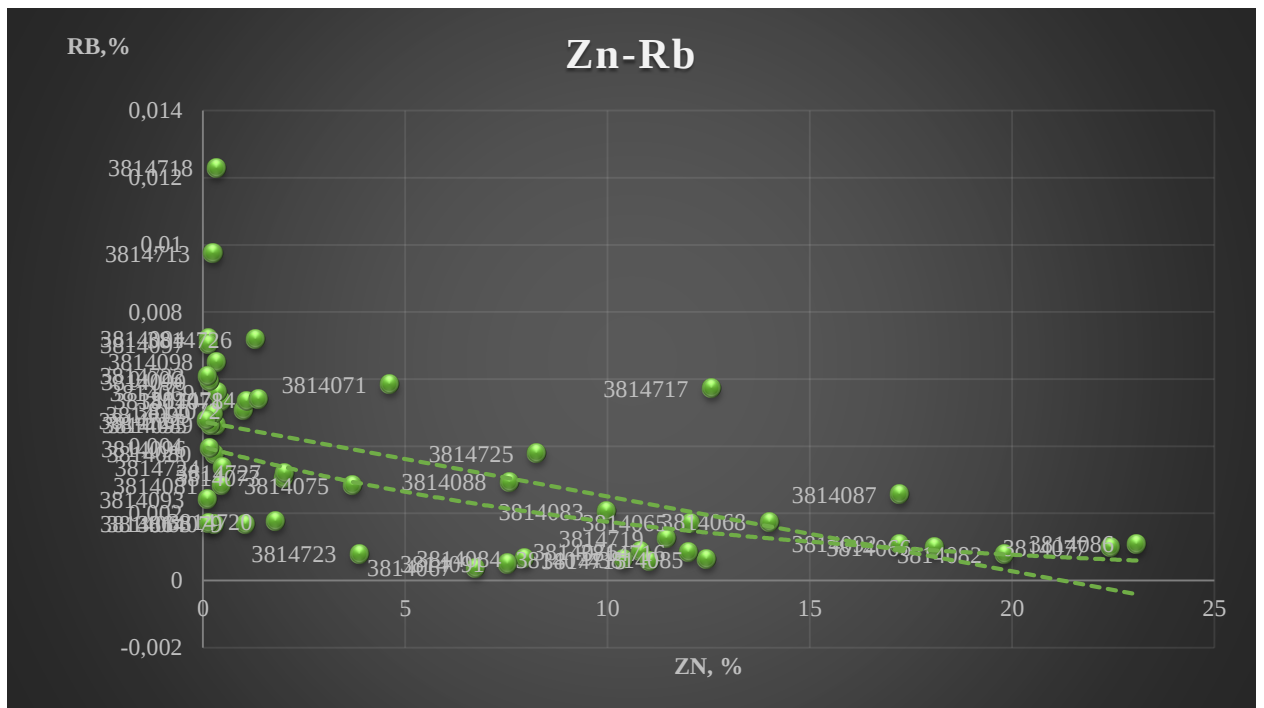


Рисунок 5.43. График корреляционной зависимости цинк – рубидий.

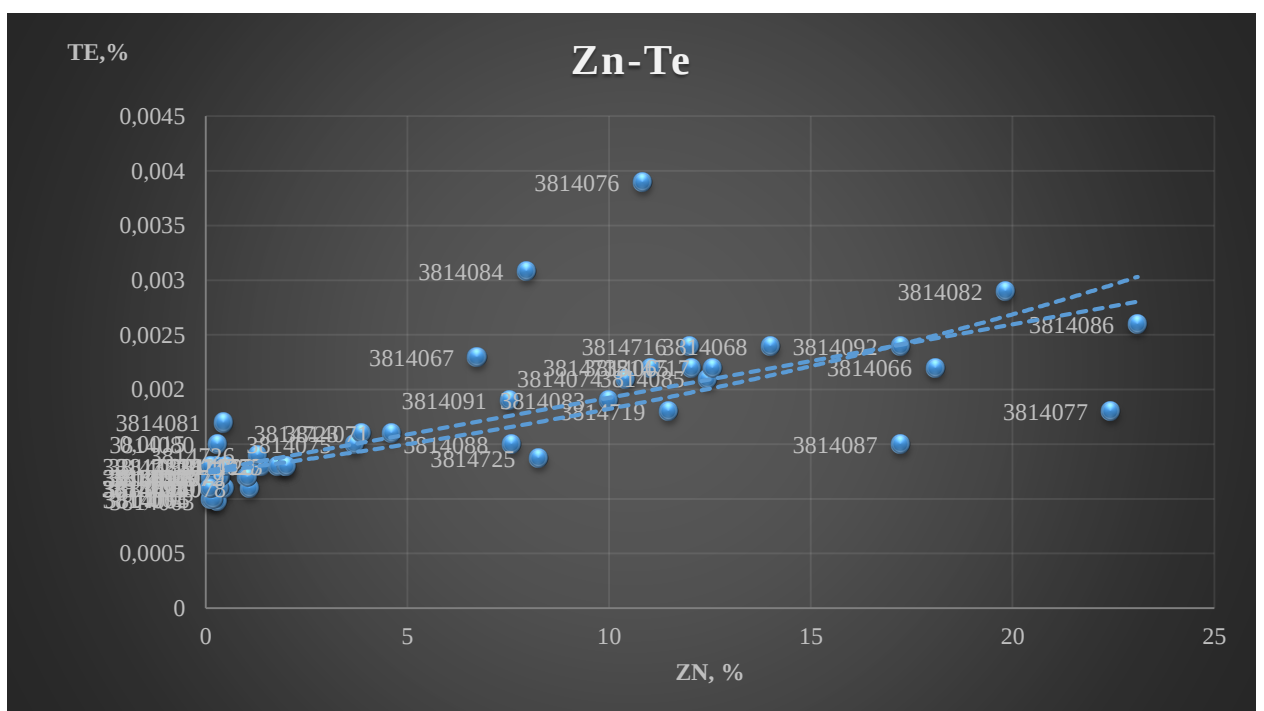


Рисунок 5.44. График корреляционной зависимости цинк – теллур.

