

Академия наук  
СССР



Г.А.Осипова

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ  
МЕТОД  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ОЛОВОРУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Издательство · Наука ·



Академия наук СССР

Дальневосточный геологический  
институт ДВНЦ

Г.А.Осипова  
ГЕОХИМИЧЕСКИЙ  
МЕТОД  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ОЛОВОРУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

3279



Издательство

"Наука"

Москва,

1980



**Геохимический метод прогнозирования оловорудных месторождений.**  
Г.А. О с и п о в а. М.: Наука, 1980.

Излагаются результаты многолетних исследований геохимической зональности многих оловорудных месторождений Советского Союза. Изучены геологические условия формирования и вещественный состав месторождений, локализованных в экструзивных, эффузивных и терригенных образованиях. Установлена наибольшая информативность распределения элементов-примесей в касситерите в зависимости от относительной глубины его кристаллизации. Выведены геохимические формулы глубинности, позволяющие в совокупности с другими геологическими данными подходить к оценке степени эродированности рудных тел и месторождений преимущественно сульфидно-касситеритового типа. Исследовались причины окраски, модификации касситерита и форма нахождения в нем элементов-примесей.

Ил. 25, табл. 36, библи. 146.

Ответственный редактор: Ф.Г. ФЕДЧИН

## ВВЕДЕНИЕ

Растущая потребность в минеральном сырье ставит перед геологами задачу разработки поисково-оценочных методов, позволяющих с минимальными затратами средств и времени выявлять полезные ископаемые, не выходящие на дневную поверхность. Решение этой задачи может идти по двум направлениям: применительно к погребенным рудным объектам и "слепым" рудным телам, не затронутым современной или древней эрозией. Результаты первого направления обобщены в тезисах семинара (21), а исследования второго — освещены в сборнике докладов (95), прочитанных в декабре 1972 г. в Москве на II Всесоюзном совещании по прогнозированию скрытого оруденения.

В предлагаемой работе изложены результаты многолетних исследований по выявлению зависимости содержания элементов-примесей в рудных минералах оловорудных месторождений от относительной глубины их кристаллизации для определения степени эродированности конкретных рудных тел и месторождений. В качестве индикатора глубины рудообразования выбран касситерит по следующим соображениям. Во-первых, касситерит, являясь ведущим минералом рассматриваемых месторождений, может быть сравнительно легко выделен в нужных количествах из шлиха—протоочки, в то время как многие сопутствующие ему сульфиды в пробах часто отсутствуют. Во-вторых, для касситерита оказался удобным метод микроспектрального анализа [54], требующий исчезающе малых количеств вещества (0,25 мг при тройном контроле) и в общем не уступающий по чувствительности и воспроизводимости [88] количественному спектральному анализу. Сульфидные же минералы из-за отсутствия стандартных эталонов не могли быть проанализированы на этом приборе, а применить какой-либо другой метод не представилось возможным из-за малого количества вещества. В-третьих, изучение элементов-примесей в арсенипирите, халькопирите, галените, сфалерите, пирите, пирротине и касситерите, уже на первых порах показало, а при дальнейших исследованиях подтвердило, что наиболее чувствительными к изменению относительной глубины кристаллизации являются некоторые элементы, содержащиеся в касситерите. Однако автор далек от утверждения, что только касситерит может рассматриваться индикатором глубины рудообразования. Вопрос о возможности использования элементов-примесей в сульфидах с целью определения степени эродированности оловорудных тел требует дальнейшего исследования.

Использованные микроспектральные анализы произведены аналитиком Л.И. Азаровой и инженером Л.А. Бутенко. Статистическая обработка результатов анализа по специальным программам осуществлялась в лаборатории геолого-информационных методов инженером Э.Б. Кулешовой. Мономинеральные фракции касситерита и сульфидов выделялись в лаборатории разделения минералов ДВГИ под руководством инженера-обогапителя Д.Т. Пресича. В процессе работы с программой 061 автор неоднократно обращалась к профессору МГУ А.С. Соловову [116–121] за консультацией.

## 1. К вопросу о зональности рудообразования

Результаты изучения первичной зональности в гидротермальных месторождениях освещались во многих отечественных и зарубежных публикациях. Очень широко этот вопрос обсуждался в докладах, дискуссиях и кратких сообщениях на конференции по проблемам постмагматического рудообразования, состоявшейся в 1963 г. в Чехословакии. В 1974 г. Институтом геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) выпущен двухтомный сборник [35], в который вошел ряд статей, детально рассматривающих первичную эндогенную зональность на примерах рудных полей, месторождений и рудных тел разнообразных постмагматических полезных ископаемых. Издание этих трудов подвело итоги отечественным и зарубежным исследованиям за многие десятилетия и дало в руки геологов, занимающихся проблемой зональности, обширный и в ряде случаев весьма глубокий материал для использования его в теоретических и практических целях.

К числу публикаций, касающихся непосредственно вопроса, излагаемого в настоящей работе, т.е. рассматривающих эндогенную зональность в основном отдельных оловорудных тел и месторождений, относятся работы [3, 8, 9, 16, 17, 20, 25, 29–32, 34, 36–38, 41, 42, 45, 46, 51, 52, 57, 61, 62, 66, 83, 85, 86, 89, 91, 93, 97, 98, 100–103, 105–107, 109–115, 122, 125, 128–130, 132, 137, 138, 140, 141, 145, 146].

Большинство исследователей признает зависимость зональности от совокупности многих причин, подчеркивая в ряде случаев наиболее важные из них. Ф.И. Вольфсон и Л.И. Лукин [17], например, под зональностью оруденения понимают закономерную смену в пространстве типов оруденения, минеральных ассоциаций, отдельных минералов и химических элементов относительно какого-либо геологического образования; к последнему могут относиться складчатые сооружения или зоны долгоживущих разломов глубокого заложения, отдельные интрузивные массивы или их группы, крупные дизъюнктивные нарушения и выдержанные трещины. Нами рассматриваются сульфидно-касситеритовые жилы и месторождения в основном Кавалеровского района, образовавшиеся в результате метасоматоза и выполнения трещин обычно с довольно ясно выраженной вертикальной зональностью отложения, проявленной сменой типов оруденения, минеральных ассоциаций, исчез-

Поверхность в период рудоотложения

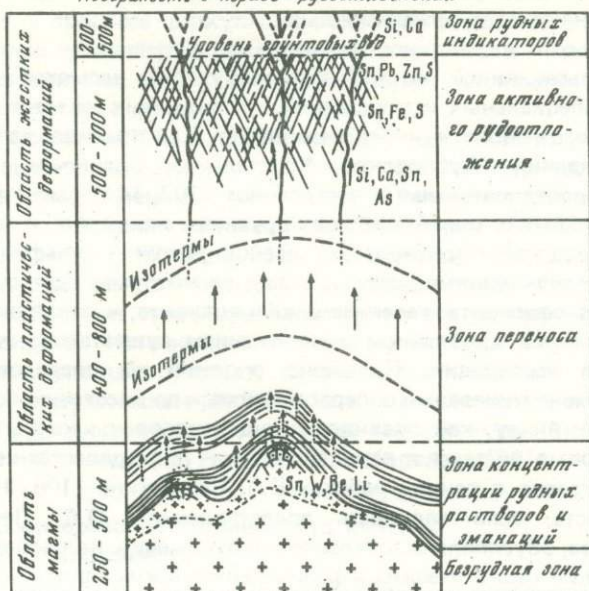


Рис. 1. Пример вертикальной зональности на Хаткхерангском месторождении олова в Забайкалье [64]

новением или появлением отдельных минералов и направленным изменением содержания элементов-примесей в рудообразующих минералах.

Примером вертикальной зональности относительно гранитного интрузива является оловорудное месторождение Хаткхеранга в Забайкалье, описанное Г.А. Мельниковым [64]. В зоне активного рудоотложения (рис. 1) наблюдается отчетливая вертикальная зональность: внизу — высокотемпературный кварц, выше — руды кварц-касситеритовые с арсенопиритом, затем сульфидно-касситеритовые с пирротинном, пиритом и марказитом и еще выше — галенит-сфалеритовые руды с небольшим количеством касситерита. Завершающая рудный процесс "зона рудных индикаторов" представлена небольшими трещинками, выполненными низкотемпературным кварцем и карбонатами, окрашенными гидроокислами железа. Наличие мельчайших признаков оруденения [64, с. 220] может явиться критерием для обнаружения рудных тел, не выходящих на поверхность. О.Д. Левицкий и В.И. Смирнов [61, с. 124] подчеркивали подобие сульфидно-касситеритовых месторождений Приморья и месторождения Хаткхеранга, отмечая, что периферические части некоторых жил здесь сложены поздним кварцево-карбонатным парагенезисом, образующим "зональность чехлов". Автор, вполне соглашаясь с мнением О.Д. Левицкого и В.И. Смирнова о сходстве зональности между верхними частями (зонами "активного рудоотложения" и "рудных индикаторов") месторождения Хаткхеранга и большинства месторождений Кавалеровского района, вместе с тем вопрос об относительной связи

оруденения с каким-либо конкретным геологическим образованием для данного района считает дискуссионным.

В вопросе о типе зональности отложения, в понимании Ю.А. Билибина [9], или пульсационной, по С.С. Смирнову [14], несмотря на большое количество специальных исследований, проведенных на месторождениях Кавалеровского района, единого мнения нет. Как правило, на большинстве месторождений (Дубровское, Хрустальное, Силинское, Левицкое) отмечается последовательная и постепенная [102, 144] смена во времени одних минеральных парагенезисов другими примерно в следующем порядке: кварц-касситеритового с арсенопиритом — сульфидным, представленным соединениями железа, вслед за которым идет сульфидный, состоящий из сфалерита, галенита и халькопирита, и заканчивается процесс интенсивным дроблением и отложением существенно карбонатно-флюоритовой ассоциации. Примерно в такой же последовательности отмечается смена минеральных парагенезисов и по восстанию большинства рудных тел — внизу, как правило, сконцентрированы кварц-касситерит-арсенопиритовые руды, а в верхней части — преимущественно сульфидные, что показано в ранних работах Е.П. Сапрыкина [106, 107]. Такая закономерность, если следовать представлениям О.Д. Левицкого и В.И. Смирнова, обусловлена зональностью отложения, являющейся следствием изменения геологических и физико-химических условий циркуляции рудоносных растворов на путях их движения с последовательным отложением минеральных комплексов, характеризующихся различным соотношением рудообразующих минералов [61]. По Е.А. Радкевич [102], изучавшей касситерит-сульфидные жилы, формирующие их последовательные минеральные стадии развиваются сближенно из одного потока растворов, эволюционирующего в пространстве и во времени, на фоне продолжающихся подвижек, что также характерно для зональности отложения. В пользу зональности отложения говорит и установленное автором для многих рудных тел Кавалеровского и других районов Советского Союза направленное увеличение с глубиной содержания в касситерите In, Be, W, Fe и уменьшение Ti, V, Nb, Sc, Cr. Уменьшение содержания In и Be в касситерите по восстанию (и на флангах) рудных тел месторождения Дубровского отмечено и И.Н. Кигаем [42]. Детальное изучение минеральных парагенезисов в рудных телах и отмеченное поведение элементов-примесей в касситеритах позволили И.Н. Кигаю считать, что основную роль при формировании Дубровского месторождения играла зональность отложения, т.е. кристаллизация касситерита здесь происходила из одной порции раствора в течение одной стадии, что соответствует и точке зрения автора.

Основными причинами, влияющими на проявление зональности в рудообразовании О.Д. Левицкий и В.И. Смирнов [61], опираясь на исследования Д.С. Коржинского, Н.И. Хитарова, В.В. Щербины, А.Г. Бетехтина и других, считают: 1) снижение температуры восходящих рудоносных растворов, регулирующее ход химических реакций, приводящих к отложению рудного вещества меняющегося состава; 2) проявление кислотно-щелочной дифференциации; 3) перепад давления, в результате которого происходит разрушение растворимых комплексов и осаж-

дение минералов; 4) изменение режима серы, кислорода и других элементов в процессе циркуляции рудоносных растворов; 5) изменение концентрации рудообразующих веществ в растворах, в частности в связи с фильтрационным эффектом, разбавлением их водами пересекаемых подземных потоков и т.п.

Е.А. Радкевич [102, с. 238], характеризуя касситерит-сульфидные месторождения, отделенные от высокотемпературных оловоносных грейзенов внедрением дайковой серии, связывает оруденение с растворами, поступающими из больших глубин. Автор [74—77, 84, 86] так же как Е.А. Радкевич [97, 98, 102] и Ф.К. Шипулин [134, 135], придерживается мнения об отсутствии достаточно убедительных факторов в пользу генетической связи сульфидно-касситеритового оруденения в Приморье с гранитоидами. Источником рудного вещества и даек, по-видимому, явился подкоровый субстрат, из которого поступала как базитовая магма, так и рудоносные растворы, что не исключает заимствования последними рудных элементов из пород земной коры, включая и гранитоиды, как это следует из гипотезы А.В. Королева [53].

## 2. О минералого-геохимических методах прогнозирования

Широкое признание получили работы [4, 7, 10, 15, 23, 24, 40, 65, 72, 108, 116—121, 124, 136, 139 и др.], ставящие задачу обнаружения и оценки месторождений, не выходящих на дневную поверхность, путем изучения первичных и вторичных ореолов рассеяния за последнее десятилетие появились публикации [32—34, 46—49, 63, 68—70, 78—80, 83, 85, 131, 133, 142, 144 и др.], авторы которых детально исследуют отдельные минералы и минеральные ассоциации рудных тел, пытаются использовать их как индикаторы глубины рудообразования.

Собственно минералого-геохимические исследования оловорудных месторождений в настоящее время сводятся в основном к изучению морфогенетических особенностей касситерита [33, 133], распределения в нем элементов-примесей [46, 63, 68, 69, 78—83, 87, 89, 90, 105], а также температур образования касситерита и ассоциирующих с ним минералов [48, 49]. Предметом нашего изучения являются элементы-примеси в касситерите в основном из сульфидно-касситеритовых месторождений с целью выявления закономерностей, которые могут быть использованы при решении вопроса о степени эродированности как отдельных рудных тел, так и месторождений.

## Глава 1

### ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Выделение монофракций касситерита, сульфидов и аксессуарных минералов производилось в лаборатории разделения минералов под руководством инженера-обогапителя Д.Т. Пресича по методике, подробно изложенной им в статье [94].

Для проверки чистоты монофракций касситерита предварительно каждая из них подвергалась полуколичественному спектральному анализу на 45 элементов. Всего было проверено около 200 монофракций и установлено, что из элементов, которые могут входить в касситерит или в монофракции как механическая примесь (%) в виде минеральных соединений, присутствуют (в среднем): Si — 0,2; Ca — 0,006; Mg — 0,008; Al — 0,02; As — 0,02; Sb — 0,02; Pb — 0,005—0,05; Ag — 0,0005—0,002; Zn — 0,002. Это вполне отвечало нашим требованиям и позволяло без дополнительной чистки анализировать материал количественным спектральным и химическим методами. Позже, после внедрения микроспектрального анализа, позволяющего квартовать монофракции до навески в 15 мг, чистка их производилась очень тщательно, до полного освобождения шлиха от следов механических примесей и с удалением зерен касситерита с видимыми под биноклем посторонними включениями.

Многими сотнями полуколичественного и количественного спектрального, а также частично химического анализов касситерита из месторождений Кавалеровского и других районов Приморья установлено, что практически постоянно в нем присутствуют In, Sc, W, Nb, V, Cr, Ti, Zr, Fe, Mn, Zn, Pb, очень редко Co, Ni, Ga и ни разу не был отмечен Ta. В дальнейшем касситерит анализировался на эти шестнадцать элементов на эмиссионном электроразрядном микроанализаторе Н.В. Королева [54], позволяющем анализировать вещество в пределах десятых и менее долей миллиграмма. Эта методика, освоенная спектроскопистами ДВГИ в 1969 г. [1, 2], позволяет диагностировать минералы, извлеченные из прозрачных шлифов, отдельные мелкие кристаллы [86], и определять количественное содержание элементов-примесей в минералах-носителях.

Испытуемый материал наносится (вдавливается) на плоскую поверхность ( $d = 0,5$  мм) двух медных электродов ( $d = 3$  мм), заточенных в виде усеченных конусов, которые устанавливаются горизонтально на расстоянии 0,5 мм друг от друга. Источником возбуждения служит высоковольтный разряд  $U = 6$  кв,  $C = 1,5$  мкф. Регистрация спектра в области  $2380 \text{ \AA} - 3500 \text{ \AA}$  производится на высокочувствительную пленку УФС-0 спектрографом СТЭ-1 с однолинзовой системой освещения щели

Таблица 1

Чувствительность микроспектрального и количественного спектрального анализов на элементы-примеси в касситерите (% массы) \*

Элементы	Микроспектральный	Количественный спектральный	Элементы	Микроспектральный	Количественный спектральный
Zr	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{3-}$	Nb	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Sc	$7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	Ti	$< 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
In	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	Cr	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Be	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	Mn	$1 \cdot 10^{-3}$	Не определялся
V	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	Fe	$< 10^{-1}$	То же
W	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$			

\* Таблица заимствована из статьи Л.И. Азаровой [1].

