

**К ВОПРОСУ О ВТОРИЧНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ В ЗОЛОТОРУДНЫХ  
ЖИЛАХ МАРИИНСКОЙ ТАЙГИ (Кузнецкий Алатау)**

А. Д. МИКОВ

(Представлена научным семинаром куста кафедр минералогии и кристаллографии, петрографии, геологии и разведки месторождений полезных ископаемых)

Вопрос о проведении золота в зоне окисления золоторудных месторождений и проблема гипергенного обогащения золотом в отечественной и зарубежной литературе обсуждается в течение нескольких десятков лет. Если для цветных металлов таких, как медь, процессы гипергенной миграции и роль их в формировании зоны вторичного обогащения хорошо изучена, то для золота эти вопросы являются далеко не решенными. Академик С. С. Смирнов [7] писал: «Прекрасно разработаны вопросы формирования зоны вторичного сульфидного обогащения медью, хотя для золота и серебра мы еще не имеем удовлетворительного решения аналогичных вопросов».

В последние годы в отечественной литературе поведению золота в зоне гипергенеза посвящен ряд работ [1, 3, 4, 6, 8, 9].

Для золотосульфидных месторождений в настоящее время имеется значительный материал, подтверждающий миграцию золота в зоне окисления и указывающий на наличие обогащенных им вторичных горизонтов. Для кварцево-сульфидных месторождений этот вопрос до сих пор остается нерешенным [1, 4].

В публикуемой статье приводятся результаты исследований по вопросу о вторичной зональности в золотосодержащих кварцево-сульфидных жилах месторождений Мариинской тайги.

В отношении ряда месторождений данной территории давно известны некоторые сведения, указывающие на наличие богатого золота в нижней части зоны окисления рудных жил. В. К. Монич [5] на Бериккульском месторождении отметил наличие подзоны богатой золотом и обязанной своим происхождением, вероятно, гипергенным процессам.

Проведенные нами исследования на Центральном, Бериккульском и Комсомольском месторождениях показали, что все рудные жилы характеризуются повышенным содержанием золота в зоне окисления по сравнению с первичными рудами. В распределении золота в зоне окисления наблюдается определенная закономерность, заключающаяся в приуроченности обогащенных участков, как правило, к нижней ее части. Такая приуроченность позволяет выделить определенную зону вторичного золотого обогащения в жилах изученных месторождений.

## Краткая геологическая характеристика рудных жил

Рудные жилы Центрального, Бериккульского и Комсомольского месторождений Мариинской тайги являются типичными трещинными образованиями. Приурочены они на месторождениях к двум-трем определенным системам трещин [2]. Так на месторождении Центральном выделяются жилы северо-восточного (жилы Центральная, Дмитриевская), восток — северо-восточного, почти широтного (жилы Кавказская, Казанская) и почти меридионального простирания (жилы Северная, Суворовская). Угол падения жил колеблется от 40 до 75°. На Бериккульском месторождении рудные жилы приурочены к двум основным системам: крутопадающей юго-западного простирания (жилы Российская, Прокопьевская), с углами падения 40—80° и пологопадающей северо-восточного, восточного и северо-западного простирания (жилы Кругобайкальская, Четвертая) с углами падения 5—40°.

В целом для рудных жил описываемых месторождений при общей выдержанности по простиранию и падению весьма характерной является частая перемежаемость раздувов и пережимов, сменяющих друг друга на коротком расстоянии. Очень характерно и расщепление жил на серии самостоятельных прожилков.

Рудные жилы месторождений Мариинской тайги относятся к типу кварцево-сульфидных жил. Наиболее распространенными текстурами в промышленных рудах являются: полосчатая, пятнистая, брекчиевидная и массивная. Главный жильный минерал — кварц. Подчиненное значение имеют кальцит и анкерит. Количество их в рудных жилах не превышает 10—15%. Из других нерудных минералов можно отметить мусковит, хлорит, эпидот, цоизит, апатит и циркон.