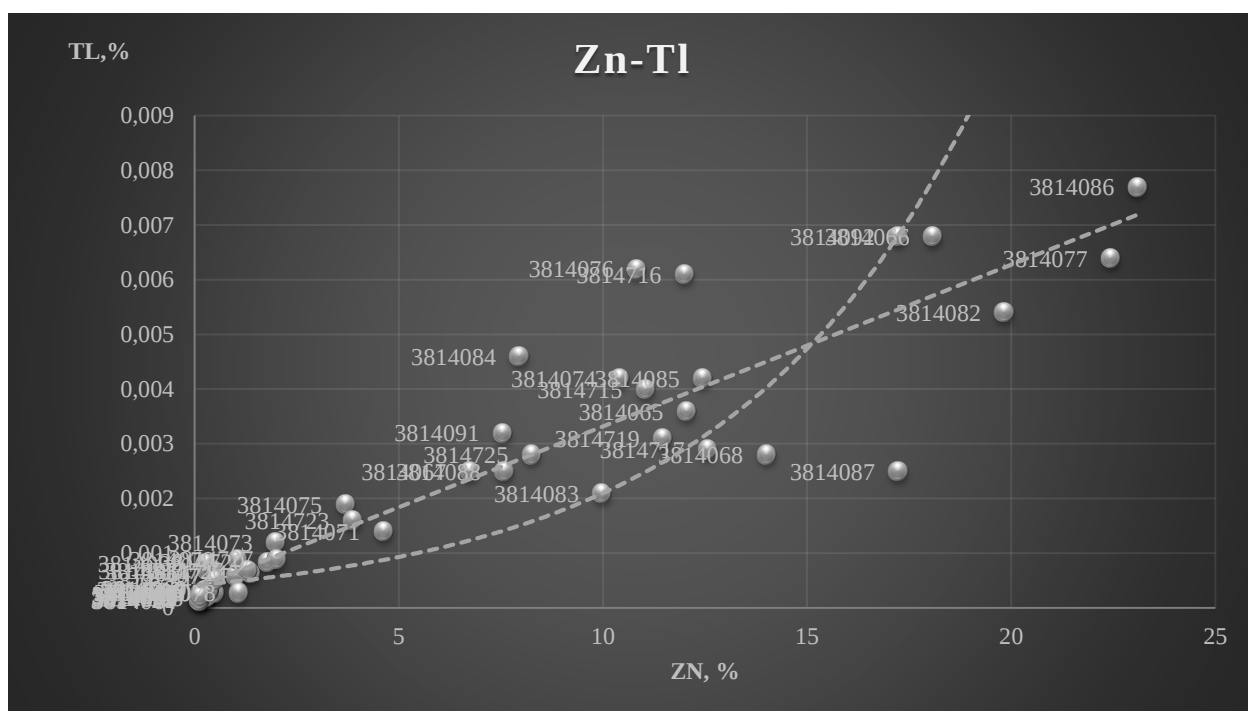


Рисунок 5.46. График корреляционной зависимости цинк – таллий.

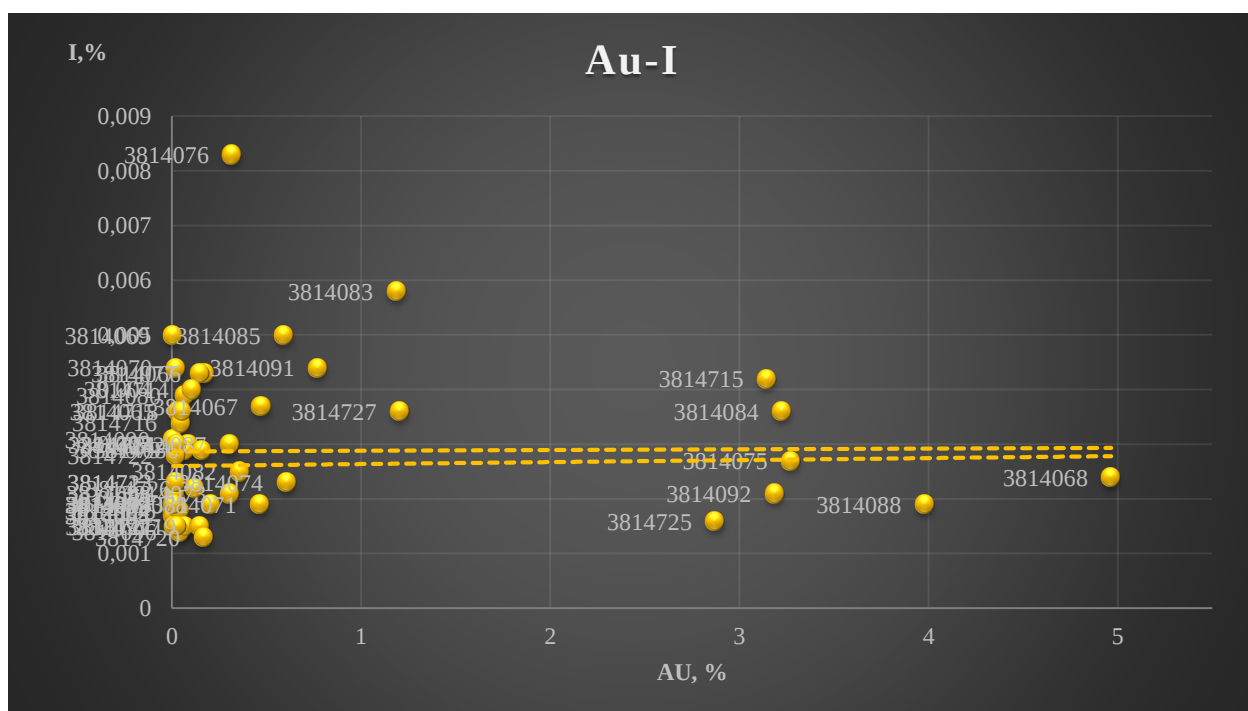


Рисунок 5.47. График корреляционной зависимости золото – йод.