( $F = 96$  см). При наличии необходимых эталонов может анализироваться любой минерал на набор элементов-примесей с чувствительностью, не уступающей (за исключением индия) чувствительности количественного спектрального анализа, и допустимым коэффициентом вариации. При подсчете отношения концентрации какого-либо ( $i$ -го) элемента к концентрации элемента, взятого за основу, исходят из формулы

$$\frac{C_i}{C_{\text{осн.}}} = \left( \frac{C_i}{C_{\text{осн.}}} \right)_{\text{эл.}} \cdot \frac{\frac{I_i}{I_{\text{осн.}}}}{\left( \frac{I_i}{I_{\text{осн.}}} \right)}$$

считая, что  $C_i + C_{\text{осн.}} = 100\%$ , устанавливается процентное содержание  $i$ -го элемента в минерале [18]. Для каждого элемента при вычислении  $(C_i / C_{\text{осн.}})$  необходимо иметь спектр лишь одного элемента.

Прежде чем приступить к массовым микроспектральным анализам касситерита, была произведена проверка сходимости микроспектральных и количественных спектральных анализов, а также воспроизводимости и чувствительности микроспектрального анализа, давшая вполне удовлетворительные результаты [88]. Из табл. 1 видно, что лишь по индию чувствительность микроспектрального анализа на порядок ниже (0,001%) количественного спектрального. На основании проведенных исследований был сделан вывод о возможности применения микроспектрального анализа как ведущего, учитывая, что основной целью работы является выявление роли элементов-примесей в касситерите как индикаторов относительной глубины его кристаллизации. В процессе работы результаты микроспектрального анализа контролировались количественным спектральным методом. Проверка осуществлялась путем сравнения результатов пересчета тех и других анализов на условные глубины<sup>1</sup>;

<sup>1</sup> Об условных глубинах подробно говорится в разделе 3.

из 40 анализов лишь в пробах 4 и 28 (Прилож. 1) расхождение выразилось 23—25%, в остальных оно не превысило 11%, а в среднем 2—5%.

Подготовка проб касситерита к микроспектральному анализу заключалась в следующем. Шлих касситерита квартовался до навески 10—15 мг, рассеивался на фракции 0,25; 0,16; 0,1; 0,07; 0,041 мм, которые чистились в отдельности, затем соединялись и растирались в агатовой ступке до размера частиц  $\leq 0,001$  мм<sup>1</sup>. Каждая проба анализировалась три раза, и вычислялось среднее. Обычно результаты параллельных анализов не расходились между собой и только иногда появлялись "ураганные" содержания Ti, Cr, W, Zr — элементов, образующих самостоятельные минералы и входящих в касситерит в виде включений субмикроскопических размеров. В таких случаях параллельная проба из подсчета среднего содержания данного элемента исключалась.

Эталон для расчета содержаний элементов-примесей в пробах касситерита готовился путем смешения окислов определяемых элементов с основой (SnO<sub>2</sub>). В результате был получен эталон с заданной концентрацией элементов. Его корректировали путем многократного сравнения с пробами, содержание элементов-примесей в которых было известно по количественным спектральным и химическим анализам. Корректировка показала расхождения не более 20%, что позволяет использовать эталон для массовых анализов, учитывая цели и задачи проводимых работ.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 1. Выбор эталонных жил

Началом работ стало изучение сульфидно-касситеритовой жилы Геофизической Левицкого месторождения Кавалеровского района. В 1964 г. проводились детальные минералого-геохимические исследования, подтвердившие представления В.С. Лахнюка о проявленной здесь вертикальной зональности: в верхней части жилы располагаются преимущественно сульфидные руды с небольшим содержанием касситерита, а в нижней — кварц-хлоритовые, обогащенные оловом [144].

Анализ касситерита из различных горизонтов рассматриваемой жилы показал, что с глубиной количество In в нем проявляет тенденцию к увеличению, а Sc — к уменьшению. Позже подобная тенденция была отмечена и для некоторых других жил различных месторождений Кавалеровского района. Это и послужило поводом для более детального исследования поведения не только индия и скандия в касситерите в зависимости от относительной глубины его кристаллизации, но и других элементов-примесей, присутствующих в нем. Для этой цели было выбрано наиболее крупное и относительно глубоко вскрытое горными выработками месторождение Дубровское. Оно расположено среди юрско-нижнемеловых песчаников и сланцев и приурочено к мощной зоне смятия в осевой

<sup>1</sup> Размер частиц проверялся под микроскопом.

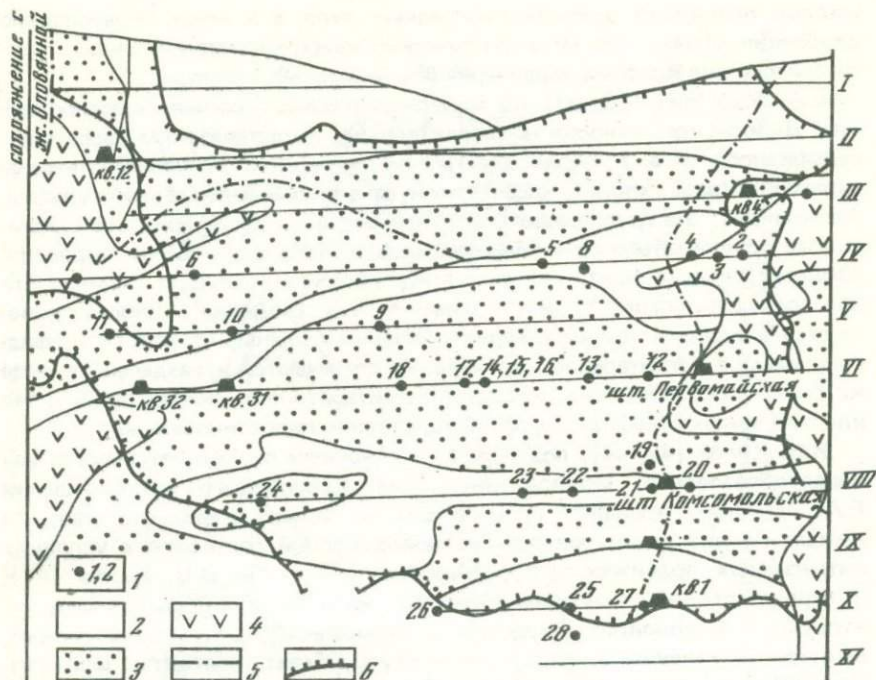


Рис. 2. Схематическая проекция на вертикальную плоскость жилы Молоковской Дубровского месторождения

1 — номера проб, 2 — алеволиты, 3 — песчаники, 4 — дорудные дайки, 5 — линии сопряжения, 6 — контуры богатых и средних руд [5]

части антиклинальной складки, вытянутой в меридиональном направлении.

На площади вскрываются небольшие дорудные интрузивные тела и разновозрастные дайки. В северной части месторождение перекрыто вулканитами верхнего мела — палеогена. Оруденение развивается по многочисленному и часто мелким, невыдержанным трещинам. Рудные тела представляют собой серию субпараллельных жил, вытянутых в северо-восточном направлении, падающих на юго-восток. Они обладают четкообразной формой, характеризующейся чередованием раздувов и пережимов. Нередко рудные тела расчленяются на ряд ветвей, которые через некоторые интервалы соединяются воедино или выклиниваются.

Не всегда рудные тела обладают четко выраженными зальбандами, так как они редко представляют собой типичные жилы выполнения; значительная роль здесь принадлежит метасоматическому способу образования минералов. Процесс метасоматического замещения происходит по мелким трещинкам чаще всего между сближенными более крупными рудовмещающими трещинами, где породы обычно раздроблены и рассланцованы. В участках сгущения тонких кварц-касситеритовых про-

жилков возникают штокверкообразные тела, а в зонах интенсивного дробления образуются метасоматические кварц-хлоритовые руды с касситеритом, для которых характерна брекчиевидная текстура.

Е.А. Радкевич [98, 99] по минералогическому составу месторождения Дубровское относит к характерным представителям касситерит-сульфидного типа, выделяя две группы минералов. К первой отнесены турмалин, кварц, хлорит, касситерит и, отчасти, наиболее ранний сульфид-арсенопирит; эта группа отвечает ранней кварцево-касситеритовой стадии. Вторая группа объединяет главную массу сульфидов — пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит, представляющих вторую стадию. Эти две последовательные стадии — отмечает Е.А. Радкевич — иногда проявляются в одних и тех же трещинах, образуя сложные кварцево-сульфидные жилы с касситеритом, но нередко встречаются и отдельно в виде кварцево-касситеритовых, кварцево-касситерито-хлоритовых рудных тел или массивных сульфидных, преимущественно пирротиновых жил.

И.Н. Кига́й [42, 44], подтвердив в основном последовательность минералообразования, установленную для Дубровского месторождения Е.А. Радкевич, разделяет весь процесс на четыре стадии, полагая, что каждая из них формировалась из новой порции растворов в условиях интенсивных подвижек и трещинообразования. По И.Н. Кигаю [42], в первую стадию отлагались турмалин, касситерит, серицит, кварц, во вторую — арсенопирит, пирротин и халькопирит, в третью — хлорит, сфалерит и галенит, в четвертую — кварц, пирит, кальцит и флюорит. Полностью разделяя точку зрения Е.А. Радкевич и И.Н. Кига́я в отношении последовательности выделения минералов, автор вслед за Е.А. Радкевич, а также геологами ГРП Б.А. Хиликом и В.В. Анаховым, более двадцати лет проработавшими на Дубровском месторождении, считает, что здесь существовала одна сульфидная стадия, идущая без значительного перерыва за кварц-касситеритовой. При этом процесс минералообразования был непрерывным, за исключением последней кальцит-кварц-флюоритовой ассоциации, отделенной от предыдущей стадии существенным дроблением.

В период сбора каменного материала наиболее доступными для опробования на Дубровском месторождении были жилы Молоковская, Оловянная, Туренко, № 18, Узловая-Фланговая, Ноябрьская. Пробы отбирались точечным способом из расчета примерно 1,5–2 кг на метровую мощность; в тех случаях, когда мощность жил была незначительной — пробы брали сплошной бороздой. Опробование старались осуществлять по сетке 40 × 40 м, но это не всегда удавалось, так как к моменту производства работ некоторые рудные тела в значительной степени были отработаны.

По глубине вскрытия, геолого-структурным данным и плотности опробования наиболее представительными оказались жилы Молоковская (рис. 2) и Оловянная (рис. 3), которые и были выбраны в качестве эталонных. В обеих жилах главную массу составляют руды, отложившиеся в полых трещинах и в меньшей степени — в результате метасоматического замещения. Поскольку вопросы зональности как в целом по Дубровскому месторождению, так и по жилам Молоковской и Оловянной очень

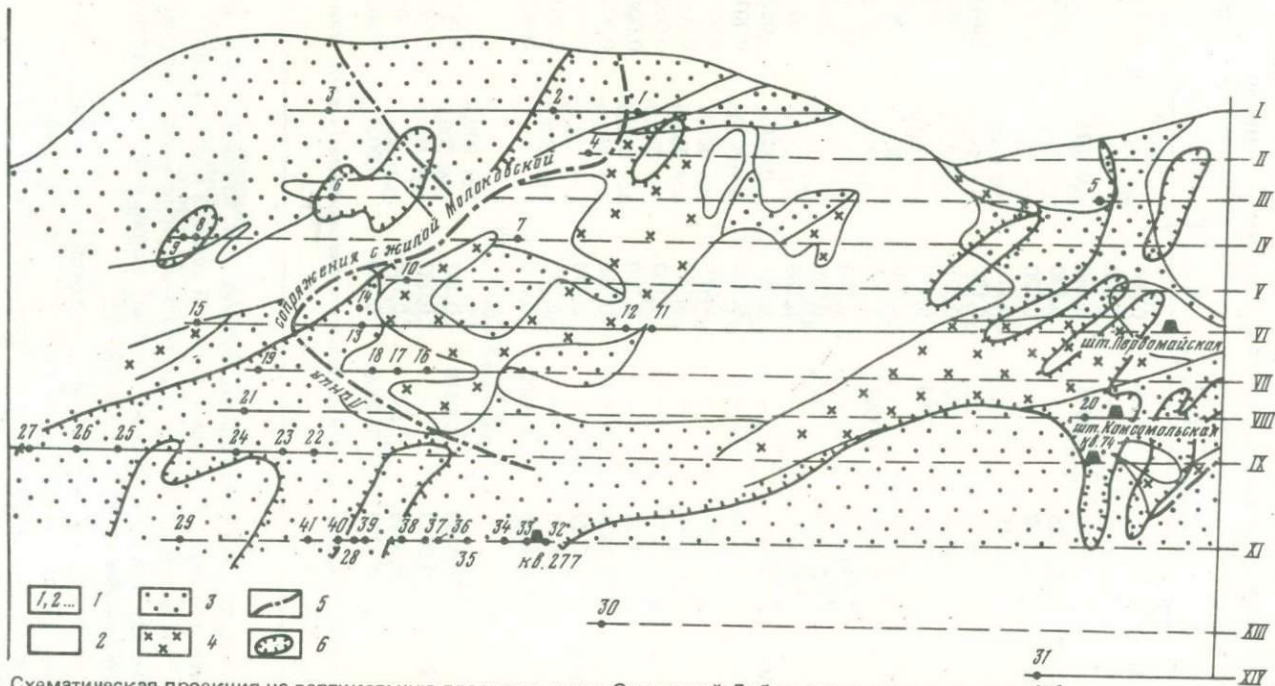


Рис. 3. Схематическая проекция на вертикальную плоскость жилы Оловянной Дубровского месторождения [5]

1 — номера проб, 2 — алевролиты, 3 — песчаники, 4 — фельзиты, 5 — линии сопряжения жил, 6 — контуры богатых и средних руд (по М.М. Николаеву)

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в касситерите жилы Молоковской Дубровского месторождения Кавалеровского рудного района (% массы)

Проба	Горизонт	In	Sc	W	Nb	V
1	III	0,0029	0,0004	0,084	—	0,0044
2		0,0016	—	0,160	—	0,0005
3		0,0020	0,0016	0,180	0,0071	0,0071
4		0,0025	—	0,430	—	0,0005
5	IV	0,0018	—	0,120	—	0,0016
6		0,0018	—	0,110	—	0,0099
7		0,0016	—	0,190	—	0,0005
8		0,0011	0,0003	0,078	0,0120	0,0072
9		0,0024	0,0004	0,470	—	0,0007
10	V	0,0079	—	0,520	—	0,0019
11		0,0027	0,0002	0,360	—	0,0025
12		0,0036	—	0,100	—	0,0017
13		0,0033	—	0,025	—	0,0009
14		0,0021	—	0,160	—	0,0019
15	VI	0,0018	—	0,051	0,0043	0,0028
16		0,0013	—	0,100	0,0016	0,0016
17		0,0095	—	0,046	—	0,0001
18		0,0019	—	0,160	—	0,0004
19	VII—VIII	0,0033	—	0,160	—	0,0005
20		0,0029	—	0,160	—	0,0010
21	VIII	0,0038	0,0001	0,053	—	0,0007
22	VIII	0,0029	—	0,040	—	0,0019
23		0,0055	—	0,021	—	0,0014
24		0,0056	0,0003	0,110	—	0,0014
Контрольные пробы						
25		0,0036	0,0019	0,047	—	0,0032
26	X	0,0013	—	0,062	—	0,0013
27		0,0036	сл.	0,180	—	0,0017
28		0,0055	0,0009	0,210	0,0037	0,0035

Примечание. Прочерк — здесь и далее отсутствие элемента (чувствительность см. в табл. 1).

детально рассмотрены в специальных работах И.Н. Кигая [41—45], отметим лишь, что для первой стадии, с которой связана подавляющая масса касситерита, характерна прямая вертикальная зональность отложения. К этому выводу пришли многие авторы, основываясь на различных методах исследования (4, 5, 31, с. 46, 48, 78).