Жилы описываемых месторождений характеризуются невысоким содержанием сульфидов и не отличаются большим их разнообразием. Преобладающим минералом является пирит. В ряде жил ему почти не уступает по количеству арсенопирит. В меньшем количестве, но почти во всех жилах встречаются галенит, сфалерит, халькопирит. В некоторых присутствуют также пирротин, блеклая руда, висмутин, никелин, герсдорфит и другие рудные минералы.

Среди изученных рудных жил можно выделить жилы с малым содержанием сульфидов до 3—5% (жила Тумашевская месторождения Центрального) и жилы с умеренным содержанием сульфидов 10—15% (жилы Прокопьевская, Татарская-2, Бериккульского месторождения). Сульфиды в жилах распределены неравномерно. Наряду с безрудными участками встречаются участки с содержанием сульфидов до 40—60%.

Самородное золото тесно связано с сульфидами и в плоскости жил распределено крайне неравномерно. Видимое золото встречается редко.

### Изменение золотоносности с глубиной и вторичная зональность рудных жил

Вскрытие рудных жил на золотых рудниках Мариинской тайги производится штольнями и штреками по рабочим горизонтам через 20—40 м по вертикали. По всем горным выработкам отбираются пробы на химический анализ. Учет изменения содержания золота по данным забойного химического опробования подготовительных (штолен, штреков, уклонок, восстающих) или очистных (по этажам) горных выработок — основной метод, материалы которого используются в данной статье. Учет изменения содержания золота с глубиной производился нами по отдельным жилам на всю их длину или в пределах определен-

ных геологических блоков — устойчивых рудных столбов. Подсчет среднего содержания и мощности производился по горизонтам и слоям 5—15 м по этажам очистных горных выработок. Среднее расстояние между смежными забойными пробами по штрекам и по очистным горным выработкам обычно равно 2,0 м. Среднее содержание металла было подсчитано методом среднего арифметического по горизонту или слою (в дальнейшем мы считаем эти понятия равнозначными) с использованием от 15 до 150 и более индивидуальных забойных проб. Всего по отдельным жилам количество учтенных проб составляло от 150 до 5000—9000 штук. Протяженность жил на месторождениях составляет 100—500 м, реже 1000—1500 м. Такая длина значительно превышает горизонтальную длину рудных столбов в жилах и повышенное содержание в них не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на величину средней пробы по горизонту. Для удобства сопоставления средних содержаний по различным жилам и месторождениям нами были подсчитаны средние содержания золота по жилам в метро-граммах. Полученные данные средних содержаний и мощностей для ряда жил Центрального, Бериккульского и Комсомольского месторождений изображены в виде графиков изменения содержания и мощности с глубиной (рис. 1, 2, 3, 4).

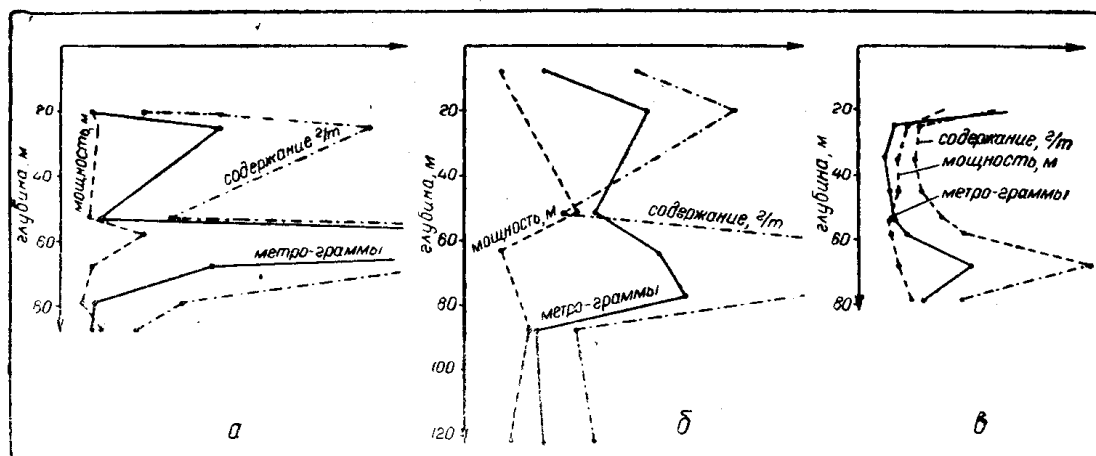


Рис. 1. График изменения среднего содержания и мощности по жилам Центрального участка месторождения Центрального: а) жила Школьная; б) жила Промежуточная; в) жила Центральная.