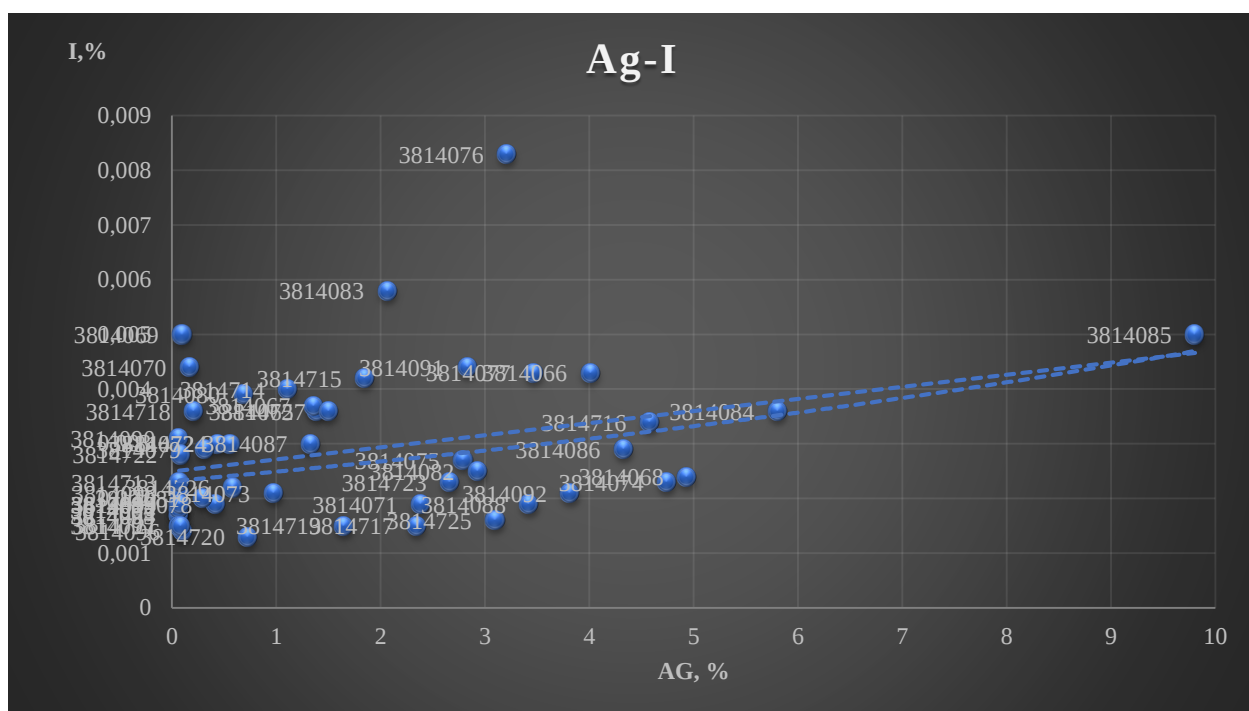


Рисунок 5.48. График корреляционной зависимости серебро – йод.

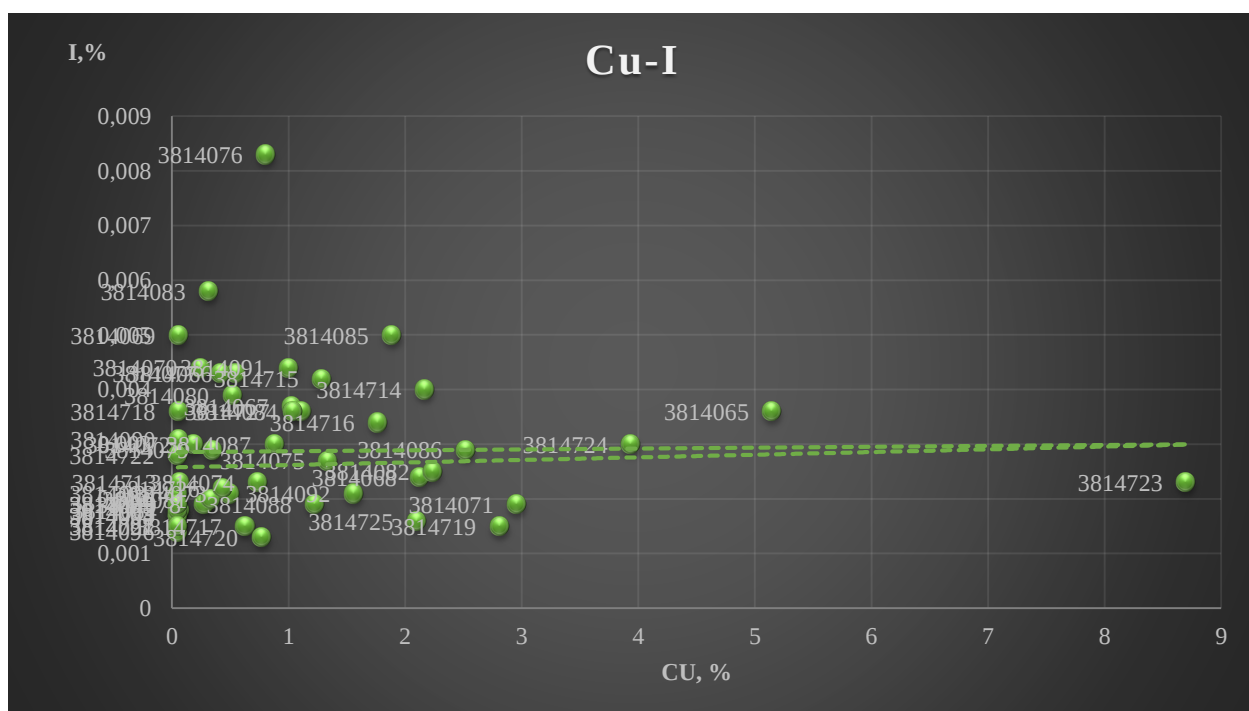


Рисунок 5.49. График корреляционной зависимости медь – йод.