На продольных проекциях жил Молоковской и Оловянной (рис. 2, 3) показаны пробы с касситеритом, а в табл. 2, 3 — содержание в них элементов-примесей. Пробы 25-28 из жилы Молоковской и 32-41 из жилы Оловянной были взяты позже в качестве контрольных и поэтому не учитывались при расчетах средних содержаний по горизонтам. Последующий анализ касситерита из этих проб подтвердил закономерность распре-

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
	0,0021	0,000 080	0,610	0,009	1,22	0,009
	0,0019	0,000 060	0,016	—	1,23	0,012
	0,0018	0,000 040	0,024	0,006	1,13	0,003
	—	0,000 080	0,007	0,002	3,01	0,007
	0,0009	0,000 027	0,012	—	1,14	0,002
	0,0090	0,000 023	0,160	0,012	2,00	0,009
	—	0,000 070	0,023	0,003	1,38	0,004
	0,0090	0,000 110	0,690	0,257	0,81	0,006
	0,0150	0,000 026	0,025	0,060	2,69	0,008
	—	0,000 140	0,024	—	2,63	0,004
	0,0200	0,000 046	0,650	0,540	1,19	0,010
	0,0013	0,000 080	0,037	0,150	3,66	—
	—	0,000 230	0,053	—	1,76	—
	0,0017	0,000 025	0,090	0,230	1,82	0,005
	0,0020	0,000 070	0,155	0,055	0,88	—
	—	0,000 070	0,052	0,010	0,75	—
	0,0018	0,000 130	0,006	—	2,31	—
	0,0031	0,000 025	0,005	—	1,94	0,004
	0,0018	0,000 400	0,006	—	1,83	0,004
	0,0010	0,000 195	0,020	0,003	1,42	0,002
	0,0009	0,000 130	0,013	—	1,28	0,007
	0,0019	0,000 170	0,024	—	2,40	—
	0,0003	0,000 130	0,010	—	2,44	—
	0,0013	0,000 170	0,024	—	1,47	—
Контрольные пробы						
	0,0012	0,000 180	0,073	—	1,80	—
	0,0014	0,000 263	0,095	—	1,20	—
	0,0015	0,000 150	0,092	—	1,82	—
	0,0027	0,000 090	0,102	0,022	1,94	—

ления элементов-примесей, отмеченную в жилах Оловянной и Молоковской, о чем будет сказано ниже.

Пробы по обеим жилам располагаются в основном в пределах промышленных контуров руд, но в жиле Молоковской они распределены относительно равномерно по всему рудному телу, а в Оловянной — сосредоточены главным образом в южной ее части ("южный" столб — по М.М. Николаеву). Оруденение как в той, так и в другой жилах локализовано в осадочных и магматических породах.

В табл. 2, 3 приведены только те элементы-примеси, которые встречаются в касситерите систематически. Ni, Co, Ga обнаруживаются в нем исключительно редко, а Pb, Zn, как показали детальные исследования.

Таблица 3

Содержание элементов-примесей в касситерите жилы Оловянной Дубровского месторождения Кавалеровского рудного района (% массы)

Проба	Горизонт	In	Sc	W	Nb	V
1		0,0043	—	0,590	—	0,0010
2	I	0,0025	0,0010	0,260	0,0100	0,0550
3		0,0022	0,0003	0,390	0,0035	0,0020
4	II	—	—	0,052	0,0050	0,0058
5		0,0029	0,0001	0,450	—	0,0038
6	III	0,0017	—	0,050	—	0,0046
7		0,0017	0,0001	0,200	0,0090	0,0110
8	IV	0,0060	0,0009	0,320	—	0,0041
9		—	—	0,290	0,0030	0,0050
10	V	—	0,0002	0,078	—	0,0042
11		0,0044	—	0,530	—	0,0005
12		0,0065	—	1,210	—	0,0013
13	VI	0,0011	—	0,160	—	0,0036
14		0,0029	—	0,450	0,0030	0,0087
15		0,0030	0,0010	0,180	0,0210	0,0030
16		0,0050	—	0,090	—	0,0030
17	VII	0,0051	—	0,650	—	0,0004
18		0,0056	—	0,750	—	0,0055
19		—	0,0008	0,053	0,0220	0,0190
20	VIII	0,0026	0,0001	0,330	0,0098	0,0022
21		0,0035	0,0001	0,620	0,0036	0,0020
22		0,0020	—	0,220	—	0,0041
23		0,0018	—	0,150	—	0,0026
24	IX	0,0008	—	0,120	—	0,0006
25		0,0190	—	0,920	—	0,0003
26		0,0010	—	0,120	—	0,0010
27		0,0020	—	1,090	0,0090	0,0085
28	XI	0,0028	—	0,470	—	0,0005
29		0,0061	—	0,230	—	0,0008
30	XIII	0,0530	—	0,104	—	0,0010
31	XIV	0,0036	—	0,290	—	0,0017
Контрольные пробы						
32		0,0031	0,0017	0,277	0,0090	0,0036
33		0,0030	—	0,230	сл.	0,0017
34		0,0037	—	0,110	—	0,0017
35		0,0029	0,0016	0,108	0,0097	0,0062
37	XI	0,0031	0,0004	0,183	0,0203	0,0034
38		0,0023	—	0,153	—	0,0010
39		0,0035	сл.	0,287	—	0,0014
41		0,0012	0,0034	0,132	0,0098	0,0086

Примечание. В пробах 36, 40 касситерит отсутствует.

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
	0,0010	0,000 031	0,010	—	1,91	0,009
	0,0125	0,000 017	0,390	0,007	0,87	0,006
	—	0,000 700	0,220	—	1,66	0,008
	0,0039	0,000 010	0,260	0,024	3,43	0,020
	0,0055	0,000 055	0,140	0,006	3,15	0,008
	—	0,000 170	0,450	0,015	2,54	0,016
	0,0110	0,000 043	0,150	0,029	0,86	0,007
	0,0070	0,000 300	0,090	0,012	1,76	0,008
	0,0060	0,000 040	0,920	0,038	0,80	0,027
	0,0110	0,000 040	0,580	0,580	6,96	0,013
	0,0002	0,000 420	0,170	0,006	1,46	0,019
	0,0016	0,000 090	0,025	—	2,45	0,019
	0,0019	0,000 020	0,056	—	4,66	0,016
	0,0013	0,000 030	0,087	0,004	2,68	0,008
	0,0030	0,000 200	0,184	0,012	1,95	0,033
	0,0006	0,000 200	0,002	—	2,56	0,007
	0,0001	0,000 120	0,001	—	4,40	—
	0,0020	0,000 090	0,120	0,013	2,67	—
	0,0042	0,000 040	0,250	0,009	2,28	0,016
	0,0012	0,000 053	0,410	0,050	1,30	0,008
	—	0,000 090	0,087	—	1,45	—
	0,0044	0,000 300	0,640	0,047	2,95	0,013
	—	0,000 080	0,031	—	5,40	0,021
	—	0,000 030	0,011	0,001	3,02	0,012
	0,0025	0,000 800	0,003	—	3,18	—
	0,0054	0,000 130	0,087	0,022	7,02	0,029
	0,0050	0,000 040	0,103	0,003	1,70	0,130
	0,0043	0,000 060	0,012	0,001	1,91	0,007
	—	0,000 130	0,021	—	1,00	—
	—	0,000 590	0,042	0,004	4,80	—
	0,0008	0,000 120	0,080	0,002	2,22	0,007
Контрольные пробы						
	0,0290	0,000 120	0,153	0,068	1,93	—
	0,0040	0,000 116	0,064	—	1,59	—
	0,0019	0,000 190	0,094	—	3,43	—
	0,0009	0,000 082	0,150	—	1,83	—
	0,0004	0,000 143	0,103	0,009	2,15	—
	0,0013	0,000 150	0,064	—	1,52	—
	0,0021	0,000 160	0,197	0,011	2,23	—
	сл.	0,000 069	0,250	0,004	2,09	—

3279



Таблица 4

Средние содержания элементов-примесей (% массы) в касситеритах по горизонтам жилы Молоковской Кавалеровского рудного района

Число проб	Горизонт (сверху вниз)	In	Sc	W	Nb	V	Cr
1	III	0,0029	0,0004	0,084	—	0,0044	0,0021
7	IV	0,0018	0,0003	0,181	0,0027	0,0039	0,0032
3	V	0,0043	0,0002	0,450	—	0,0017	0,0116
7	VI	0,0033	—	0,091	0,0008	0,0013	0,0014
1	VII—VIII	0,0033	—	0,160	—	0,0005	0,0018
5	VIII	0,0041	0,0001	0,076	—	0,0013	0,0011

Таблица 5

Средние содержания элементов-примесей (% массы) в касситеритах по горизонтам жилы Оловянной Кавалеровского рудного района

Число проб	Горизонт (сверху вниз)	In	Sc	W	Nb	V	Cr
3	I	0,0030	0,0004	0,413	0,0045	0,0193	0,0045
1	II	—	—	0,052	0,0050	0,0058	0,0039
2	III	0,0023	0,0001	0,250	—	0,0042	0,0027
3	IV	0,0025	0,0003	0,270	0,0040	0,0067	0,0080
1	V	—	0,0002	0,078	—	0,0042	0,0110
5	VI	0,0035	0,0002	0,506	0,0048	0,0034	0,0016
4	VII	0,0039	0,0002	0,385	0,0055	0,0070	0,0017
2	VIII	0,0030	0,0001	0,475	0,0067	0,0020	0,0006
6	IX	0,0044	—	0,436	0,0015	0,0028	0,0029
2	XI	0,0044	—	0,350	—	0,0007	0,0021
1	XIII	0,0530	—	0,104	—	0,0010	—
1	XIV	0,0036	—	0,290	—	0,0017	0,0008

входят в касситерит в виде механической примеси галенита и сфалерита, поэтому указанные пять элементов в число индикаторов относительной глубины рудообразования не включены.

Как видно из табл. 2; 3, отмечается некоторая тенденция к уменьшению с глубиной содержания в касситеритах обеих жил Sc, Nb, V, Ti, Cr и, наоборот, к увеличению In. Поведение остальных элементов невыразительное. Несколько более контрастно выглядит распределение элементов-примесей в табл. 4, 5, где приведены их средние содержания по горизонтам. Здесь более отчетливо наблюдается увеличение по падению рудных тел содержания в касситерите In и уменьшение Sc, Nb, Ti, V, Cr и, кроме того, отмечается тенденция к увеличению с глубиной количества Be и

Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Уровень	Интервал
0,000 080	0,610	0,009	1,22	0,009	1	Верхний
0,000 058	0,133	0,040	1,53	0,006	2	Средний
0,000 070	0,233	0,200	2,17	0,007	3	
0,000 090	0,056	0,064	1,87	0,001	4	
0,000 400	0,006	—	1,83	0,004	5	Нижний
0,000 159	0,018	0,001	1,80	0,002	6	

Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Уровень	Интервал
0,000 249	0,210	0,002	1,48	0,008	1	
0,000 010	0,260	0,024	3,43	0,020		Верхний
0,000 112	0,295	0,011	2,84	0,012	2	
0,000 127	0,387	0,026	1,14	0,014		
0,000 040	0,580	0,580	6,96	0,013	3	Средний
0,000 152	0,104	0,004	2,63	0,019		
0,000 112	0,093	0,005	2,97	0,006	4	
0,000 071	0,248	0,025	1,37	0,004		
0,000 230	0,150	0,012	3,87	0,034	5	Нижний
0,000 095	0,017	0,001	1,45	0,004		
0,000 590	0,042	0,004	4,80	—	6	
0,000 120	0,080	0,002	2,22	0,007		

Fe. Подобная тенденция не всегда, правда, достаточно строго выдержанная в отношении некоторых элементов, отмечается и на других месторождениях Кавалеровского района (Приложение 2). Так, anomalно по сравнению с жилами Оловянной и Молоковской ведут себя Fe и Be в жиле Балаганной, In — в жиле Геофизической и Nb — в жиле Узловой-Фланговой.

Однако, как показано ниже, отмеченные отклонения в общей, довольно отчетливой закономерности распределения элементов-примесей в касситерите в зависимости от относительной глубины его образования существенной роли не играют.

## 2. Вывод геохимических формул глубинности ( $\nu$ ) по эталонным жилам

Закономерное изменение содержания ряда элементов-примесей в касситеритах с глубиной позволило высказать предположение о том, что по падению в различных отрезках рудных тел отношения противоположно ведущих себя групп элементов-примесей должны отличаться друг от

Таблица 6. Средние содержания элементов-примесей в касситеритах по уровням "комбинированной" жилы (% массы)

Горизонт жил (сверху вниз)		Уровень	Интервал	Число анализов	In	Sc	W
Моолок-ская	Оловянная						
III	I, II	1	Верх-ний	5	0,0024	0,0003	0,27
IV	III, IV	2	Верх-ний	12	0,0021	0,0002	0,23
V	V, VI	3	Сред-ний	9	0,0034	0,0002	0,33
VI	VII, VIII	4	Сред-ний	13	0,0035	0,0001	0,24
VIII	IX	5	Ниж-ний	12	0,0043	0,0001	0,27
	XI, XIII	6	Ниж-ний	4	0,0164	0,0001	0,27
	XIV						

Таблица 7. Геохимические формулы глубинности ( $\nu_{1-16}$ ) и их числовые характеристики, выведенные по программе 061

Формулы и их номера	Интервалы	
	Верхний	Верхний переходный
$In^3/ScVTi$ (1)	$1,0 \cdot 10^{-2} - 4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2} - 3,4 \cdot 10^{-1}$
$In^3/V^2Ti$ (2)	$2,4 \cdot 10^{-4} - 1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$
$In^3/VTi^2$ (3)	$1,0 \cdot 10^{-5} - 4,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5} - 3,4 \cdot 10^{-4}$
$InBeFe/V^2Cr$ (4)	1,0 - 3,4	3,4 - 28
$In^2Be/ScVTi$ (5)	$8,0 \cdot 10^{-4} - 1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-2}$
$WFe^2/VTi^2$ (6)	$7,4 \cdot 10^{-2} - 2,7 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$
$W^2Fe/VTi^2$ (7)	$1,1 \cdot 10^2 - 3,8 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^2 - 2,7 \cdot 10^3$
$InFe^2/VTi^2$ (8)	6 - 24	24 - 256
$InWFe/VTi^2$ (9)	0,98 - 3,5	3,5 - 29
$In^2W/VTi^2$ (10)	$1,3 \cdot 10^{-3} - 4,4 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3} - 3,3 \cdot 10^{-2}$
$In^3/ScNbV$ (11)	0,91 - 3,9	3,9 - 23
$In^2W/ScNbV$ (12)	$1,0 \cdot 10^2 - 4,2 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^2 - 2,3 \cdot 10^3$
$InFe^2/NbTi^2$ (13)	$2,4 \cdot 10^1 - 4,4 \cdot 10^1$	$4,4 \cdot 10^1 - 2,6 \cdot 10^2$
$InWFe/NbTi^2$ (14)	3,6 - 6,2	6,2 - 28
$InW^2/NbTi^2$ (15)	0,5 - 0,8	0,8 - 3,2
$W^2Fe/NbTi^2$ (16)	410 - 680	$680 - 2,7 \cdot 10^3$

друга, если эта закономерность достаточно устойчива. Иными словами, если в числителе расположить содержания элементов-примесей, количество которых с глубиной увеличивается, а в знаменателе — уменьшается, то минимальные отношения будут в верхней, а максимальные — в нижней частях рудных тел. Намечившиеся закономерности в принципе увязываются с результатами многолетних исследований, ведущихся под

Nb	V	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
0,0037	0,0136	0,0040	0,000 17	0,30	0,0080	1,8	0,0089
0,0026	0,0046	0,0043	0,000 09	0,22	0,0352	1,7	0,0091
0,0029	0,0029	0,0060	0,000 11	0,20	0,1330	3,0	0,0102
0,0032	0,0032	0,0014	0,000 09	0,10	0,0398	2,1	0,0031
0,0008	0,0021	0,0021	0,000 21	0,09	0,0069	2,9	0,0194
0,0001	0,0010	0,0013	0,000 22	0,04	0,0018	2,5	0,0037

Интервалы		
Средний	Нижний переходный	Нижний
$3,4 \cdot 10^{-1} - 1,37$	1,37 - 4,7	$4,7 - 1,1 \cdot 10^3$
$2 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2} - 2,2 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-1} - 1,1 \cdot 10^2$
$3,4 \cdot 10^{-4} - 1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3} - 5,8 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3} - 2,95$
28 - 58	58 - 260	$260 - 7,3 \cdot 10^3$
$1,0 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2} - 2,2 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-1} - 15,3$
$2,5 \cdot 10^4 - 3,6 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^4 - 1,7 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^5 - 1,1 \cdot 10^6$
$2,7 \cdot 10^3 - 4,1 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^3 - 1,6 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4 - 1,2 \cdot 10^5$
256 - 526	$526 - 2,7 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^3 - 6,7 \cdot 10^4$
29 - 59	59 - 253	$253 - 7,4 \cdot 10^3$
$3,3 \cdot 10^{-2} - 9,7 \cdot 10^{-2}$	$9,7 \cdot 10^{-2} - 3,7 \cdot 10^{-1}$	$3,7 \cdot 10^{-1} - 49$
23 - 41,9	41,9 - 473	$473 - 4,4 \cdot 10^5$
$2,3 \cdot 10^3 - 2,9 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3 - 3,0 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4 - 7,3 \cdot 10^6$
$2,6 \cdot 10^2 - 5,3 \cdot 10^2$	$5,3 \cdot 10^2 - 7,1 \cdot 10^3$	$7,1 \cdot 10^3 - 6,7 \cdot 10^5$
28 - 59	59 - 660	$660 - 7,4 \cdot 10^4$
3,2 - 6,7	6,7 - 62	$62 - 8,1 \cdot 10^3$
$2,7 \cdot 10^3 - 4,1 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^3 - 4,2 \cdot 10^4$	$4,2 \cdot 10^4 - 1,2 \cdot 10^6$

Схема жилы	Разведочный горизонт	Уровень	Интервал
	I	1	Верхний
	II		
	III		
	IV	2	
	V		
	VI	3	
	VII		
	VIII	4	Нижний
	IX		
	XI	5	
	XIII		
	XIV	6	

Рис. 4. Схема программы 061 на примере жилы Оловянной Дубровского месторождения

руководством А.П. Соловова [116—121] с целью выявления слепых рудных тел по ореолам рассеяния. Поэтому мы сочли возможным применить программу 061, разработанную А.П. Солововым с соавторами [120]. Согласно этой программе все анализы по горизонтам обеих эталонных жил были объединены в шесть уровней (табл. 4, 5) и сгруппированы в три интервала [78], которые по данным геолого-маркшей-

дерской службы комбината соответствуют: верхний — началу рудного тела, средний — средней наиболее богатой его части, нижний — нижней части рудного тела (рис. 4). Обработка результатов микроспектральных анализов по программе 061 подтвердила отмеченную закономерность в распределении элементов-примесей, а также выявила некоторые детали (Приложение 3). Например, количество In с глубиной в той и другой жилах увеличивается в 100% монотонных геохимических показателях, W — в 81—86%, Fe — в 78—86%. Вe распределяется более направленно в Молоковской жиле, чем в Оловянной. По-разному ведет себя Cr: в жиле Молоковской его содержание по восстанию заметно убывает, а в жиле Оловянной — возрастает. Содержание Sc, V, Ti, Nb с глубиной в обеих жилах уменьшается.