Для определения степени концентрации металла в той или иной части рудного тела в практике рудничной геологии пользуются показателем интенсивности металлического оруденения [1]. Под ним понимается отношение среднего содержания металла по любому участку рудного тела к среднему валовому содержанию этого металла по всему рудному телу. Нами определялся показатель интенсивности горизонта золотого обогащения, как отношение среднего содержания золота по вертикальному интервалу — поясу наибольшего обогащения золотом, к среднему валовому содержанию по данным забойного опробования по всей вскрытой части жилы.

При подсчете среднего содержания золота по жиле нами особо учитывались богатые пробы. За нижний предел богатой пробы было взято содержание в 4—5 раз превышающее среднее содержание металла по месторождению. Учет богатых проб по горизонтам жил позволил выявить, подмеченную еще М. Н. Альбовым [1] закономерность, что гори-

зону вторичного золотого обогащения соответствует максимальный выход богатых проб. Количество их определялось в процентах от общего количества проб по тому или иному горизонту жилы.

Зона окисления на месторождениях Мариинской тайги выражена не очень ярко. Глубина развития ее не велика. На месторождениях Центральном и Бериккульском зона окисления в среднем ограничивается глубиной 35—40 м. Хотя в ряде жил месторождения Центрального спускается до 70—80 м (жилы Школьная, Промежуточная). По жилам Лотерейной и Алтайской она значительно выше 31—38 м соответственно, хотя нижний уровень менее правилен и в последней у шахты Саянской спускается до 70 м. По общему правилу нижняя граница зоны окисления повторяет рельеф, несколько сглаживая его, что особенно ярко проявляется в жилах Бериккульского месторождения.

По отдельным наиболее крупным тектоническим нарушениям окисленные руды встречаются на глубине 100 и более метров. Жила Комсомольская одноименного месторождения является оригинальным исключением, так как она приурочена к тектонической зоне, по которой происходили многочисленные пострудные подвижки, и окисленные руды в ней встречаются на всю вскрытую глубину до горизонта 420 м.

В пределах зоны окисления на описываемых месторождениях можно выделить две подзоны: верхнюю — подзону интенсивного окисления и выщелачивания руд, нижнюю — подзону вторичного золотого обогащения.

Верхняя подзона обычно представлена буровато-красным охристым кварцем с многочисленными пустотками от выщелачивания сульфидов. Часто кварц раздроблен и состоит из мелких обломков. В мало сульфидных жилах в охристо-глинистых рыхлых выветрелых вмещающих породах присутствует слабо охристый ноздреватый кварц с решеткой отпечатков пирита, иногда с гнездышками свинцовой охры и налетами скородита. Видимое золото встречается очень редко (жила Дмитриевская месторождения Центрального). Содержание золота в этой подзоне по данным забойного опробования несколько выше, чем в первичных рудах.

Нижняя подзона характеризуется интенсивным накоплением лимонита. Он представлен обычно охрами желтовато-или красновато-бурого цвета, приуроченными к трещинкам в жиле или к их зальбандам. Кварц и вмещающие породы в таких участках сильно обохрены. В большинстве жил в составе описываемой подзоны нет резкой границы между окисленными и первичными рудами (жилы Магистральная, Прокопьевская и другие Бериккульского месторождения). В некоторых жилах эта подзона приурочена к полностью окисленным рудам, в которых наряду с перенесенными лимонитами присутствуют и остаточные лимониты. Нижняя граница зоны окисления в этих жилах резкая (жилы Школьная, Кавказская месторождения Центрального). Описываемая подзона заметно обогащена золотом. Микроскопическими исследованиями установлена тесная связь золота в подзоне с перенесенными лимонитами.