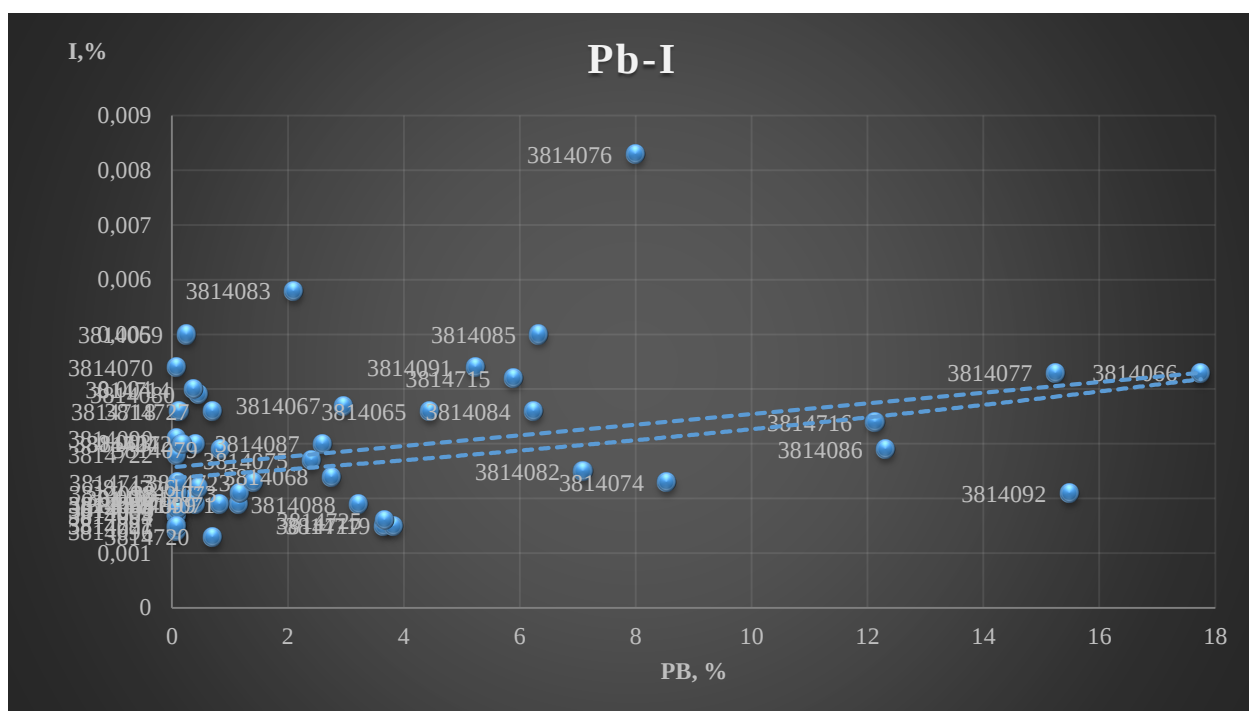


Рисунок 5.50. График корреляционной зависимости свинец – йод.

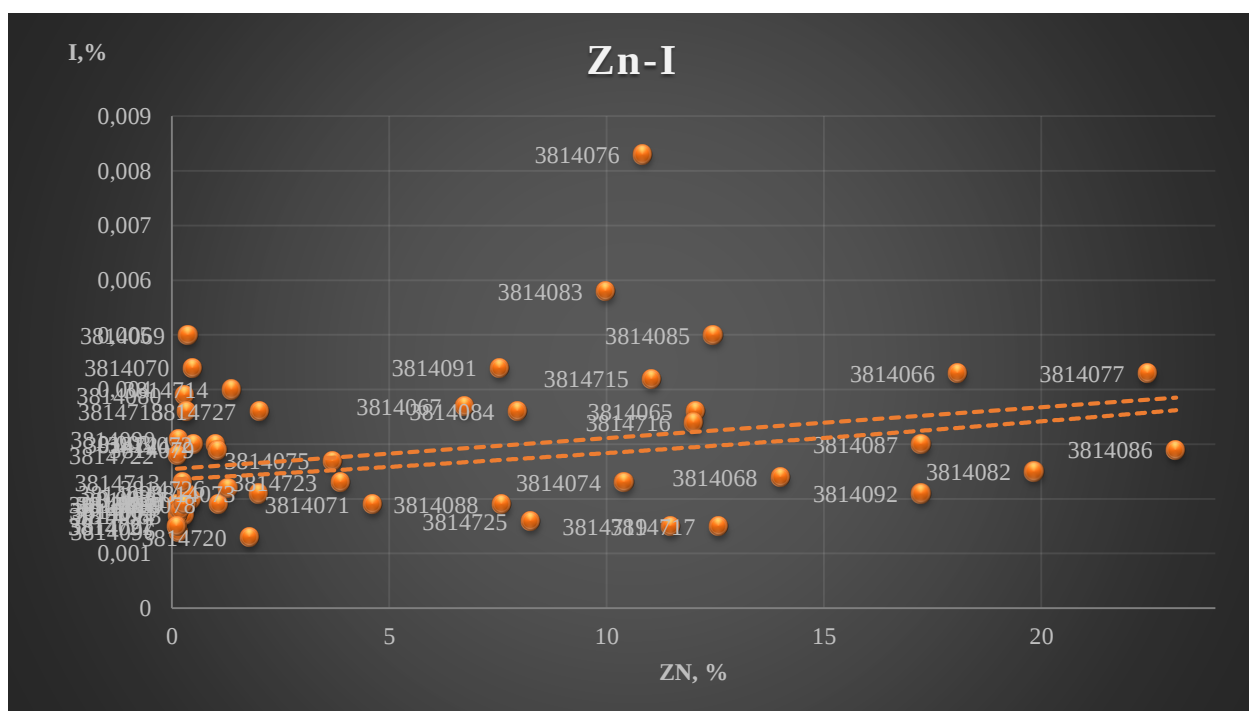


Рисунок 5.51. График корреляционной зависимости цинк – йод.