В результате машинной обработки микроспектральных анализов было получено 29 общих для обеих жил монотонных геохимических показателей с возрастающей характеристикой — геохимических формул  $\nu$ . Для шести из этих формул числовые значения оказались очень близкими или одинаковыми [78, 80].

Опытная проверка и последующие работы над уточнением геохимических формул привели к необходимости создания единой генерализованной схемы рудной жилы "комбинированной", в которой учтены результаты анализов жил Молоковской и Оловянной. В табл. 6 показаны данные такой "комбинированной" жилы с сохранением шести уровней. При этом интервалы выделены не по геологическим данным, как это сделано в табл. 4 и 5, а по результатам обчета по программе 061 [89] раздельно для каждой из жил. Поэтому если по геологическим данным среднему интервалу (максимуму руды) жилы Молоковской соответствуют горизонты IV и V, а Оловянной — V, VI, то после обработки по программе 061 они несколько сместились вниз (табл. 6).

Из табл. 4–6 следует, что намечившаяся в жилах Молоковской и Оловянной тенденция изменения содержания ряда элементов-примесей к определенной закономерности сохраняется и в "комбинированной" жиле: в ней также содержание In, Fe и в какой-то мере W и Be в касситерите с глубиной стремится к увеличению, а Sc, Nb, V, Ti и Cr — направленно уменьшается.

Обсчет анализов, приведенных в табл. 6, на ЭВМ по программе 061 подтвердил выявленную закономерность в распределении элементов-примесей, что видно, из Приложения 3 (см. жилу "комбинированную")<sup>1</sup>. С учетом данных Прилож. 3 и рекомендаций авторов программы 061 [120] из 1050 монотонных геохимических показателей были выбраны 16, в которые вошли In, Fe, W, Ti, Sc, V, Nb, Cr, Be.

В табл. 7 приведены 16 геохимических формул ( $\nu_{1-16}$ ) глубинности с числовыми характеристиками, а на рис. 5 — их графическое изображение для определения уровня эрозионного среза рудных жил сульфидно-касситеритовых месторождений. Кривые построены в полулогарифмическом масштабе; слева показаны глубины ( $H$ ) в метрах и интервалы: верхний в пределах 60–153 м, верхний переходный — 153–222, средний — 222–264, нижний переходный — 264–342, нижний — 342–490 м. Глубина каждого из шести уровней, между которыми расположены интервалы, для "комбинированной" (эталонной) жилы подсчитана как средневзвешенное с учетом количеств характеризующих его анализов. Поэтому шести уровням (I–VI) соответствуют глубины 60, 153, 222, 264, 342, 490 м, а не кратные разведочным или нарезным горизонтам, т.е. 80, 160 и т.д.

В верхнем интервале все кривые обрываются на 60 м. Объясняется это тем, что самые верхние части жил Молоковской и Оловянной, принятых за эталонные, частично эродированы, вследствие чего пробы по ним отсутствуют. Однако незаконченность кривых в верхнем интервале принципиального значения не имеет, поскольку точки, расположенные выше 60 м, в любых случаях будут характеризовать именно верхние части рудных тел, при условии сохранения закономерности в распределении элементов-примесей в касситерите с глубиной. Нижняя граница — 490 м — по существу отвечает реальному окончанию "комбинированной" жилы, так как и Молоковская и Оловянная жилы соответственно на VIII и XIV горизонтах практически выклиниваются; ниже имеются лишь отдельные участки с промышленными рудами.

### 3. Методика работы с геохимическими формулами глубинности ( $\nu_{1-16}$ )

Методика применения геохимических формул глубинности с целью определения степени эродированности сульфидно-касситеритовых жил рассматривается на примере двух горизонтов жилы № 18 месторождения Дубровского.

<sup>1</sup> С глубиной содержание элементов, расположенных в числителе возрастает, а в знаменателе — уменьшается.

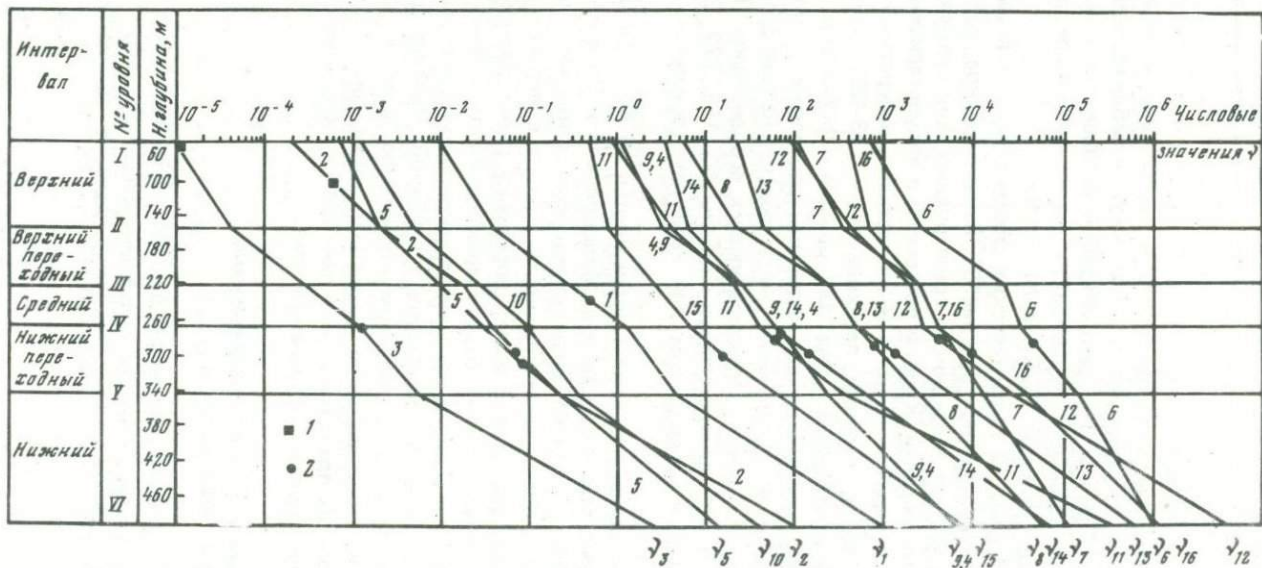


Рис. 5. Кривые геохимических формул  $V_{1-16}$  для определения глубины эрозионного среза сульфидно-касситеритовых шал 1 — горизонт III жилы № 18, 2 — горизонт XIII жилы № 18, 3 — номера формул  $V_{1-16}$

Подставляя средние результаты по горизонтам из табл. 8 в формулу (например, 6; табл. 7), находим числовые значения:

$$\frac{WFe^2}{VT^2} \cdot \begin{cases} \text{горизонт III} & \frac{0,222 \cdot 2,59^2}{0,0169 \cdot 1,102^2} = 72 \\ \text{горизонт XIII} & \frac{0,12 \cdot 1,19^2}{0,0011 \cdot 0,056^2} = 4,9 \cdot 10^4. \end{cases}$$

Полученные числовые значения записываются в таблицу 9, и затем по ним с соответствующей кривой (рис. 5,  $\nu_6$ ) снимаются условные глубины ( $H_6$ ) в метрике эталонной жилы. "Условными", т.е. выраженными в "метрике эталонной жилы", искомые глубины называются потому, что степень эродированности рудных тел определяется не в метрах, а как уже говорилось выше, по пятиинтервальной шкале. Глубина в абсолютных метрах, показанная на рис. 5, относится только к жиле эталонной (составленной из жил Оловянной и Молоковской). Для всех сравниваемых жил степень вскрытия (глубина эродированности или искусственного среза) определяется в условных метрах только в целях последующего перехода к интервалам.

В рассматриваемом примере условная глубина ( $H_6$ ) степени эродированности жилы № 18 на горизонте XIII, вычисленная по формуле 6, равна 278 м (рис. 5), а для III — выше 60 м, т.е. за верхним пределом графика. Подобным образом находят числовые значения для остальных 15 и затем выводят среднеарифметическую условную глубину ( $\bar{H}$ , см.; табл. 9).

Из табл. 9 и рис. 5 видно, что подавляющая масса точек XIII горизонта расположилась в области, соответствующей нижнему переходному интервалу. Наряду с этим имеются и отклонения. Так, одна из точек ( $\nu_1$ ,  $H_1 = 234$  м) находится в среднем интервале. Согласно таблице Диксона [96] эта точка была признана "ошибочной" (при допустимой вероятности равной 0,1) и не учитывалась при подсчете среднего арифметического значения глубины ( $\bar{H}$ ). В результате коэффициент вариации ( $\nu$ ) снизился с 7% до 5%, а среднее квадратичное отклонение ( $S_n$ ) уменьшилось с  $\pm 20$  до  $\pm 16$  м. Таким образом, подсчет по геохимическим формулам глубинности показал, что выработками, пройденными на горизонте XIII жилы 18 вскрыт в основном нижний переходный интервал, т.е. жила идет на выклинивание, что подтверждается данными разведки.

Однако не на всех участках жилы выработкой вскрыта одинаковая относительная глубина, как это следует из рис. 6. Здесь, согласно пересчетам по геохимическим формулам каждого анализа в отдельности, в точках 127, 126, 125, 122, 120, 119, 118, 117 (табл. 8, рис. 6) рудное тело либо выклинилось, либо на грани выклинивания, а ниже точек 123, 121, 115, 116 (на глубине) руды должны быть относительно богаче. Так, в точках 123, 121 вскрыт низ верхнего интервала, в точке 115 — середина верхнего переходного, а в точке 116 — верх верхнего переходного. В основном наш прогноз и по отдельным точкам не противоречит данным ГРП. Расходится он для точки 125, которая фактически располагается в

Таблица 8

Элементы-примеси (% массы) в касситерите двух горизонтов жилы 18 месторождения Дубровского Кавалеровского рудного района

Проба	Горизонт	In	Sc	W	Nb	V
1		0,0021	—	0,170	—	0,0021
2		0,0320	0,0025	0,009	0,0092	0,0160
3		0,0036	0,0026	0,196	—	0,0080
4		0,0057	0,0024	0,130	0,0092	0,0091
5		0,0100	0,0018	0,160	—	0,0054
6		0,0032	0,0019	0,090	0,0120	0,0110
7	III	0,0029	0,0083	0,079	0,0082	0,0087
8		0,0069	0,0006	0,190	0,0051	0,0074
9		0,0041	0,0021	0,270	0,0170	0,0090
10		0,0021	0,0020	0,110	0,0069	0,0140
11		0,0063	0,0049	0,070	0,0125	0,0130
12		—	0,0281	1,532	0,0389	0,1134
13		—	0,0009	0,016	—	0,0031
14		0,0034	0,0073	0,086	0,0160	0,0170
Среднее по III горизонту		0,0059	0,0047	0,222	0,0096	0,0169
127		0,0011	сл.	0,085	—	0,0004
126		0,0021	0,0001	0,159	—	0,0008
125		0,0039	—	0,267	—	0,0002
124		0,0009	—	0,087	сл.	0,0014
123		0,0010	0,0003	0,091	сл.	0,0014
122		—	0,0001	0,238	0,0021	0,0028
121	XIII	—	0,0009	0,080	0,0039	0,0024
120		0,0041	—	0,122	—	0,0003
119		0,0031	—	0,122	—	0,0012
118		0,0029	—	0,101	—	0,0006
117		0,0017	—	0,074	—	—
116		0,0011	0,0006	0,070	—	0,0021
115		сл.	—	0,072	—	0,0009
Среднее по XIII горизонту		0,0017	0,0002	0,120	0,0005	0,0010

богатых рудах, а по нашим данным — в области выклинивания рудного тела; вопрос уточнится после проходки соответствующих выработок.

Возвращаясь к данным горизонта III жилы № 18, отметим, что только  $\nu_2$  и  $\nu_3$  дали значимые числовые характеристики, позволившие снять с графиков условные глубины соответственно:  $H_2 = 110$  м и  $H_3 = 60$  м (см. табл. 9, рис. 5), по остальным формулам, как и по рассмотренной выше  $\nu_6$ , условные глубины располагаются за пределами кривых, т.е. выше 60 м. Это говорит о том, что горизонтом III вскрыто начало жилы № 18 (возможно, в некоторых участках "слепое"). Во всяком случае, на горизонте III жилы Молоковская и Оловянная вскрыты глубже, чем некоторые участки жилы № 18, что подтверждается и данными разведки.