Практика отработки золотосодержащих жильных кварцево-сульфидных месторождений Мариинской тайги также с несомненностью свидетельствует о повышенной концентрации золота в зоне окисления. Проведенное нами сравнение средних содержаний металла по зоне окисления и первичным рудам для 14 жил с одинаковой сульфидной минерализацией месторождений Центрального и Бериккуля подтвердило этот факт. Полученное отношение средних содержаний по зоне окисления к среднему содержанию по первичным рудам, показало, что оно изменяется в пределах 1,25—4,23. Из полученных показателей видно, что со-

держание золота в зоне окисления значительно выше, чем в первичных рудах. Причем наиболее высокие показатели указанного отношения 2,10—4,23 характерны для жил с повышенным содержанием сульфидов (жилы Уральская месторождения Центрального; Татарская-2, Иксовая, Троицкая месторождения Бериккульского).

На описываемых месторождениях было исследовано более 20 кварцево-сульфидных жил. Во всех жилах был установлен обогащенный золотом пояс, тяготеющий к нижней части зоны окисления (подзона золотого обогащения). Ниже приводится краткая характеристика пояса золотого обогащения для ряда жил Центрального, Бериккульского и Комсомольского месторождений Мариинской тайги.

### Характеристика пояса золотого обогащения

На месторождении Центральном выделены два участка: собственно Центральный и Юбилейный. На Центральном участке исследованы жилы: Школьная, Промежуточная, Центральная, Казанская и другие.

Данные анализа забойного опробования жил Школьной, промежуточной и Центральной приведены на рис. 1 в виде графиков изменения среднего содержания и мощности по этим жилам с глубиной. На приведенных графиках очень четко выделяются два максимума высокого содержания золота на глубинах 20—25 м и 58—65 м от дневной поверхности. Первый максимум соответствует поясу золотого обогащения в интервале 15—40 м. Вычисленные показатели интенсивности золотого обогащения для первого пояса невысоки и равны соответственно для жил Школьной, Промежуточной и Центральной 1,16; 1,20 и 1,44. Второй пояс золотого обогащения в этих жилах выражен более ярко в интервале 54—84 м. Указанному поясу характерны и более высокие показатели интенсивности равные 2,32; 1,73 и 2,36 соответственно. Этот пояс характеризуется также повышенным содержанием богатых проб.

Для жилы Казанской данные забойного опробования сохранились лишь с горизонта 53 м. На глубине 55—75 м, как и по другим жилам этого участка, выделяется пояс золотого обогащения с показателем интенсивности 1,73.

На Юбилейном участке нами были исследованы жилы Уральская, Петровская, Кавказская, Дмитриевская, Тумашевская и другие.

По жилам Уральской, Дмитриевской и Петровской выделяется хорошо выраженный пояс золотого обогащения в интервале 12—35 м (рис. 2 а, в). Показатели интенсивности по описываемым жилам соответственно равны 2,83; 1,87 и 1,58. Указанный пояс золотого обогащения легко выделяется и по содержанию богатых проб.

В жиле Тумашевской пояс золотого обогащения проявился слабо (рис. 2, г) в интервале 8—20 м с показателем интенсивности 2,09.

На Бериккульском месторождении нами были исследованы жилы Российская, Прокопьевская, Троицкая, Красноармейская, Татарская-2 и другие. По первым трем из них приведены графики изменения мощности и содержания с глубиной (рис. 3). При анализе данных забойного опробования в каждой жиле было установлено наличие пояса золотого обогащения. По жилам Российской и Троицкой (рис. 3 а, в) этот пояс расположен в интервале 5—30 м от дневной поверхности. Показатели интенсивности золотого обогащения по этим жилам сравнительно высоки и равны соответственно 2,58 и 1,86. По жилам Прокопьевской (рис. 3, б) и Красноармейской пояс золотого обогащения расположен в интервале 15—35 м с близкими по величине показателями интенсивности 1,46 и 1,50. Для жил Иксовой и Татарской-2 этот пояс