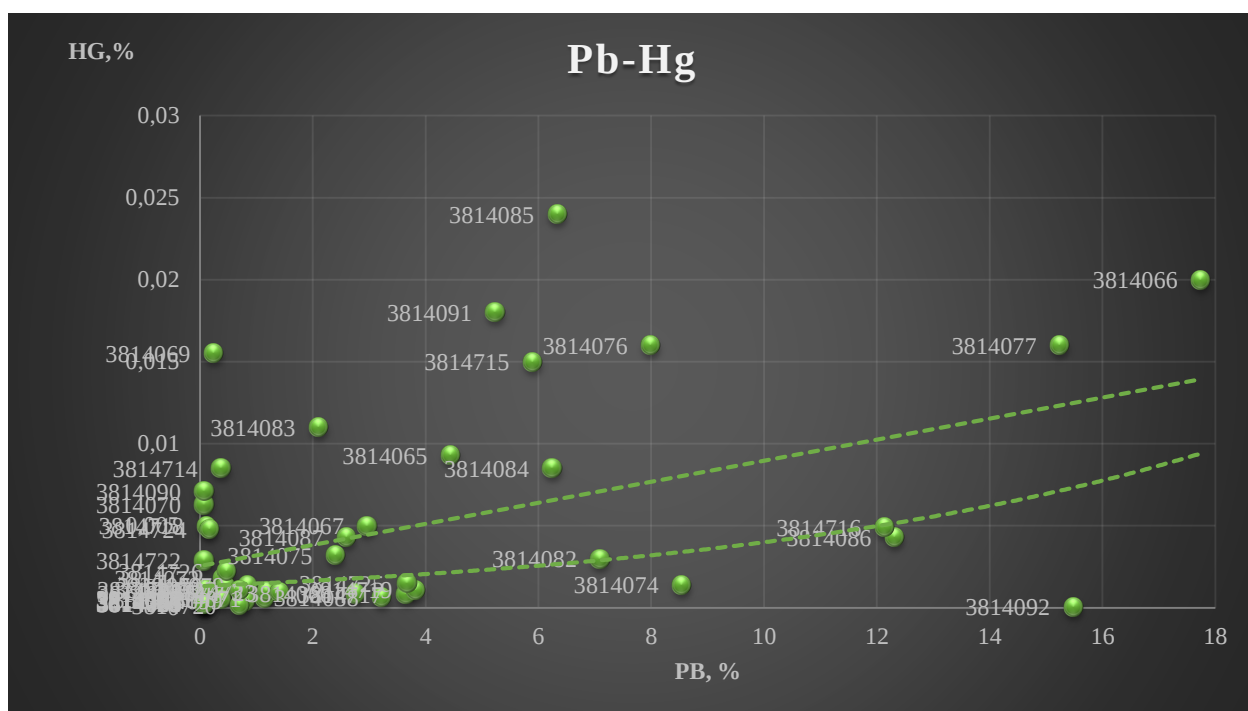


Рисунок 5.55. График корреляционной зависимости свинец – ртуть.

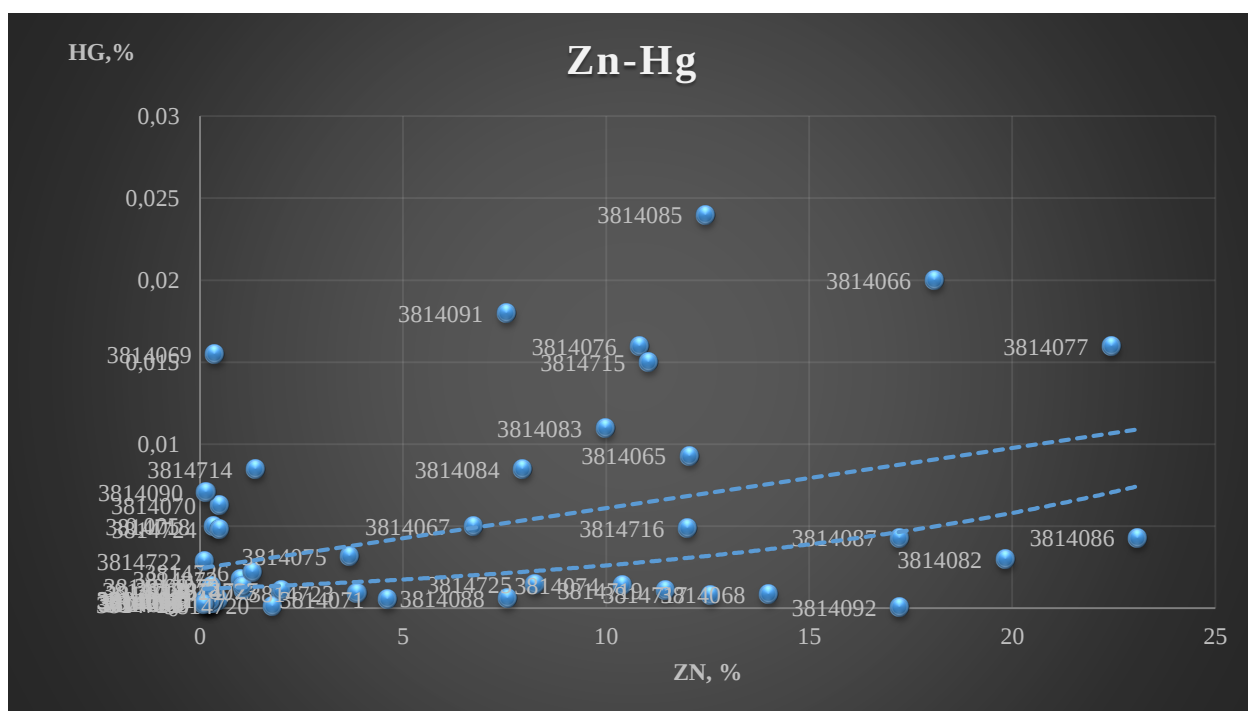


Рисунок 5.56. График корреляционной зависимости цинк – ртуть.