	Cr	Be	Ti	Fe	$\bar{H}$ (м)	Интервал
	0,0020	0,000 230	0,085	1,73	255	Средний
	0,0019	0,000 400	0,140	2,74	272	Нижний переходный
	0,1700	0,000 230	1,609	2,76	↑	За графиком
	0,0160	0,000 210	0,320	1,93	153	Верхний
	0,0045	0,000 340	0,540	2,07	236	Средний
	0,1050	0,000 800	2,740	1,33		За графиком
	0,0036	0,000 370	0,510	1,17	↑	То же
	0,0220	0,001 700	0,710	4,74	172	Верхний переходный
	0,2600	0,000 470	2,670	8,86	↑	За графиком
	0,0028	0,000 042	0,450	0,76	↑	То же
	0,1700	0,000 210	1,003	2,95	↑	"
	0,0120	0,000 520	3,878	2,45	↑	"
	0,0046	0,000 150	0,430	1,63	↑	"
	0,0041	0,000 130	0,340	1,16	↑	"
	0,0370	0,000 414	1,102	2,59	↑	"
	0,0082	0,000 190	0,030	0,64	324	Нижний переходный
	0,0018	0,000 190	0,018	0,58	404	Нижний
	0,0044	0,000 300	0,010	1,13	448	То же
	0,0139	0,000 110	0,041	0,74	244	Средний
	0,0054	0,000 200	0,143	1,12	142	Верхний
	0,0020	0,000 017	0,039	0,52	300	Нижний переходный
	0,0218	0,000 120	0,100	1,05	150	Верхний
	0,0014	0,000 370	0,012	1,99	480	Нижний
	0,0004	0,000 280	0,056	1,72	355	То же
	0,0072	0,000 450	0,039	1,56	382	"
	0,0052	0,000 450	0,030	1,48	444	"
	0,0060	0,000 130	0,100	1,61	170	Верхний переходный
	0,0175	0,000 650	0,111	1,42	201	То же
	0,0073	0,000 270	0,056	1,19	286	Нижний переходный

В процессе работы с геохимическими формулами глубинности на многих сульфидно-касситеритовых жилах Кавалеровского и некоторых жилах Комсомольского районов было отмечено одно чрезвычайно важное обстоятельство: в зависимости от относительной глубины кристаллизации касситерита меняется не только количество в нем определенных элементов-примесей, но и их соотношение. Поэтому абсолютное содержание отдельных элементов не всегда является решающим для суждения о степени эродированности рудных жил, что хорошо видно из табл. 8. Например, в жиле № 18 на горизонте III количество In, W, Fe, Be больше, чем на XIII, что, на первый взгляд, противоречит основной закономерности, взятой за основу при выведении геохимических формул. Однако обра-

Таблица 9

Применение геохимических формул ( $\nu_{1-16}$ ) на примере жилы № 18 Дубровского месторождения Кавалеровского рудного района

Горизонт	$\nu$ , H (м)	Формула, номер								
		1 $\text{In}^3/\text{ScVTi}$	2 $\text{In}^3/\text{V}^2\text{Ti}$	3 $\text{In}^3/\text{VTi}^2$	4 $\text{InBeFe}/\text{V}^2\text{Cr}$	5 $\text{In}^2\text{Be}/\text{ScVTi}$	6 $\text{WFe}^2/\text{VTi}^2$	7 $\text{W}^2\text{Fe}/\text{VTi}^2$	8 $\text{InFe}^2/\text{VTi}^2$	9 $\text{InWFe}/\text{VTi}^2$
III	$\nu$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,6	$1,6 \cdot 10^{-4}$	72	6,2	1,9	0,16
	H	↑	110	60	↑	↑	↑	↑	↑	↑
XIII	$\nu$	0,53	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	70	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	700	70
	H	234	292	264	276	304	278	275	278	276

Таблица 9 (окончание)

Горизонт	$\nu$ , H (м)	Формула, номер								$\bar{H}$ (м)	$S_n$	V
		10 $\text{In}^2\text{W}/\text{VTi}^2$	11 $\text{In}^3/\text{ScNbV}$	12 $\text{In}^2\text{W}/\text{ScNbV}$	13 $\text{InFe}^2/\text{NbTi}^2$	14 $\text{InWFe}/\text{NbTi}^2$	15 $\text{JnW}^2/\text{NbTi}^2$	16 $\text{W}^2\text{Fe}/\text{NbTi}^2$				
III	$\nu$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	0,3	10	3,4	0,3	$2,4 \cdot 10^{-2}$	11	↑			
	H	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑				
XIII	$\nu$	0,1	60	$4,2 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	16	$1,1 \cdot 10^4$				
	H	264	276	276	295	294	295	296	283	±16	5	

Примечание. H — условные глубины в метрике "комбинированной жилы";  $\bar{H}$  — среднее арифметическое глубин в условных метрах;  $S_n$  — средняя квадратичная ошибка в условных метрах; V — коэффициент вариации в относительных %; стрелки вверх — числовые значения рас- полагаются за пределами графика.

щает на себя внимание в рассматриваемом случае совершенно закономерное резкое уменьшение с глубиной содержания Sc, Nb, V, Ti, Cr, количество которых на XIII горизонте примерно в 20 раз меньше, чем на III. В результате пересчета по геохимическим формулам, как уже отмечалось выше (табл. 9), было установлено, что III горизонтом вскрыта самая верхняя часть жилы № 18, а XIII — верх нижнего переходного (283 м), что в обоих случаях соответствует действительности. Подобные случаи не единичные: в жиле Геофизической месторождения Левицкого (Приложение 2) на верхнем горизонте больше W, чем на нижнем, в Узловой-Фланговой — на VIII горизонте нет Nb, а в жиле Южной на верхнем горизонте больше, чем на нижнем W, Fe. И вместе с тем во всех трех случаях относительные глубины  $\bar{H}$ , подсчитанные по геохимическим формулам, дают правильные, соответствующие действительному взаиморасположению горизонтов, результаты. Иногда отмечается даже почти полное совпадение расстояний между горизонтами и  $\bar{H}$ . Так, расстояние между штольнями 8 и 9 жилы Геофизической равно 100 м (ниже штольни 9 рудное тело практически выклинивается) и почти то же самое расстояние между условными глубинами (202–300 = 98 м). Примерно такое же соотношение и между горизонтами жилы Южной (Приложение 2).

Подобное соотношение между элементами-примесями в касситерите можно наблюдать не только в среднем по горизонтам, но часто и по отдельным пробам, взятым внутри горизонтов по простиранию рудных тел. Например, если сравнивать с эталонной жилой (табл. 6), то по высокому содержанию в пробах 3, 9, 11 (табл. 8) In (0,0036–0,0063%), W (0,196–0,270), Fe (2,76–8,86) можно заключить, что они характеризуют не III горизонт жилы № 18, а нижний и, наоборот, почти во всех пробах XIII горизонта этой же жилы меньше In, W, Fe — элементов, количество которых в эталонной жиле с глубиной увеличивается. Однако, благодаря резкому уменьшению на горизонте XIII, по сравнению с горизонтом III, Sc, Nb, V, Ti, Cr, подсчет по геохимическим формулам каждой пробы в отдельности дал результаты, соответствующие действительному положению горизонтов.

Об отклонениях от среднего уровня эрозионного среза (таблица 8) в точках 123, 121, 116, 115 на горизонте XIII говорилось выше; точки 1, 2, 4, 5, 8 на горизонте III характеризуют примерно среднюю часть отдельного рудного столба в жиле № 18, полностью отработанного и выклинившегося в пределах V–VII горизонтов.

О постепенном выклинивании по падению рудных тел с обособлением отдельных обогащенных участков говорит контрольное опробование эталонных жил. По Оловянной жиле дополнительно опробовался горизонт XI (рис. 3, табл. 3, пробы 32–41). В пробах 36, 40 касситерита не оказалось, пробы 33, 34, 38 относятся к нижнему переходному интервалу ( $\bar{H} = 331, 307, 316$  м), проба 39 — к среднему ( $\bar{H} = 246$  усл. м); пробы 32, 35, 37 — к верхнему и верхнему переходному ( $H = 162, 89, 162$  усл. м), а проба 41 — к самому верхнему интервалу. Однако в целом жила идет на выклинивание, хотя не исключено, что в отдельных участках оруденение на некоторую глубину может продолжаться. По Молоковской жиле (рис. 2, табл. 2, пробы 25–28) участки с возможным продолжением

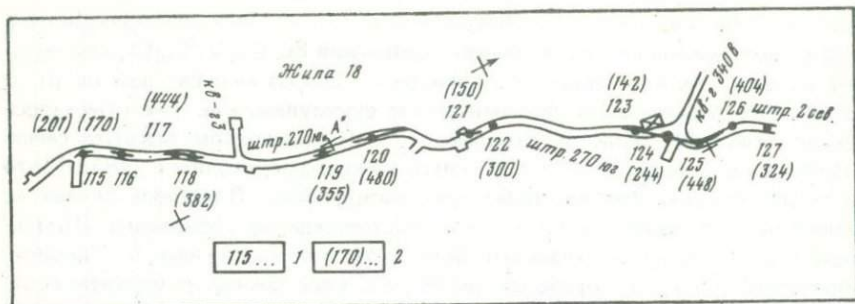


Рис. 6. Схема расположения проб в жиле № 18 Дубровского месторождения на горизонте XIII

1 — номера проб, 2 — условные глубины ( $H$ )

оруденения на глубину обособились в точках 25, 26 ( $\bar{H} = 192, 245$  усл. м), в точках же 27, 28 ( $\bar{H} = 291, 271$  усл. м) рудное тело идет на выклинивание, но и в этом случае отдельные, обогащенные участки могут продолжаться и глубже.

При пользовании рекомендуемой методикой необходимо учитывать следующее.

1. Метод не может рассматриваться как универсальный, единственно правильно отвечающий на вопрос о степени эродированности рудных тел. Он используется как дополнительный в комплексе с другими геолого-структурными и геофизическими данными.

2. При использовании рекомендуемой методики следует иметь в виду относительность получаемых результатов, поскольку она не дает количественной оценки масштабам рудных тел и содержанию в них олова. Вместе с тем определенную помощь в прогнозировании при разведке на глубину методика может оказать.

В табл. 10 приведены основные варианты, которые могут встретиться в практике, при условии, что в любом из них геолог располагает хотя бы минимальным количеством анализов, дающих представление о содержании в данной точке, или серии точек, олова. Изложенными вариантами далеко не исчерпывается все разнообразие встречающихся в геологической практике случаев, их очень много и каждый требует особого подхода, а главное тщательного учета всех геологических данных. Ряд таких конкретных случаев будет рассмотрен в разделе "Применение геохимических формул".

3. В пробах касситерита нередко отсутствуют некоторые элементы, входящие в геохимические формулы глубинности; преимущественно это Sc, Nb, V, In, а иногда сразу несколько из них, что вызывает затруднения, так как лишает возможности использовать часть формул. Особенно это касается In, который входит в 13 формул из 16. В таких случаях поступали двояко: заменяли соответствующий элемент 1/10 его чувствительности (см. табл. 1) и считали по всем формулам, либо использовали только те из них, в которые этот элемент не входит. Практика показала, что расхождения между результатами подсчета тем и другим приемом

Таблица 10

Возможные варианты оценки перспектив сульфидно-касситеритовых жил на глубину по  $\nu_{1-16}$

Интервал	Качество руд	Рекомендация
Верхний	Забалансовые	1. Разведывать осторожно на глубину редкой сетью выработок
	Балансовые	2. Разведывать смело на глубину
Средний	Забалансовые	3. Не разведывать
	Балансовые	4. Разведывать, не рассчитывая на большую глубину
Нижний	Забалансовые	5. Не разведывать
	Балансовые	6. Разведывать осторожно, не рассчитывая на большую глубину

оказывались незначительными, не влияющими на конечный итог. Поэтому в дальнейшем использовались тот и другой приемы: если отсутствовало несколько элементов, то они заменялись 1/10 чувствительности анализа на этот элемент, а "след" — половинной долей, а если отсутствовал только один — считали по формулам, в которые он не входит. Иногда для контроля пользовались обоими приемами.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ ( $\nu_{1-16}$ )

Применение геохимических формул рассматривается на ряде оловорудных жил преимущественно сульфидно-касситеритового состава из различных месторождений Советского Союза. Также приводятся результаты исследований возможности использования элементов-примесей в касситерите из вмещающих пород.

#### Распределение элементов-примесей в касситерите из вмещающих пород

При отборе проб по некоторым жилам одновременно опробовались и вмещающие породы на расстоянии до 0,5 м от жил. Касситерит во вмещающих породах оказался лишь близ трех жил одного месторождения Кавалеровского района.

Сравнивая средние содержания (Приложение 4) элементов-примесей в касситеритах по горизонтам и интервалам можно отметить следующее.

По жиле Первой расхождение в содержании элементов-примесей в касситеритах из жильной массы и вмещающих пород между горизонтами II, VII довольно значительное и особенно по Fe, Ti, Nb, In; на IX горизонте оно несколько выравнивается, а на XI—XIII количество элементов-примесей в касситеритах из жильной массы и вмещающих пород близко. Вместе с тем несмотря на указанные различия, средние условные глубины практически равны для проб, взятых из жилы и вмещающей породы. Так, на го-

ризонте VII, например, в обоих случаях интервал выше верхнего, хотя резко расходятся анализы по содержанию In (0,0032—0,0007), Fe (2,73—1,53), Ti (0,33—0,146) и др. Здесь обращает на себя внимание, что в соотношениях элементов-примесей в касситеритах из жильной массы и вмещающих пород отмечается заметная пропорциональность, вследствие чего и условные глубины для горизонтов II и VII соответственно одинаковые: на горизонте VII, например, в касситерите из жильной массы больше, чем в касситерите из вмещающей породы In, W, Cr, Be, Fe и меньше Sc, Nb, V, Ti, в результате чего соотношение элементов практически одинаковое; на горизонтах IX, X, XIII содержания элементов-примесей в касситеритах из вмещающих пород и жильной массы (на одних и тех же горизонтах) близкие, поэтому и средние условные глубины также почти одинаковые. Примерно такое же положение отмечается и по жиле Второй. По жиле Третьей наибольшее расхождение в содержаниях элементов-примесей в касситеритах из жильной массы и вмещающей породы отмечается на горизонтах XI, XIII, однако разница эта невелика и относительные глубины располагаются в пределах одних и тех же интервалов.

Таким образом, из 12 изученных горизонтальных сечений по всем трем жилам оказалось, что во всех случаях элементы-примеси в касситеритах из рудных жил и вмещающих пород в пределах одного и того же горизонта ведут себя практически одинаково, характеризуя близкие условные глубины, располагающиеся в пределах одних и тех же или близких интервалах. Максимальные расхождения относятся к глубоким горизонтам (X, XIII), что, вероятно, связано с изменением условий рудообразования на глубине.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что для определения глубины эрозийного среза может быть использован касситерит не только непосредственно из жилы, но и из вмещающих пород. Это обстоятельство особенно важно иметь в виду на самых ранних этапах поисково-ревизионных работ, когда еще трудно вообще определить морфологию рудного тела по ограниченному количеству выработок, а иногда отличить само рудное тело от вмещающих пород.

**Жила Геофизическая Левицкого месторождения.** Геофизическая жила залегает в терригенных отложениях флишоидного типа с редкими мало-мощными горизонтами кремнисто-пепловых туфов и спилитов. Она представляет собой довольно выдержанное типичное сульфидно-касситеритовое рудное тело субмеридионального простирания со сравнительно постоянными элементами залегания, но крайне неравномерным "мозаичным" распределением отдельных минералов и их парагенезисов.

Главные минералы, слагающие рудную жилу, объединены в два ранних минеральных парагенезиса [71]. Первый кварц-хлоритовый парагенезис представлен кварцем, хлоритом, турмалином, касситеритом, шеелитом, гематитом, за которыми, после незначительного узколокального дробления, следуют минералы второго парагенезиса — колчеданно-полиметаллического, представленного арсенопиритом, сфалеритом, пирротином, галенитом, стanniном, халькопиритом. Кроме того, в жиле широко развиты гистерогенные минералы (пирит, марказит, магнетит, сидерит),

образовавшиеся метасоматическим путем [50]. Позже, уже после внедрения верхнепалеогеновых базальтовых даек, происходило образование небольших трещин и заполнение их кварц-флюоритовым агрегатом, содержащим иногда обломки рудных минералов.

Вследствие наложения одного минерального парагенезиса на другой, как отмечалось выше, наблюдается весьма неравномерное распределение слагающих жилу минералов. Вместе с тем при весьма неоднородном составе руд в жиле довольно четко проявлена вертикальная зональность, отмеченная еще до постановки наших работ геологами В.С. Лахнюком и Е.П. Сапрыкиным: в верхних горизонтах преобладают сульфиды — пирротин, галенит, сфалерит, реже халькопирит и арсенопирит с незначительным содержанием касситерита, которые в нижних горизонтах постепенно сменяются малосульфидными, кварцево-хлоритовыми рудами с касситеритом (рис. 7).

Элементы-примеси в рудных минералах жилы Геофизической изучались в 1964 г. [144], но из-за отсутствия необходимой аналитической базы определялись лишь немногие из них. Отмечалась тенденция к увеличению с глубиной содержания In в касситерите и пирротине и к уменьшению Sc в касситерите, Bi в пирротине, In, Cd в сфалерите и Bi, Ag в галените. По данным 1968 г. в отрезке 180—320 м почти все элементы ведут себя крайне хаотически, образуя некий "всплеск": содержание Bi в пирротине резко уменьшается, а In в сфалерите и Bi, Ag в галените — увеличивается. К этому же отрезку приурочено наличие висмут-содержащего минерала в пирротине, а гафния и лантана в касситерите. Все это до проходки штольни 9 (рис. 7) объяснялось тем, что отрезок 180—320 м является зоной перехода от преимущественно сульфидных руд в верхней части рудного тела в кварцхлоритовые — в нижней. Позже проходкой штольни № 9 было установлено, что этот отрезок является не только зоной перехода, а представляет и зону наиболее богатого оловянного оруденения и что ниже этой штольни оруденение становится беднее. Исследование касситеритов из штолен 8, 9, проведенное в 1975—76 гг., подтвердило увеличение в нем с глубиной In и уменьшение Sc и выявило, что другие элементы ведут себя примерно так же, как и в жиле "комбинированной": с глубиной несколько повышается содержание в касситерите Fe, Be и понижается V, Ti, Cr и лишь W ведет себя аномально. Подсчет по  $\nu_{1-16}$  (табл. 11) показал, что  $\bar{H}$  для горизонта 180 м составляет 202 м, а для горизонта 280 м равно 300 м, что характеризует соответственно середину верхнего переходного и середину нижнего переходного интервалов. На глубине 280 м рудное тело в общем проявляет тенденцию к постепенному выклиниванию, за исключением лишь отдельных его участков. Так, по данным пробы 1 следует, что в этом месте рудное тело выклинивалось<sup>1</sup> уже на горизонте штольни 8 ( $\bar{H} = 422$  м), что подтверждается и опробованием (содержание олова в этом участке равно 0,08%), и отсутствием касситерита в пробе 13. То же самое относится к отрезку между пробами 8—9: выклинивание рудного тела здесь подтверждается отсутствием касситерита в пробе 20 и пробой 21

<sup>1</sup> Из-за отсутствия In, Nb анализы пробы 2 по формулам не рассчитаны.