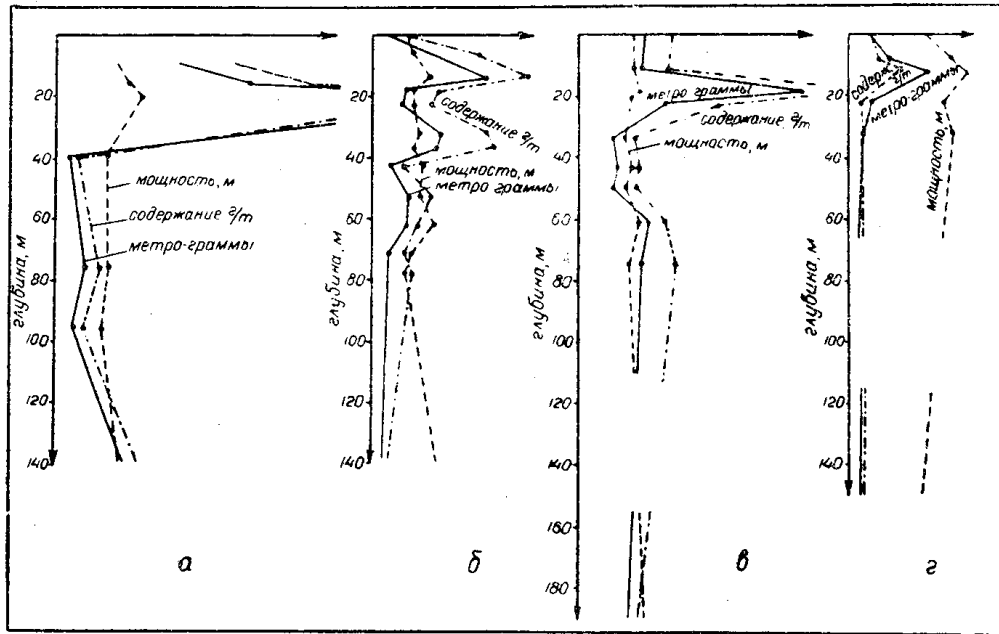


Рис. 2. График изменения среднего содержания и мощности по жилам участка Юбилейного месторождения Центрального: а) жила Уральская; б) жила Кавказская; в) жила Дмитриевская; г) жила Тумашевская.