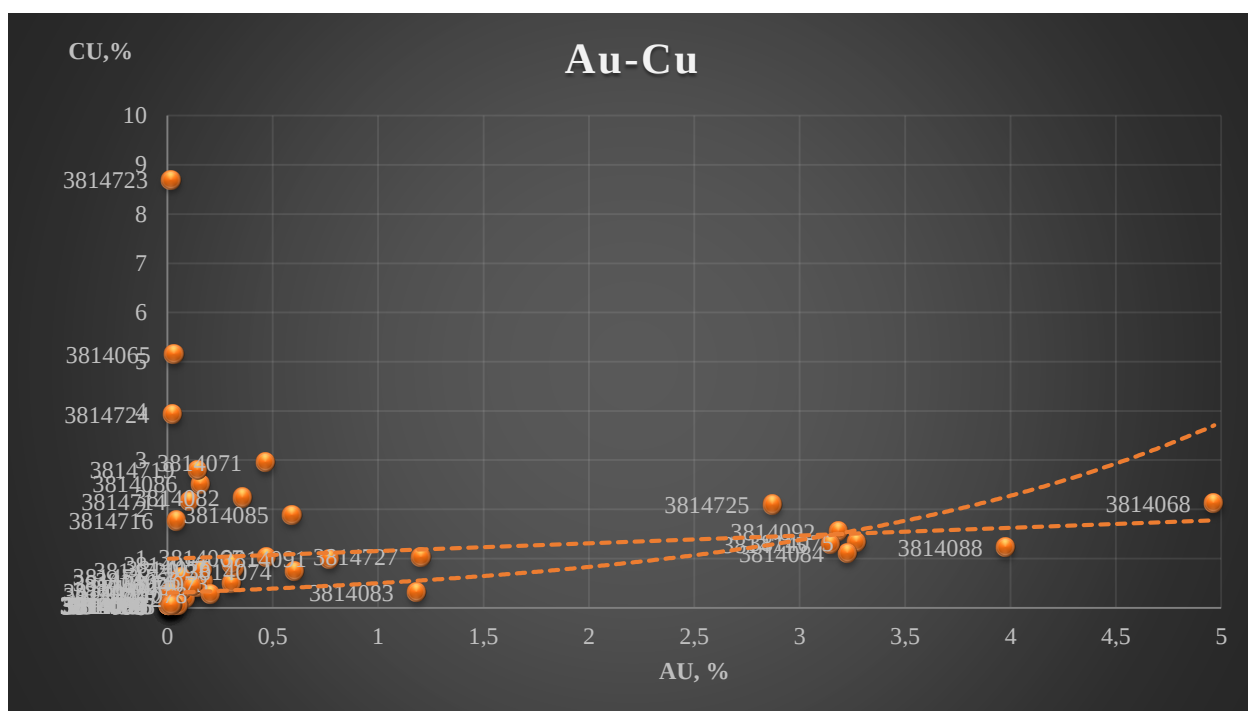


Рисунок 5.58. График корреляционной зависимости золото – медь.

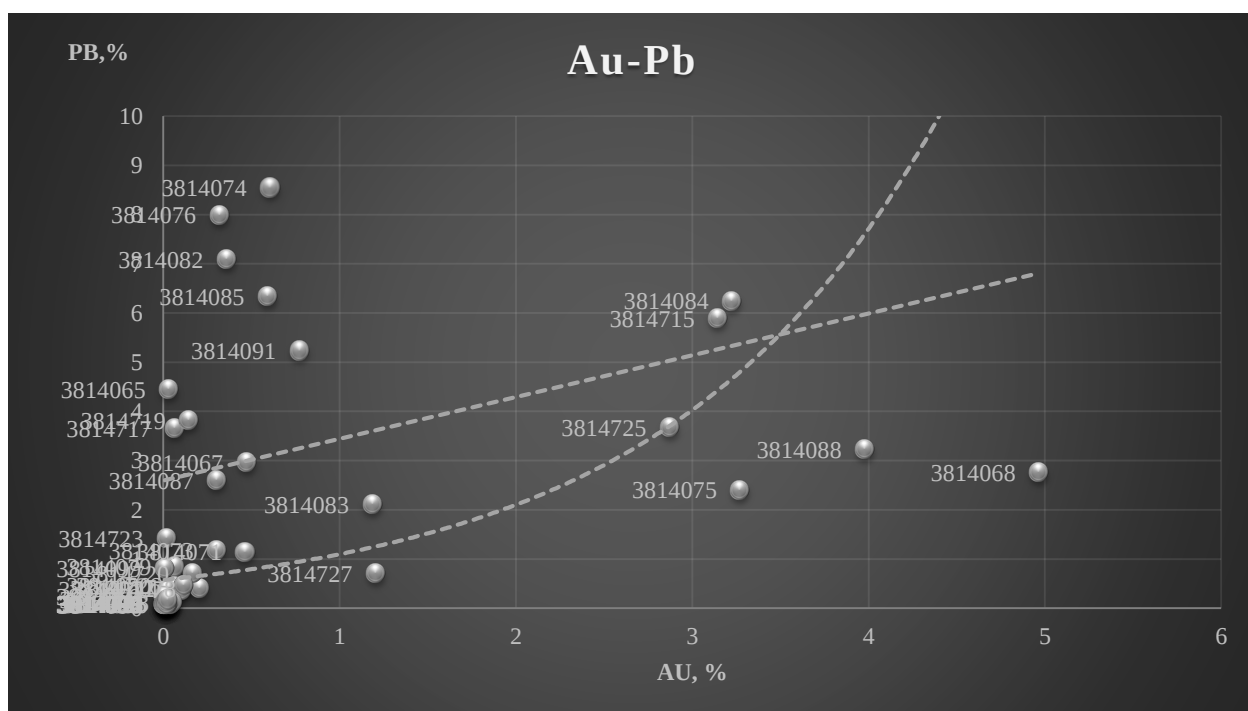


Рисунок 5.59. График корреляционной зависимости золото – свинец.

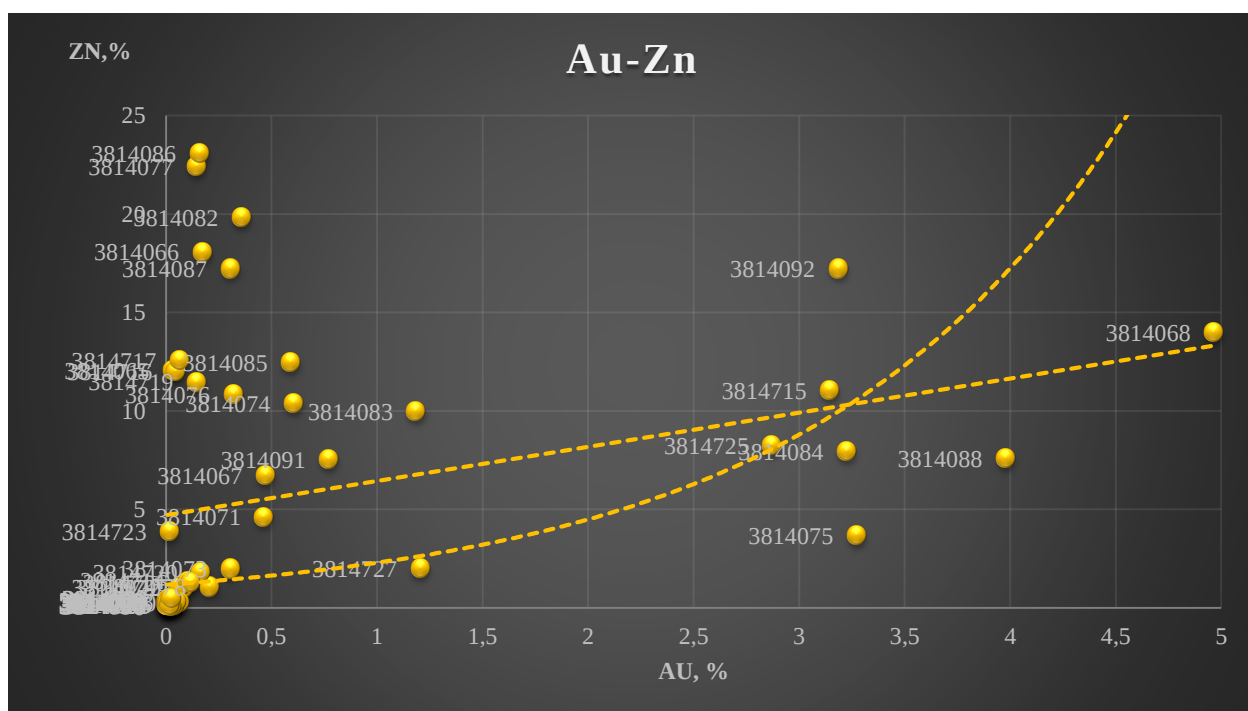


Рисунок 5.60. График корреляционной зависимости золото – цинк.