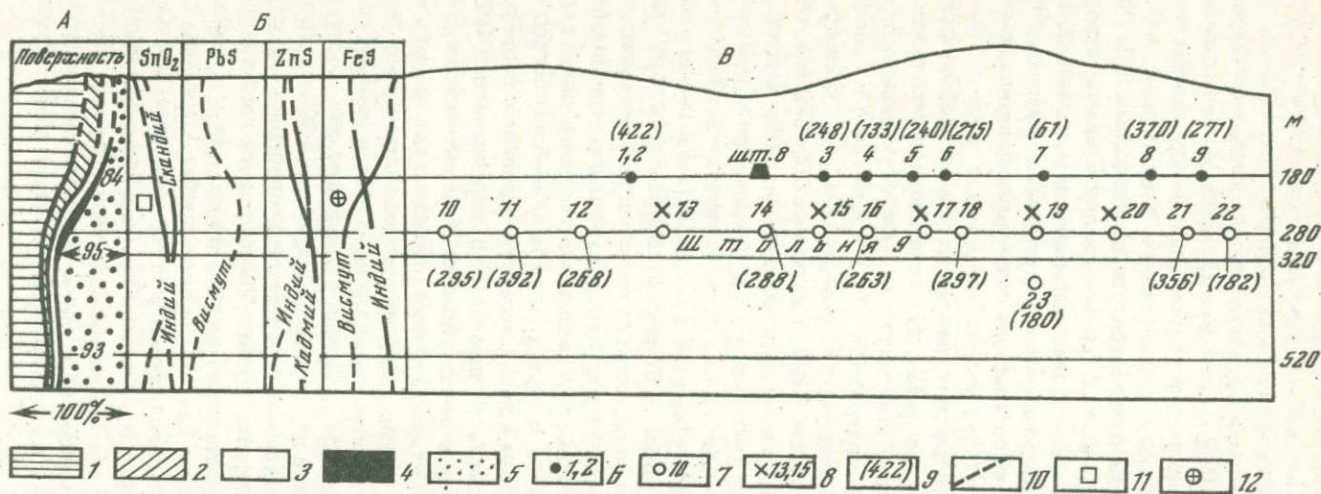


Рис. 7. Схема изменения соотношений рудных минералов по падению жилы Геофизической Левицкого месторождения (горизонтальный масштаб искажен) (А); Б — изменение содержания элементов-примесей в главных минералах по падению жилы; В — схематическая продольная проекция жилы на вертикальную плоскость

1 — пирит, пирротин; 2 — сфалерит; 3 — арсенопирит, галенит; 4 — касситерит; 5 — алевролит, хлорит, кварц; 6, 7 — места взятия и номера проб на глубинах 180 и 280 м; 8 — касситерит в пробе не обнаружен; 9 — условные глубины (Н); 10 — кристаллы, построенные по ограниченному количеству проб; 11, 12 — в интервале 180—280 м установлены: в касситерите — лантан и гафний (11), в пирротине — висмутсодержащий минерал (12)

( $\bar{H} = 356$ ). Проба 22 — единственная на горизонте 280 м, характеризующая середину верхнего переходного интервала, но она находится на расстоянии около 300 м от проб 9, 21, и поэтому ее данные не показательны (на рис. 7 проба 22 показана условно).

В заключение о жиле Геофизической необходимо отметить следующее.

1. Во всех пробах касситерита, независимо от относительной глубины его кристаллизации, отсутствует Nb; остальные элементы, за небольшим исключением (W, Cr), распределяются в общем так же, как в касситеритах эталонной "комбинированной" жилы.

2. В верхней части зоны перехода преимущественно сульфидных руд с небольшим содержанием касситерита в более богатые кварц-хлорит-касситеритовые почти все элементы-примеси в минералах образуют некий пик (рис. 7), и здесь же в касситерите установлены гафний и лантан, а в пирротине — висмутсодержащий минерал. По-видимому, здесь оказывают влияние оба фактора: и зона перехода и повышенное содержание олова несколько ниже этой зоны (средний интервал 180—280 м). Аналогичное явление было описано на Северо-Акатуевском полиметаллическом месторождении — содержание элементов-примесей повышается на участке, где наблюдается изменение морфологии рудного тела с увеличением его мощности и содержания в перегибе по падению (126).

**Жилы № 48, 17 месторождения Хрустального.** Площадь месторождения сложена в основном песчано-сланцевыми и лишь в незначительной степени вулканогенно-осадочными породами. Осадочная толща, смятая в складки, осложнена многочисленными трещинами различного направления. Жилы (рис. 8) имеют северо-западное простирание, крутое падение и секущее положение относительно осадочных пород.

Жила № 48 на XV горизонте охарактеризована четырьмя пробами, но в одной из них касситерита не оказалось (рис. 8). В пробах не обнаружены Sc и Nb и установлены относительно повышенные содержания In, W, Be, Fe. Пересчет по  $\nu_{1-16}$  показал выклинивание рудного тела, что отвечает фактическим данным.

По жиле № 17 взяты 13 проб, из которых в двух касситерит не обнаружен (рис. 8). Содержание и соотношение элементов-примесей в касситеритах из различных участков жилы неодинаковые, вследствие чего и степень вскрытия ее, подсчитанная по  $\nu_{1-16}$  различная. Так, если сравнивать условные глубины (табл. 12, рис. 8) в точках 13, 14, 9 ( $\bar{H} = 343, 365, 270$  м) с условными глубинами в точках 7, 8, 12 ( $\bar{H} = 60, 96, 20$  м), то легко заметить отсутствие в первой группе Sc и Nb, несколько меньшее содержание, чем в остальных пробах Ti и V, в то время как во второй группе присутствуют все эти элементы и несколько более высокое содержание Ti. Образцы 4—6, обособившиеся по простиранию в отдельную группу, занимают промежуточное положение: по отсутствию Nb, а в пробе пятой и Sc они ближе к среднему и нижнему интервалам, а по  $\bar{H}$  — к верхнему переходному (пробы 5, 6). В целом горизонтом XV вскрыта нижняя часть верхнего интервала ( $\bar{H} = 152$  м), но по простиранию жила обнажена весьма неравномерно: точки 5—8 относятся к среднему и верхнему переходному интервалам и следовательно ниже

Таблица 11

Среднее содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите из жилы Геофизической Левицкого месторождения Кавалеровского района

Элемент	Глубина от поверхности, м		$\bar{H}$ (м)	
	180	280	180	280
In	0,0017	0,0077		
Sc	0,0017	0,0004		
W	0,318	0,231		
Nb	—	—		
V	0,0037	0,0031	202	300
Cr	0,0203	0,0062		
Be	0,000 114	0,000 150		
Ti	0,111	0,107		
Fe	1,67	1,94		

Таблица 12

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите из жил 48, 17 на горизонте XV Хрустального месторождения Кавалеровского района и результаты их пересчета по  $\nu_{1-16}$

Проба	In	Sc	W	Nb	V
Жила 48					
1	0,0026	—	0,280	—	0,0013
2	0,0027	—	0,140	—	0,0013
3	0,0049	—	0,260	—	0,0008
Среднее	0,0034	—	0,227	—	0,0011
Жила 17					
4	0,0040	0,0036	0,130	—	0,0048
5	0,0025	—	0,140	—	0,0088
6	0,0016	0,0032	0,250	—	0,0066
7	0,0009	0,0009	0,240	0,0019	0,0051
8	0,0014	0,0013	0,140	0,0011	0,0083
9	0,0013	—	0,180	—	0,0025
10	—	—	0,220	—	0,0016
11	—	—	0,230	—	0,0031
12	0,0016	0,0012	0,130	0,0099	0,0058
13	0,0021	—	0,280	—	0,0020
14	0,0013	—	0,130	—	0,0024
Среднее	0,0015	0,0009	0,188	0,0013	0,0046

могли бы быть более богатые руды, а точки 9, 13, 14 характеризуют нижнюю, практически выклинившуюся, часть рудного тела.

Разведка жил № 48 и 17 на глубину показала, что ниже горизонта XV залегают непромышленные руды. При этом в отрезке между пробами 5—8 жила распалась на ряд мелких маломощных ветвей, хотя и содержащих повышенные количества олова, но по размерам не заслуживающих дальнейшей отработки; то же самое относится и к пробе 12. В пробах 10, 11 не обнаружены In, Sc, Nb, поэтому пересчет по  $\nu_{1-16}$  по ним не производился. На примере жилы № 17 особенно ясно видно, что рекомендуемый геохимический метод прогнозирования не может быть применен в отрыве от всего, имеющегося в наличии, комплекса геологических сведений и особенно данных опробования.

**Жила № 18 Дубровского месторождения.** На отклонение от установленной направленной закономерности распределения элементов-примесей в касситерите, помимо факторов, отмеченных при рассмотрении жилы Геофизической Левицкого месторождения, влияют и другие причины. Особенно беспорядочно изменяется поведение элементов-примесей в касситерите в участках сопряжения между отдельными рудными телами, что хорошо прослеживается на примере жилы № 18.

Жила № 18 имеет небольшие апофизы, а также к ней по падению и просиранию причленяется ряд рудных жил различного размера, из которых

Cr	Be	Ti	Fe	$\bar{H}$ (м)	Интервал
Жила 48					
0,0030	0,000092	0,036	1,60	377	Нижний
0,0052	0,000200	0,012	1,56	424	— " —
0,0045	0,000410	0,013	1,47	460	— " —
0,0042	0,000234	0,020	1,54	424	— " —
Жила 17					
0,0050	0,000062	0,073	1,19	241	Средний
0,0045	0,000021	0,072	0,44	197	Верхний переходный
0,0058	0,000049	0,092	1,71	184	— " —
0,0270	0,000056	0,160	1,12	60	Верхний
0,0047	0,000025	0,095	0,70	96	— " —
0,0032	0,000093	0,067	1,08	270	Нижний переходный
0,0092	0,000027	0,053	1,12		Из-за отсутствия In, Sc, Nb пересчет не производился
0,0079	0,000068	0,120	1,28		
0,0028	0,000069	0,220	1,10	20	За пределом графика
0,0032	0,000084	0,048	1,10	343	Нижний
0,0044	0,000040	0,014	0,96	365	"
0,0071	0,000054	0,092	1,08	152	Верхний

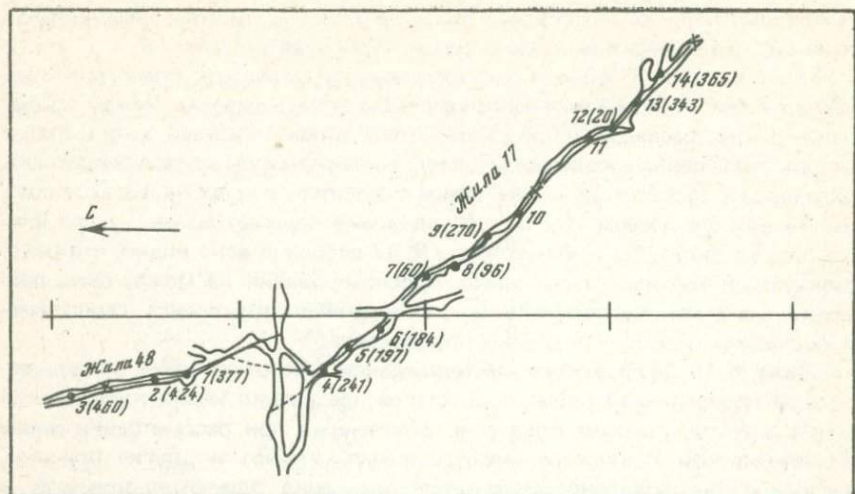


Рис. 8. Схема расположения проб в жилах № 17, 48 Хрустального месторождения на горизонте XV

В скобках условные глубины (H); крестик — пробы без касситерита

наиболее крупные № 35 и Туренко. Сопоставляя данные табл. 13 и рис. 9 легко заметить, что примерно до V горизонта, т.е. сопряжения жилы № 18, Туренко и № 35, элементы-примеси в касситерите распределяются так, что их соотношение соответствует верхнему интервалу, вследствие чего и условные глубины характеризуют действительный уровень вскрытия (за исключением проб 1—5) жилы № 18; на горизонтах III—V руды бедные. Наиболее богатые руды (средний интервал) по данным геолого-маркшейдерской службы располагаются примерно в пределах

Таблица 13

Средние содержания элементов-примесей (% массы) в касситерите по горизонтам жилы 18 и результаты их пересчета по  $\nu_{1-16}$

Горизонт	Число проб	In	Sc	W	Nb	V
III	14	0,0059	0,0047	0,222	0,0096	0,0169
IV	9	0,0014	0,0013	0,141	0,0128	0,0171
V	3	0,0032	0,0013	0,170	0,0076	0,0065
VI	15	0,0056	0,0019	0,084	0,0053	0,0070
VII	14	0,0041	0,0053	0,213	0,0145	0,0130
VIII	17	0,0040	0,0029	0,164	0,0055	0,0062
IX	20	0,0063	0,0009	0,212	0,0047	0,0054
X	10	0,0066	0,0015	0,177	0,0024	0,0031
XI	12	0,0060	0,0009	0,255	0,0053	0,0035
XIII	13	0,0017	0,0002	0,120	0,0005	0,0011

VI–IX горизонтов, что по нашей схеме (рис. 5) должно соответствовать среднему интервалу, ограниченному 220–260 метрами. Однако подсчет по  $\nu_{1-16}$  дал не средний (богатый), а верхний и верхний переходный интервалы:  $\bar{H} = 124, 95, 22, 112, 205$  м. Такое несоответствие объясняется наличием именно в этой области сопряжения жил № 18, Туренко, № 35. При этом влияние сопряженности прослеживается на довольно большую глубину примерно до горизонта IX. Лишь на горизонте XIII результаты геохимического прогнозирования совпадают с фактическими данными — здесь жила № 18 практически выклинивается.

Таким образом, сопряжение жил существенно нарушает распределение элементов-примесей в касситерите, а следовательно, и искажает фактическое положение среднего интервала: вместо 220–260 м участок богатых руд жилы № 18 (VI–IX горизонты) оказался в пределах 95–205 м, т.е. ближе к верхнему интервалу.

В касситерите жилы № 18 особенно заметно изменение содержания In, Sc, Nb в зависимости от места его кристаллизации. Так, In чаще всего отсутствует в касситерите III, IV, V горизонтов (Приложение 5), а Sc, Nb — на VIII, IX, X, XI и практически во всех пробах XIII горизонта, что полностью соответствует поведению этих элементов в эталонной жиле. При этом, как правило, Sc и Nb отсутствуют в тех пробах касситерита, которые относятся к нижним частям рудного тела и согласно расчету по  $\nu_{1-16}$ , и фактически, что видно из Прилож. 5 (горизонты VIII–XIII). Значительно меньше Sc и Nb или совсем их нет в касситеритах из фланговых частей рассматриваемой жилы: нет Sc и Nb в пробах 1 (гор. III), 27 (гор. VI), 73 (гор. IX), 113, 114 (гор. XI), взятых из мест выклинивания жилы по простиранию.