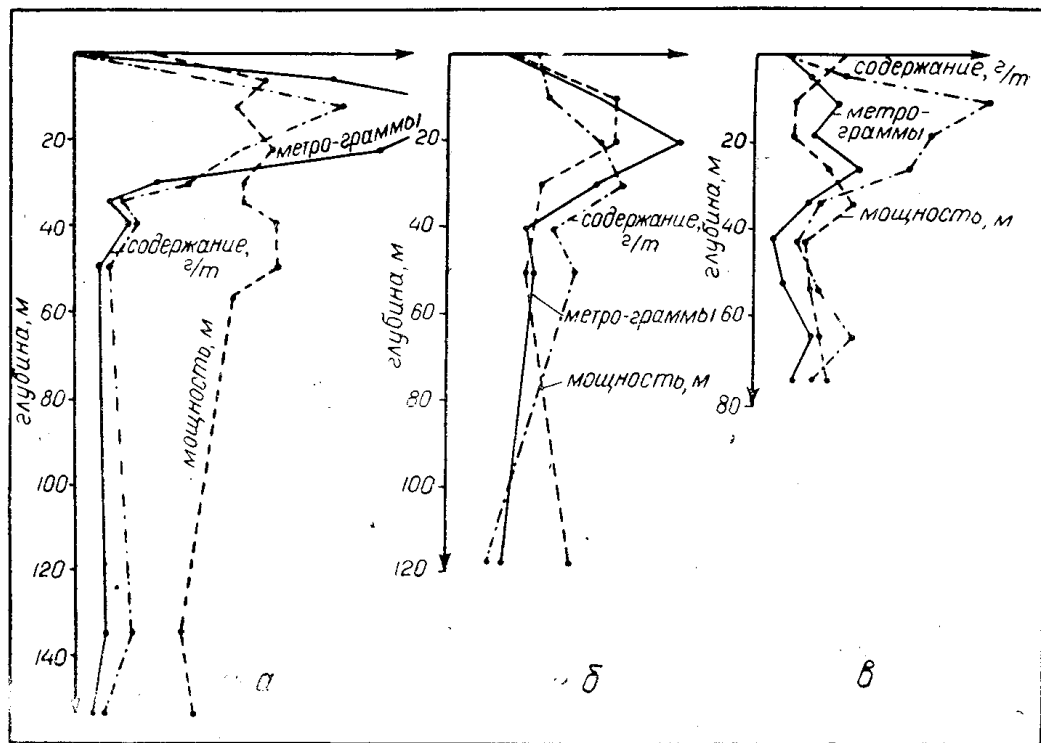


Рис. 3. График изменения среднего содержания и мощности по жилам Берикольского месторождения: а) жила Российская; б) жила Прокофьевская; в) жила Троицкая.

располагается несколько ниже в интервале 28—42 м. Показатели интенсивности золотого обогащения для указанных жил близки и равны соответственно 1,77 и 1,81. По жиле Российской пояс золотого обогащения легко выделяется и по количеству богатых проб.

На Комсомольском месторождении нами исследованы жилы Комсомольская, Параллельная и Болотная. По жиле Комсомольской выявлено три ярко выраженных максимума (рис. 4) соответствующих поясам золотого обогащения в интервалах 3—7 м, 25—50 м и 84—92 м от дневной поверхности. Для всех указанных поясов характерны высокие показатели интенсивности золотого обогащения, равные соответственно 2,70, 3,44 и 2,57. Такие высокие показатели интенсивности объясняются низким средним содержанием металла по жиле из-за наличия значительных пережимов.

По жилам Болотной и Параллельной выделяются два пояса золотого обогащения. Первый в интервале 2—8 м, а второй 18—24 м и 25—32 м соответственно. Показатели интенсивности для жил Болотной и Параллельной для первого пояса равны 1,28 и 1,81; для второго несколько ниже 1,05 и 1,42. Выделенные пояса по всем жилам месторождения выделяются и по содержанию богатых проб.

Таким образом, во всех исследованных жилах месторождений Центрального, Берикульского и Комсомольского нами выявлено наличие пояса золотого обогащения. На месторождении Берикульском и участке Юбилейном месторождения Центрального установлен лишь один пояс золотого обогащения, а в жилах участка Центрального месторождения Центрального и месторождения Комсомольского выделено по два пояса золотого обогащения. Указанные пояса расположены в пределах зоны окисления и тяготеют к ее нижней части.

Оба пояса, как было отмечено выше, по нашему мнению, обязаны своим происхождением гипергенным процессам. Первый пояс развит во всех жилах и приурочен к зоне истечения грунтовых вод. Проникновение грунтовых вод по крутопадающим пострудным нарушениям в ряде жил привело к образованию второго пояса золотого обогащения, проявляющегося иногда очень ярко (жилы Школьная, Промежуточная месторождения Центрального).

Приведенными исследованиями установлено также, что угол падения рудных жил оказывает несомненное влияние на положение и развитие пояса вторичного золотого обогащения. Исследованные жилы месторождений Мариинской тайги с одинаковой сульфидной минерализацией были разделены на три группы по углам их падения (табл. 1).

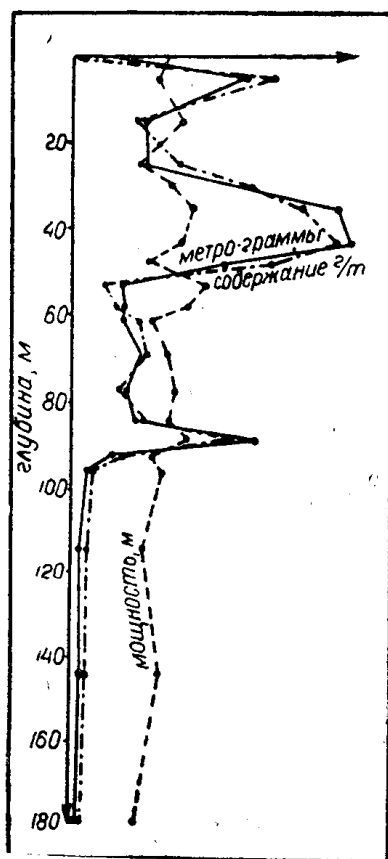


Рис. 4. График изменения среднего содержания и мощности по жиле Комсомольской месторождения Комсомольского.