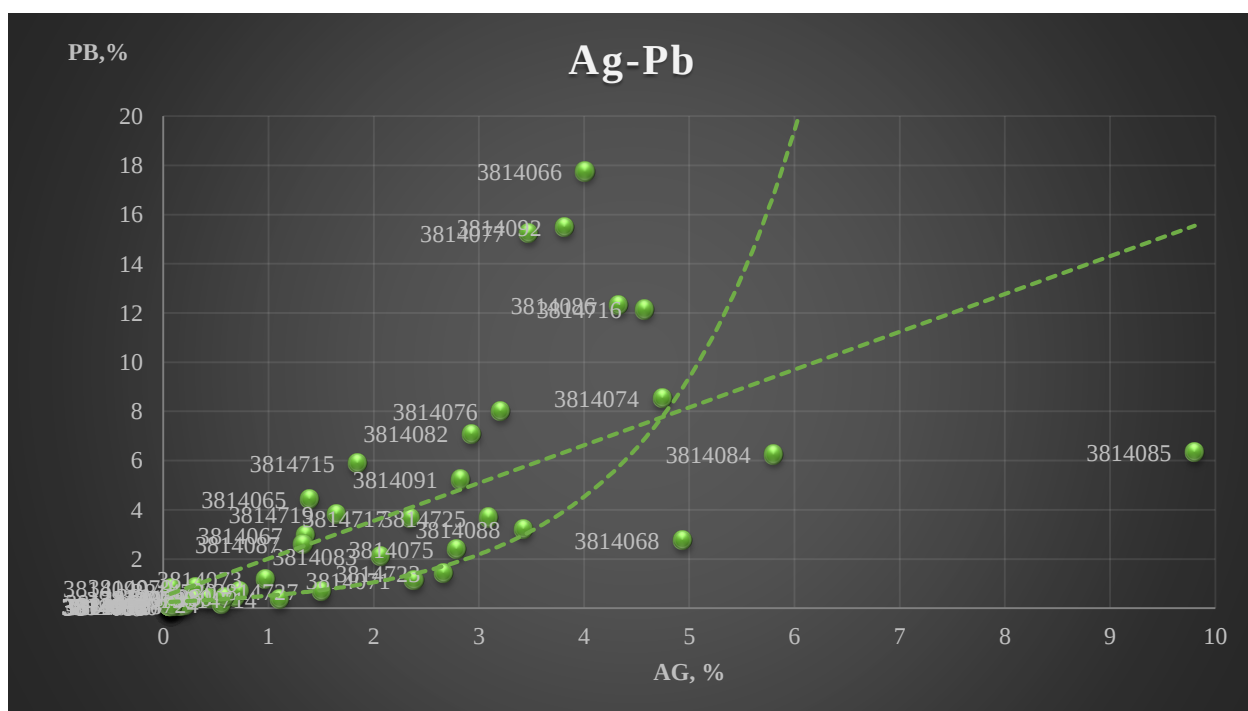


Рисунок 5.62. График корреляционной зависимости серебро – свинец.

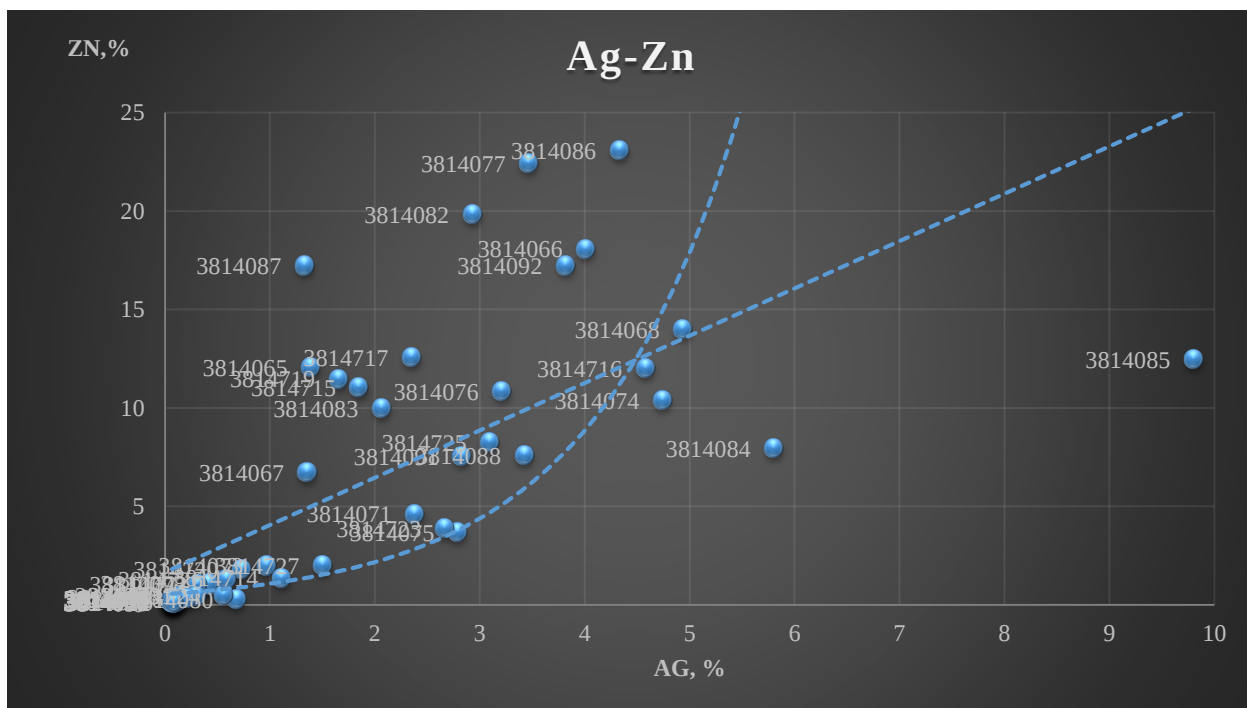


Рисунок 5.63. График корреляционной зависимости серебро – цинк.