Сопряжение рудных тел отражается на распределении элементов-примесей в касситерите не только по падению, но и по простиранию рудных тел. Это видно из сопоставления данных Прилож. 5 с рис. 9. Например,

	Cr	Be	Ti	Fe	$\bar{H}$ (м)	Интервал
	0,0370	0,000 414	1,102	2,59	↑	За графиком
	0,0070	0,000 280	0,056	1,24	↑	То же
	0,0091	0,000 300	0,178	1,58	124	Верхний
	0,0088	0,000 523	0,347	1,66	95	То же
	0,0062	0,000 484	0,322	1,51	22	За графиком
	0,0099	0,000 483	0,194	1,16	112	Верхний
	0,0137	0,000 527	0,184	1,76	205	Верхний переходный
	0,0015	0,000 471	0,078	1,53	260	Средний
	0,0031	0,000 641	0,164	1,62	225	То же
	0,0073	0,000 270	0,056	1,19	286	Нижний переходный

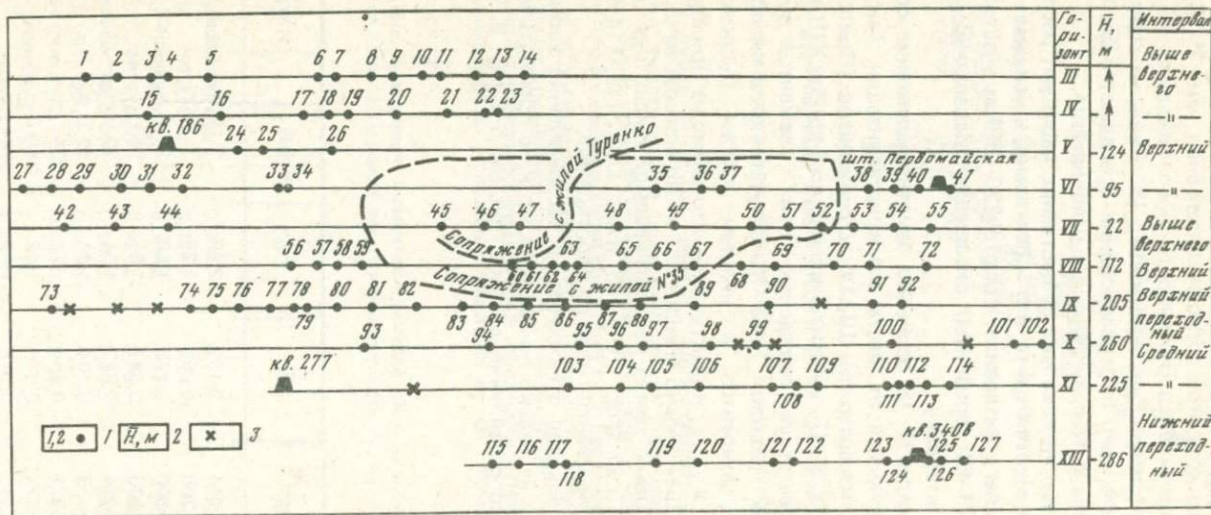


Рис. 9. Схематическая проекция на вертикальную плоскость жилы № 18 Дубровского месторождения  
 1 — номера проб, 2 — средние условные глубины по горизонтам, 3 — пробы без касситерита

по горизонту VIII близ линии сопряжения жилы № 18 с жилой Туренко расчет по  $v_{1-16}$  отдельных анализов показал самые разнообразные относительные глубины, начиная с  $\bar{H} = 430$  м (пр. 56) до "за графиком" (пробы 70, 71), хотя руды здесь богатые. То же наблюдается и по горизонтам X, XI, удаленным от линии сопряжения на 40–80 м. И только на горизонте XIII все пробы, отобранные по простиранию рудного тела, дали близкие между собой и соответствующие данным разведки результаты.

Выклинивание рудных жил обычно происходит неравномерно, в различных участках по-разному; так, на горизонте III, где влияние сопряжений исключено, пробы 1–5 характеризуют (Приложение 5) примерно средний интервал (руды богатые), а пробы 6–14 – самый верхний, т.е. по существу слепое рудное тело. Пробами 1–5, 15, 24, 32, 33 оконтурен небольшой рудный столб, выклинивающийся примерно на горизонте VII, а пробями 27–31, 42–44 – другой столб, оканчивающийся на горизонте IX в точке 73 и севернее ее, где в пробах касситерита не оказалось. Подобных локальных столбов, пользуясь Приложением 5 и рис. 9, в жиле № 18 можно наметить несколько, но они не будут характеризовать общую картину, представление о которой дает только усредненная относительная глубина –  $\bar{H}$  – по горизонтам. Примеры, подобные описанному, т.е. влияние сопряжений жил на поведение элементов-примесей в касситерите встречаются довольно часто, поскольку идеальных жил в природе нет – всегда они имеют апофизы, ответвления, а нередко и взаимопересечения с другими жилами.

Нами рассмотрен наиболее сложный случай на самой крупной и уже отработанной жиле. Отмечено, что почти во всех подобных случаях условные глубины (средние) независимо от того, где располагаются участки сопряжения жил (вначале, середине или в конце жилы), обычно оказываются, как и в жиле № 18, заниженными, а не завышенными. Подчеркнем еще раз, что богатые руды жилы № 18 (горизонты VI–IX) оказались в пределах 95–205 метров (верхний и верхний переходный интервалы), а не 220–260 м (средний интервал), как это следовало ожидать в соответствии с эталонной жилой. Скачки именно в сторону завышения (по восстанию), а не занижения интервалов в участках сопряжения и пересечения жил, на наш взгляд, следует рассматривать как явление положительное, так как оно ориентирует разведчика на продолжение, а не на прекращение разведки. Вместе с тем, как уже неоднократно подчеркивалось, вопрос о дальнейших направлениях работ и в данном случае должен решаться на основании учета всех геологических показателей и в первую очередь результатов опробования.

#### *Зоны Комсомольского рудного района*

В касситерите зоны Ягодной в пределах I и IV горизонтов In и Nb ведут себя невыразительно, а количество Sc заметно уменьшается, в зоне же Главной содержание In и Sc с глубиной убывает [104, с. 128, 131, 133].

На месторождениях Комсомольского рудного района нами были опробованы две сульфидно-касситеритовые зоны: Геофизическая (южный фланг зоны Ягодной) Фестивального месторождения и Северная – месторождения Перевального.

Таблица 14

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите из рудных зон Комсомольского рудного района и результаты их пересчета по  $V_{1-16}$

Число проб	Глубина	Место взятия	In	Sc	W	Nb	V
Зона Северная Перевального месторождения							
1	0	Штольня	Сл.	0,0350	0,140	0,0510	0,0310
1	0	"	"	0,0330	0,076	0,0140	0,0150
1	0	"	"	0,0054	0,210	0,0290	0,0100
1	0	"	"	0,0076	0,180	0,0160	0,0100
Среднее				0,0202	0,151	0,0275	0,0165
Зона Геофизическая (южный фланг зоны ягодной) Фестивального месторождения							
1	0	Штольня	—	0,0038	0,524	0,0264	0,0247
1	0	"	—	0,0005	0,290	—	0,0030
1	0	"	0,0010	0,0006	0,240	0,0073	0,0061
Среднее				0,0003	0,0016	0,351	0,0112
2	150	Скв. 1	0,0002	0,0001	0,070	0,0036	0,0014
3	215	Скв. 2	0,0009	0,0005	0,130	0,0074	0,0025
4	235	Скв. 3	0,0003	0,0002	0,110	0,0056	0,0025
3	260	Скв. 4	0,0007	0,0002	0,110	0,0067	0,0006
3	345	Скв. 5	0,0003	—	0,090	0,0140	0,0012
1	395	Скв. 6	0,0003	—	0,153	0,0175	0,0022
1	420	Скв. 7	—	—	0,198	0,0089	0,0011
4	450	Скв. 8	0,0001	—	0,112	0,0098	0,0009
3	450	Скв. 9	0,0002	—	0,156	0,0110	0,0014

\*  $V_{6, 7, 16...}$  — в индексе номера формул, использованных при расчете условных глубин.

Геофизическая зона [123] представляет собой разрывное, крутопадающее нарушение субмеридионального простирания. Являясь непосредственным продолжением зоны Ягодной, она располагается в крупном блоке, который с севера ограничивается нарушением северо-западного простирания, а с юга — дайкой гранодиорит-порфира, имеющей субширотную ориентировку. Выделены три участка, различающиеся характером оруденения: штокверкоподобный, наиболее отчетливо проявившийся в юрских песчаниках; средний, распространяющийся вверх по разрезу в нижнемеловых осадочно-вулканогенных образованиях; представленный одним рудным телом; и маломощная разветвляющаяся часть зоны, располагающаяся в верхнемеловых осадочно-вулканогенных породах. Оловянная минерализация локализуется в основном в нижнемеловых

Cr	Be	Ti	Fe	$\bar{H}$ (м)	Интервал
Зона Северная Перевального месторождения					
0,0050	0,000 060	0,380	1,33	↑	За графиком
0,0029	0,000 034	0,160	0,68	↑	"
0,0020	0,000 170	0,140	1,97	↑	"
0,0016	0,000 090	0,056	1,15	↑	"
0,0029	0,000 088	0,184	1,28	↑	"
Зона Геофизическая (южный фланг зоны ягодной) Фестивального месторождения					
0,0176	0,000 064	1,150	1,60	↑	За графиком
0,0076	0,000 017	0,180	1,10	170	Верхний переходный; $V_{6, 7}$
0,0041	0,000 018	0,610	1,40	↑	За графиком
0,0097	0,000 033	0,647	1,37	↑	"
0,0012	0,000 028	0,094	1,10	115	Верхний; $V_{6, 7, 16}$
0,0005	0,000 039	0,066	1,62	174	Верхний переходный
0,0018	0,000 019	0,082	1,34	155	Верхний; $V_{6, 7, 16}$
0,0010	0,000 048	0,015	1,94	300	Нижний переходный
0,0007	0,000 042	0,016	2,01	238	Средний; $V_{2, 3, 7-10, 13-16}$
0,0021	0,000 040	0,032	1,00	260	Средний; $V_{6, 7, 16}$
0,0018	0,000 028	0,020	0,68	366	Нижний; $V_{6, 7, 16}$
0,0007	0,000 038	0,017	1,41	400	"
0,0007	0,000 034	0,017	1,30	360	"

осадочно-вулканогенных и юрских осадочных породах. Наиболее богатая концентрация олова приурочена к минерализованным брекчиям, расположенным на контакте юрских песчаников и нижнемеловых осадочно-вулканогенных пород. Кроме того, оловоносен и штокверкоподобный участок, соответствующий корневым частям рудной зоны, целиком расположенным в юрских осадочных породах.

Пробы по зоне Геофизической отбирались в штольне и по девяти скважинам (рис. 10). Микроспектральный анализ касситерита подтвердил данные Е.А. Радкевич и других о том, что с глубиной количество Sc в зоне заметно уменьшается (табл. 14), а In и Nb ведут себя невыразительно. Из 24 проб касситерита по скважинам в 11 вообще не установлен In, а в 8 из 13 он содержится в десятитысячных долях про-

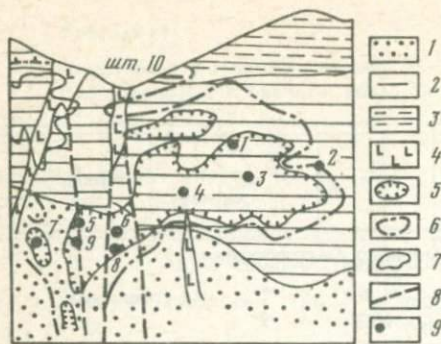


Рис. 10. Схематическая проекция на вертикальную плоскость рудной зоны Геофизической. Фестивального месторождения (по Г.А. Ткаченко, [123])

1 — юрские песчаники, 2 — нижнемеловая осадочно-вулканогенная толща, 3 — верхнемеловая осадочно-вулканогенная толща, 4 — диоритовые порфириты, 5 — контуры богатых руд, 6 — контуры бедных руд, 7 — безрудные участки, 8 — нарушения, 9 — скважины

цента, отчего и средние содержания этого элемента по скважинам часто находятся за пределами чувствительности метода; по количественному содержанию In, Sc, Nb наши данные близки к данным Е.А. Радкевич с соавторами [104].

Из сравнения анализов в табл. 14 и 6 видно, что, как и в жиле "комбинированной", количество V, Ti, Sc в касситерите зоны Геофизической с глубиной уменьшается, а W, за исключением горизонта штольни, увеличивается; Fe, Be, In, Nb ведут себя неопределенно. Таким образом, из девяти элементов-примесей, входящих в  $\nu_{1-16}$  только 4 — V, Ti, Sc, W — подчиняются закономерности, установленной для "комбинированной" жилы. Поэтому к определению глубины вскрытия отдельными выработками зоны Геофизической по  $\nu_{1-16}$  приходилось относиться осторожно. В частности, как правило, не использовались формулы, в которые входили отсутствующие элементы. Лишь изредка допускалась замена необнаруженного элемента одной десятой долей чувствительности, но в этом случае результат учитывался только при отсутствии допустимых расхождений условных глубин со средними. Кроме того, иногда не использовались элементы, если содержание вычислялось как среднее из нескольких анализов и результат получался равный или ниже десятой доли чувствительности метода на данный элемент (табл. 14, скв. 1, 3, 8, 9). Из таблицы видно постепенное увеличение глубины вскрытия зоны от интервала к интервалу ( $\bar{H}$ ) по мере фактического углубления скважин: штольней вскрыт самый верхний интервал, т.е. по существу "слепое" рудное тело, что соответствует фактическим данным; скважинами 1—3 зона пересечена в верхнем интервале ( $\bar{H} = 115, 174, 155$  м); скважинами 4—9 пересечены участки зоны, соответствующие среднему и нижнему интервалам, т.е. более глубокие горизонты, расположенные в корневых (скв. 7—9) частях зоны.

Из девяти скважин прогноз не подтвердился по двум [7, 8], ниже которых подсечены промышленные руды в юрских песчаниках, где, согласно данным Г.А. Ткаченко [123], основная зона расщеплена на ряд самостоятельных кулисно ориентированных относительно друг друга зон. Не исключено, что расхождение прогнозных данных с фактическими является следствием смены литологического состава на глубине (переход нижнемеловой осадочно-вулканогенной толщи в юрские пес-

чаники), повлиявшей на изменение морфологии рудного тела, а следовательно, и характер минерализации: в верхнем едином рудном теле распределение элементов-примесей в касситерите в общем аналогичное установленному в Кавалеровском районе, а ниже в расщепленных кулисообразных телах, залегающих в песчаниках, элементы-примеси ведут себя по-иному, поэтому и подсчет по  $\nu_{1-16}$  дал неверные результаты. Подобные локальные изменения в содержании элементов-примесей в различных минералах рассматриваемого месторождения близ стратиграфического несогласия были отмечены Е.А. Радкевич, А.М. Кокориным с соавторами [85]. Возможно также, что скважины, пройденные ниже скважин 7, 8, пересекли не единое рудное тело, а отдельную, наиболее богатую оловом, отщепленную его ветвь, продолжающуюся на большую, чем остальные, глубину.

По зоне Северной Перевального месторождения были отобраны 4 пробы из штрека 2 штольни 5, пройденных в туфопорфиритах среднего состава. Во всех пробах касситерита микроспектральным анализом установлено повышенное содержание, по сравнению с эталонной жилой (табл. 14), Sc, Nb, V и почти равное Ti. Очень низкое (следы) содержание In и относительно высокое упомянутых элементов позволило предположить, что выработкой вскрыта самая верхняя часть рудного тела. Подсчет по  $\nu_{1-16}$  это предположение подтвердил: штрек пройден по самой верхней части рудной зоны, что соответствует действительности. След In заменен половиной чувствительности анализа (0,0005%), и расчеты произведены по всем 16 формулам, давшим очень близкие результаты.

Рассмотренные два примера, по мнению автора, свидетельствуют о том, что геохимические формулы глубинности, выведенные для жильных тел Кавалеровского района, применимы и для сульфидно-касситеритовых зон Комсомольского рудного района. Следует только всегда иметь в виду возможное отсутствие в пробах касситерита In и Sc, а иногда и Nb и исключать формулы, в которые входят эти элементы. Следы элементов в касситерите, например In, как показала практика, вполне могут заменяться половиной чувствительности анализа на данный элемент; замена десятой долей чувствительности отсутствующего элемента нежелательна.

### *Месторождение Шерловая Гора*

Коренное касситеритовое оруденение сопки Большой (рис. 11), на котором был собран каменный материал, расположено к юго-востоку от собственно Шерловгорского массива. Наиболее древними здесь [58] являются диоритовые порфириды, прорывающие (за пределами площади) в виде штоков и жил самые древние в районе сиенит-порфиры. Кварцевые порфиры, обладающие по О.Д. Левицкому гипабиссальным обликом — более поздние, чем диоритовые порфириды. Эксплозивная брекчия кварцевых порфиров, занимающая центральную часть площади, по мнению Д.А. Онтоева [73], возникла в результате интродуирования в условиях малых глубин кислой магмы в дробленные и брекчированные зоны.