Таблица 1

Распределение рудных жил месторождений Мариинской тайги  
в зависимости от угла их падения

Группа жил	Количество жил	Показатель интенсивности вторичного обогащения	Глубина горизонта вторичного обогащения, м	Ширина пояса вторичного обогащения, м
I 20°—40°	3	1,62	10,5	9,5
II 40°—60°	10	1,83	25,0	20,0
III 60°—75°	3	1,67	46,7	17,0

Из приведенной таблицы видно, что наиболее ярко пояс вторичного золотого обогащения проявился в жилах со средними углами падения 40—60°. Это подтверждает вывод, сделанный М. Н. Альбовым [1], для жил Березовского месторождения (Урал).

### Выводы

1. Большинство исследованных рудных жил Центрального, Беркульского и Комсомольского месторождений Мариинской тайги характеризуется умеренным (10—15%) содержанием сульфидов в руде. Это значительно ниже, чем содержание их в жилах Урала, исследованных М. Н. Альбовым [1], где оно достигает 40% и даже 50—70% (жила Зеленая и другие Кочкарского рудного поля).

2. Зона окисления на изученных нами месторождениях выражена не так ярко, как в золотосодержащих кварцево-сульфидных месторождениях Урала. Глубина для большинства рудных жил Мариинской тайги составляет 30—40 м, и только на месторождении Центральном (жила Школьная, Промежуточная и другие) она достигает 75—85 м. Лишь жила Комсомольская одноименного месторождения окислена на глубину 240 м. В пределах зоны окисления выделены две подзоны: верхняя подзона интенсивного окисления и выщелачивания руд; нижняя подзона, заметно обогащенная золотом.

3. Несмотря на сравнительно невысокое содержание сульфидов в руде и слабое развитие зоны окисления пояс вторичного золотого обогащения во всех жилах проявился довольно-таки ярко. Этот пояс золотого обогащения в жилах варьирует в широких пределах от 3—5 до 35—40 м реже до 75—85 м от дневной поверхности. Установлено, что наиболее благоприятными для проявления вторичного золотого обогащения являются жилы со средними углами падения 40—60°. Среднее содержание золота в выделенном поясе золотого обогащения по жилам в 1,7 раза превышает среднее содержание его во вскрытой части описываемых месторождений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Альбов. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М., 1960.
2. Е. А. Гуковский. Элементы геологии золоторудных месторождений Мариинской тайги. Вестник Зап. Сиб. ГРТ, вып. 5, 1932.



3. В. М. Крейтер, Д. С. Крейтер. Геологическая оценка золоторудных месторождений по выходам. Сов. геология, № 17, 1946.
4. В. М. Крейтер, В. В. Аристов, И. С. Волынский, А. Н. Крестовников, В. В. Кувичинский. Поведение золота в зоне окисления. М., 1958.
5. В. К. Мониц. Геологический очерк Бериккульского золотопромышленного района. Тр. треста золоторазведка и института НИГРИзолото, вып. 7, 1937.
6. Л. В. Разин, И. С. Рожков. К геохимии золота в коре выветривания и биосфере провинции многолетней мерзлоты на Алданском щите. Тр. Якутского филиала СОАН СССР, сер. геол. вып. 16, 1963.
7. С. С. Смирнов. Некоторые общие вопросы изучения рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол. № 5, 1946.
8. Ф. В. Чухров. О миграции золота в зоне окисления. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1947.
9. Е. Д. Шлыгин, К. М. Муканов, В. М. Гришин, С. Г. Магомедов. О гипергенной концентрации золота на золоторудных месторождениях Северного Казахстана. Вестник АН Каз. ССР, № 8, 1963.