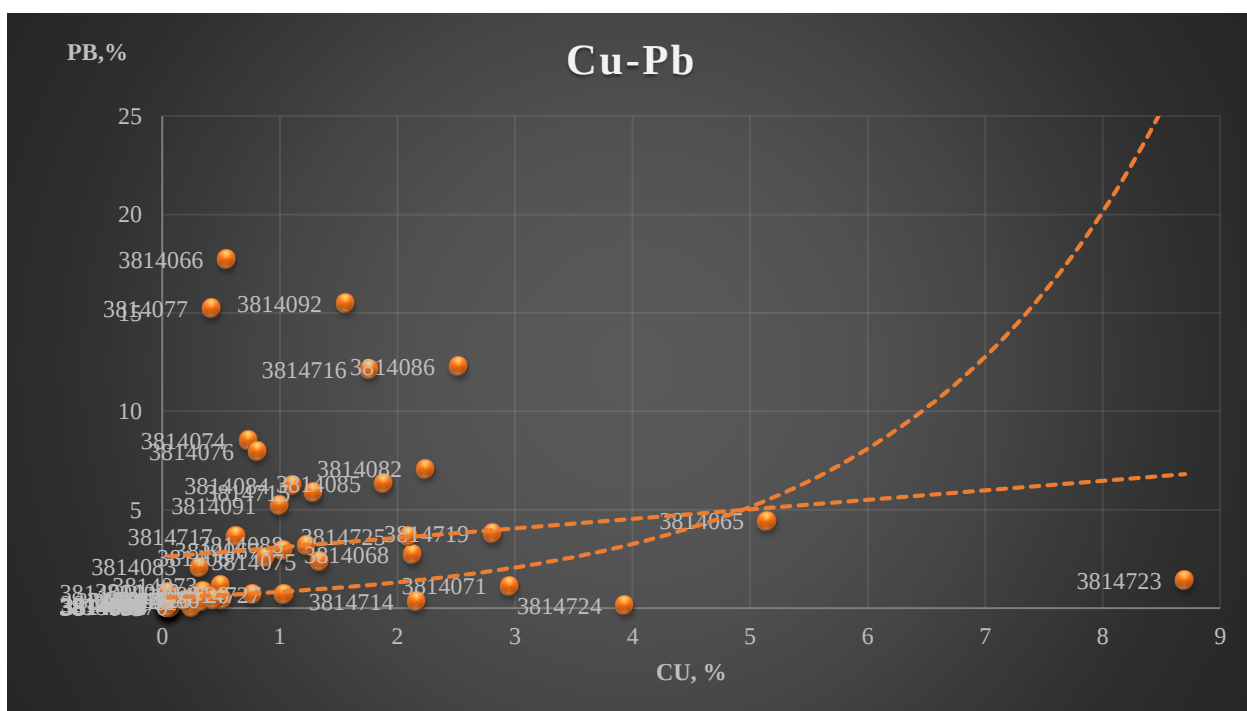


Рисунок 5.64. График корреляционной зависимости медь – свинец.

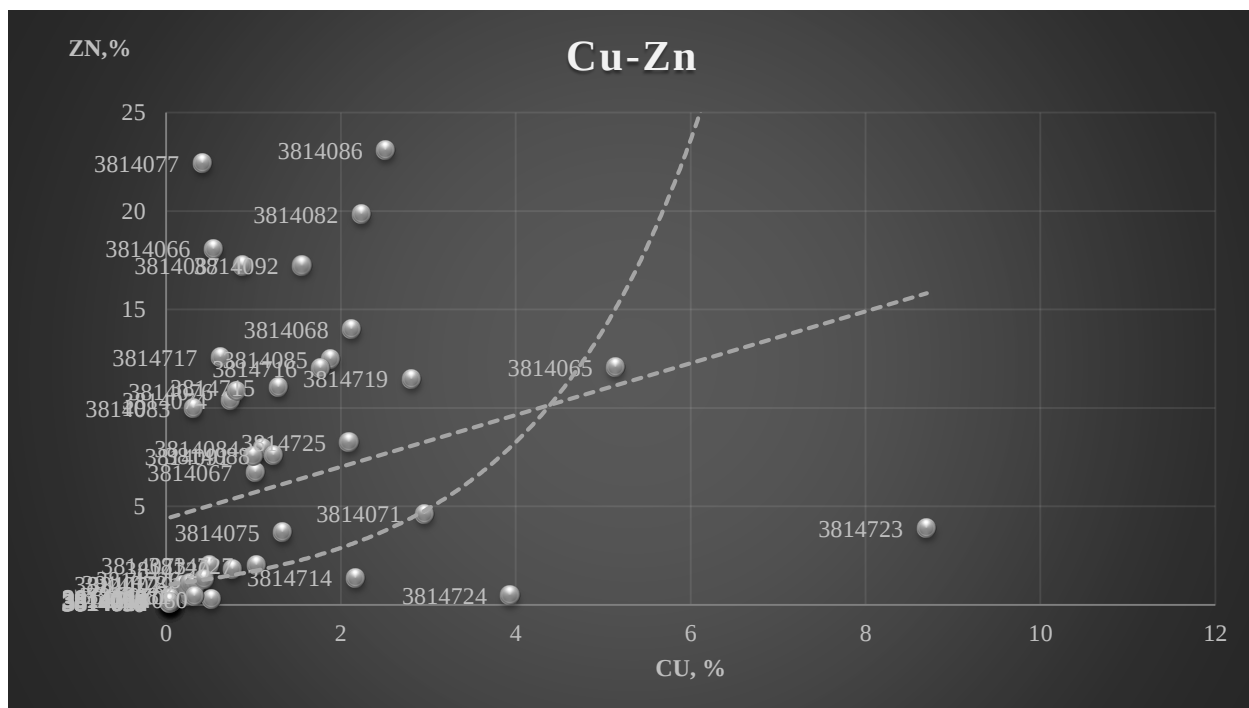


Рисунок 5.65. График корреляционной зависимости медь – цинк.