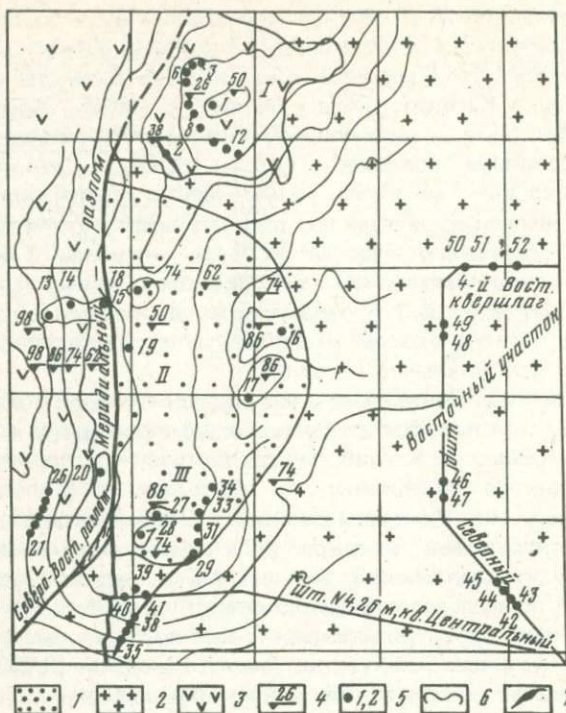


Рис. 11. Схематический геологический план месторождения сопки Большой Шерловогорского рудного поля

1 — взрывная брекчия кварцевых порфиров, 2 — кварцевые порфиры, 3 — диоритовые порфиры, 4 — горизонты карьерной отработки, 5 — номера проб, 6 — границы пород, 7 — жильные рудные тела

О стадийности минералообразования и характере связи оруденения с магматическими породами оловянного оруденения сопки Большой имеется довольно обширная литература [6, 26, 58, 60, 73, 92 и др.], но единого мнения в этих вопросах нет. Руды оловополиметаллического штокерковского месторождения сопки Большой локализованы в взрывной брекчии кварцевых порфиров, в кварцевых порфирах и диоритовых порфирах. На участке распространены [11] кварц-турмалиновая, турмалин-сульфидная с касситеритом и сульфидная минеральные ассоциации. По С.М. Бойко и Е.С. Костюковой, для касситеритов сопки Большой характерно повышенное содержание Sb, Zn, In и пониженные Nb, Be. Эти авторы касситериты всего редкометального Шерловогорского рудного поля в целом относят к кварц-сульфидно-касситеритовой формации, отмечая при этом, что касситериты сопки Большой несут некоторые черты сульфидно-касситеритовой формации (отсутствие Zr, Sc, повышенные концентрации Zn, Pb, Sb). Нашими данными сведения С.М. Бойко и Е.С. Костюковой в отношении содержаний Zn, Pb, In, Nb, Be, Zr, Sc в касситеритах сопки Большой не подтверждаются, что

видно из Приложения 6. Тем не менее склонность к отнесению этими авторами месторождения сопки Большой к сульфидно-касситеритовой формации возражений не вызывает, что следует из изложенных ниже материалов.

На месторождении сопки Большой пробы отбирались по карьерным горизонтам с целью получения максимальных превышений. Однако из-за отсутствия единого рудного тела достичь этого практически не удалось. Поэтому отбор проб производился по участкам и именно там, где шла отработка (см. рис. 11), а внутри участков — по породам. Лишь пробы 2, 35—38 взяты из небольших жильных тел.

На участке I пробы отбирались из турмалинизированного, часто интенсивно серпентинизированного и лимонитизированного диоритового порфирита без видимого касситерита и сульфидов. На участке II опробовалась взрывчатая брекчия кварцевых порфиров и диоритовые порфиры. Руды в диоритовых порфиритах по существу аналогичны рудам I участка, но в них отмечены флюоритовые прожилки, а руды, локализованные в взрывчатой брекчии, представлены интенсивно лимонитизированной дробленой породой, в которой иногда встречаются обломки кварцевого порфира. Видимого касситерита ни в тех, ни в других породах не обнаружено, лишь обр. 18 представлен сплошным "сливным" касситеритом. На участке III пробы отбирались из кварцевых порфиров, взрывчатой брекчии кварцевых порфиров и диоритовых порфиров. Все породы интенсивно дроблены, изменены, лимонитизированы, поэтому их исходный состав определяется с трудом; визуально первичных рудных минералов и касситерита не установлено. Помимо описанных, пробы отбирались из подземных выработок Восточного участка сопки Большой. Здесь штольшей, штреком и квершлагом на горизонте 26 м вскрыты интенсивно измененные; лимонитизированные и раздробленные кварцевые порфиры без видимого касситерита и сульфидов.

Несмотря на то что в образцах касситерит визуально не установлен, он был обнаружен в 52 из 56 протолочных шлихов и только в четырех пробах его не оказалось вовсе; в восьми из 52 проб касситерит был извлечен в единичных знаках, но достаточных для микроспектрального анализа. Единичные знаки касситерита извлечены из проб 3, 4, 5, 10, 12 участка I, где оруденение локализовано в диоритовых порфиритах, из пробы 16 взрывчатой брекчии кварцевых порфиров участка II, из пробы 52 кварцевого порфира и из пробы 22 диоритового порфирита участка III.

В Приложении 7 показаны средние содержания элементов-примесей в касситеритах по участкам и породам месторождения сопки Большой, а также приведены данные<sup>1</sup> С.М. Бойко и Е.С. Костюковой [11].

Средние содержания элементов-примесей в касситеритах по участкам довольно различные: In, Sc, V, Cr, Ti, Mn больше в первом участке, Nb и Fe — во втором, а W и Be — в третьем. Однако вследствие влияния соотношения между элементами-примесями, как показали расчеты по  $\nu_{1-16}$ , в среднем все участки, на которых отбирались пробы, вскры-

<sup>1</sup> Результаты приближенно-количественного анализа.

ты в одинаковой степени, т.е. находятся в начальной стадии эрозии (Приложение 7).

Распределение элементов-примесей в касситеритах из различных пород разных участков также неодинаковое. В касситеритах из диоритовых порфиров I участка больше чем в диоритовых порфиритах других участков: In — в 1,5 раза, Sc — в 2–4 раза, W — 1,5–5 раз, V — 2–10, Cr — 20–30, Ti — 2–3, Fe — 1,5, Mn — 1,5 и несколько больше Zr; меньше в них Zn, Nb, Be. Но и при этих условиях расчет по  $\nu_{1-16}$  показал, что степень эродированности штокверковых рудных тел, локализовавшихся в диоритовых порфиритах различных участков, одинаковая — самая начальная (Приложение 7). Более равномерно распределены элементы-примеси в касситерите из эксплозивной брекчии кварцевых порфиров на участках II и III. Из-за повышенного содержания In, Be, Fe и несколько пониженного Sc, Nb, V, Ti в касситерите из II участка по сравнению с III расчет по  $\nu_{1-16}$  дал неодинаковые результаты: штокверковое рудное тело, локализовавшееся в эксплозивной брекчии II-го участка, более эродировано ( $H = 105$  м, интервал верхний), чем в III-ем (интервал "за графиком"). Близкие содержания элементов-примесей отмечаются в касситеритах кварцевых порфиров III и Восточного участков. При этом какой-либо закономерности в их распределении не наблюдается. Наоборот, чаще чем в касситеритах из других пород (см. Приложение 6) в них отсутствуют In, Sc, Nb, V, Cr (элементы, входящие в формулы). Поэтому обсчет по  $\nu_{1-16}$  средних содержаний касситерита дал результаты весьма неопределенные, не позволяющие судить о степени эродированности рудных тел, локализовавшихся в кварцевых порфирах сопки Большой.

В целом расчет по  $\nu_{1-16}$  показал, что в распределении элементов-примесей в касситеритах из различных пород сопки Большой и Восточного участка отмечается закономерность: независимо от участков рудные тела, локализовавшиеся в диоритовых порфиритах и эксплозивной брекчии, вскрыты в самых верхних своих частях, а в кварцевых порфирах определить степень эродированности не представилось возможным из-за противоречивости результатов.

Пробы касситерита из жильных тел, залегающих в диоритовых порфиритах (проба 2), в кварцевых порфирах (проба 38) и эксплозивной брекчии (проба 28), как показали расчеты по формулам, относятся к самым нижним частям рудных тел (см. Прилож. 6), что подтверждается и фактическими данными. Из-за отсутствия In, Sc, V в пробах 35–37, взятых из той же жилы, что и проба 38, определить степень эродированности этого отрезка жилы (рис. 11) невозможно, но уже отсутствие в них Sc, V и очень низкое содержание Ti при относительно высоком W и Be говорит о том, что и эта серия проб отобрана на выклинивании жильного тела на глубину.

В заключение по штокверковому месторождению олова сопки Большой отметим:

1. По набору и содержанию элементов-примесей — In, Sc, W, Nb, V, Cr, Be, Ti, Fe, а также не вошедших в геохимические формулы глубинности Zr, Mn, Zn, Pb — касситериты сопки Большой близки к

касситеритам типичных сульфидно-касситеритовых месторождений Кавалеровского района и, в частности, к эталонным жилам Оловянной и Молоковской месторождения Дубровского (см. табл. 4—6). Исключение составляют  $Ve$  и  $Nb$ , которых в среднем примерно на порядок выше в касситеритах месторождения сопки Большой, что однако существенной роли не играет. Подобное сходство позволяет согласиться с отношением месторождения сопки Большой С.М. Бойко и Е.С. Костюковой [11] к сульфидно-касситеритовой формации.

2. Формационное сходство с сульфидно-касситеритовыми месторождениями и, что особенно важно, сходство в соотношении между элементами-примесями позволило применить  $\nu_{1-16}$ , выведенные для рудных тел жильного типа, к штокверковому сопки Большой. Из-за отсутствия единых рудных тел к прогнозированию на глубину рассматриваемого месторождения подходили весьма осторожно, оценивая перспективы отдельных площадей в целом, а не по единичным точкам, как это делалось для более или менее выдержанных жильных тел Кавалеровского района.

3. Относительно низкие содержания  $In$ ,  $W$ ,  $Fe$  и, наоборот, повышенные —  $Sc$ ,  $Nb$ ,  $V$ ,  $Ti$  в касситеритах из диоритовых порфиров и взрывной брекчии кварцевых порфиров, характерные обычно для верхних частей оловорудных месторождений Кавалеровского района, позволяют предполагать, что в целом штокверк сопки Большой находится в начальной стадии вскрытия (естественного и искусственного). Это предположение соответствует и расчетам по геохимическим формулам глубинности, показавшим, что выходящие на дневную поверхность участки месторождения, приуроченные к взрывной брекчии и диоритовым порфирам, относятся к самой верхней части верхнего интервала, а точнее "за графиком" (Приложение 7). Отсюда следует, что глубже руда должна быть богаче. Повышенные содержания  $Ve$  и  $Nb$  никакого влияния на результаты расчета по  $\nu_{1-16}$  не оказали, поскольку они входят и в числитель ( $Ve$ ) и в знаменатель ( $Nb$ ) различных формул. Косвенным подтверждением вывода о наличии на глубине сопки Большой более богатых руд является мнение В.В. Аристова с соавторами [6] о том, что глубина эрозионного среза Шерловогорского гранитного массива (расположенного непосредственно западнее сопки Большой) достигает ориентировочно 100—200 м и менее. Это позволяет считать, что и магматические породы сопки Большой эродированы не более, поскольку кварцевые порфиры образовались в заключительную стадию становления шерловогорской гранитной интрузии [92]. Сказанное позволяет согласиться с мнением этих авторов о целесообразности бурения нескольких глубоких геолого-структурных и поисково-разведочных скважин с целью проверки возможности наличия на глубине олово-полиметаллических руд.

4. По трем единичным пробам (Приложение 6) из жильных тел, локализовавшихся в диоритовом порфирите I участка (проба 2), взрывной брекчии кварцевого порфира (проба 28) и кварцевого порфира (проба 38) III участка, относительные глубины эрозионного среза соответственно равны 426, 416 и 386 м, т.е. характеризуют выклинивание жильных тел на глубину. Весьма возможно, что здесь касситерит пред-

ставлен иной, более ранней высокотемпературной грейзеновой формацией, аналогичной широко развитой в гранитах Шерловой Горы и по существу уже либо эродированной, либо отработанной на глубину. Не исключено, что появлением именно оловянногрейзеновой формации, локализовавшейся в кварцевых порфирах III и Восточного (Приложение 6, пробы 40–52) участков, а иногда и в других породах (пробы 1, 14, 17, 18, 22, 23, 30, 35, 39), следует объяснить крайне неопределенное (не подчиняющееся закономерности, установленной для сульфидно-касситеритовой формации) распределение в касситеритах элементов-примесей, повлиявшее и на результаты обсчета по геохимическим формулам (Приложение 6, пробы 1, 14, 18, 30, 40–52). Отсюда можно предположить, что кварцевые порфиры несут две генерации касситерита: раннюю — грейзеновую, связанную со становлением Шерлогогорского гранитного массива, заключительной стадией которых [92] являются дайки и штокообразные тела кварцевых порфиров, и позднюю — сульфидно-касситеритовую. Смешение двух разновозрастных касситеритов в кварцевых порфирах и привело к тому, что элементы-примеси в них не подчиняются закономерности, характерной для касситеритов из типичных сульфидно-касситеритовых месторождений. С этим, вероятно, и связана неопределенность в расчетах степени эродированности рудных тел, локализовавшихся в кварцевых порфирах.

5. В статье С.М. Бойко и Е.С. Костюковой [11] приведены результаты приближенно-количественного спектрального анализа касситерита на некоторых объектах Шерлогогорского рудного узла. Расчет по геохимическим формулам этих анализов показал, что касситерит из диоритов "Аплитового отрога" относится к самой верхней части рудного тела, касситерит из кварцевого порфира кварц-турмалинового отрога характеризует самую нижнюю часть рудного тела, касситерит из гранита сопки Обнинской взят в верхней части рудного тела.

Примечательно, что расчет по  $\nu_{1-16}$  анализов касситерита из эксплозивной брекчии кварцевых порфиров сопки Большой, принадлежащих С.М. Бойко и Е.С. Костюковой, дал результаты, близкие к результатам нашим по тем же породам Второго участка (Приложение 7), т.е. в обоих случаях эродированы верхние части рудных тел.

#### *Жилы Трудового и Учкошконского месторождений (КурзССР)*

Для проверки возможности использования геохимических формул глубинности с целью определения глубины эрозионного среза на объектах, расположенных в иных геолого-структурных условиях, чем описанные выше, отбирался каменный материал из оловянных месторождений Трудовое и Учкошкон.

Трудовое месторождение относится к Сарыджазскому рудному району, располагающемуся в известной Фергано-Кокшальской складчатой зоне, детально описанной А.С. Крючковым и В.А. Ставинским [56]. В структурном отношении район приурочен к крупному тектоническому блоку, ограниченному глубинными разломами восток-северо-восточного и субширотного простирания. Проявления магматической деятельности гер-

цинского цикла представлены многофазным интрузивным комплексом и контролируются глубинными разломами. Оловянное оруденение связано с гранитными интрузивами. Вмещающие метаморфизованные породы вулканогенно-терригенно-карбонатного состава относятся к верхнесилурийскому и ниже-верхнедевонскому возрасту.

Месторождение Трудовое состоит из многих рудных тел различного состава и протяженности. Они залегают в осадочно-метаморфических и интрузивных породах, будучи приурочены к минерализованным зонам дробления. Наиболее насыщены рудными телами центральная и северо-восточная части месторождения [56].

Рудные тела в основном сложены метасоматическими жилоподобными образованиями, развивающимися по трещиноватым брекчированным зонам в осадочно-метаморфических и интрузивных породах. Контакты рудных тел с вмещающими породами относительно четкие, фестончатые. Состав руд — турмалин-кварц-флюоритовый с пироксеном, плагиоклазом, касситеритом, шеелитом, арсенопиритом, пиритом, пирротинном, халькопиритом. Иногда рудные тела сложены более ранним минеральным парагенетическим комплексом — флюорит-турмалин-кварцевым с касситеритом, вольфрамитом и небольшим количеством сульфидов и реже более поздним, представленным маломощными и короткими прожилками кварца-флюорит-турмалина, развивающихся в апофизах альбитизированных гранитов. Рудная минерализация этой ассоциации состоит из флюорита, турмалина, кварца, полевого шпата, касситерита и сульфидов.

По данным 1972 г. геологов Н.И. Дорошенко, В.А. Ставинского и других, месторождение Трудовое по минералого-геохимическим особенностям относится к сложным объектам, обладая чертами как касситерит-кварцевой, так и касситерит-сульфидной формации.

Исследованное нами рудное тело Опытное, принятое за эталонное, разведано на пяти горизонтах (рис. 12). Оно располагается в гранитах, погружаясь постепенно в северо-восточном направлении под мраморизованные полосчатые верхнепалеозойские известняки, на границе с которыми оруденение затухает. Рудное тело морфологически сложное: имеются раздувы, ответвления с резко меняющимися углами падения и простираaniem. Сложено оно сплошными кварц-турмалиновыми рудами, в которые входят до 103 минералов, но главными из них являются кварц, полевые шпаты, кальцит, диопсид, турмалин, флюорит с касситеритом, шеелитом, вольфрамитом.

Касситерит, по данным Н.И. Дорошенко, В.А. Ставинского и других, представлен тремя генерациями: 1) в грейзеновых и кварцевых жилах; 2) в кварц-турмалиновых и турмалин-флюоритовых образованиях; 3) супергенный (распространение ограничено). Вследствие наложения поздней сульфидной минерализации отмечаются следы дробления в предыдущих образованиях, а также катаклиз касситерита. Вообще в связи с многократными подвижками и телескопированием руды описываемой жилы Опытной отличаются сложностью состава: в кварц-турмалиновой массе с касситеритом часто отмечаются тектонические линзы с обломками раннего молочного кварца с вольфрамитом и касситеритом, а все это вместе пересекается и в зонах дробления цементируется сульфидами

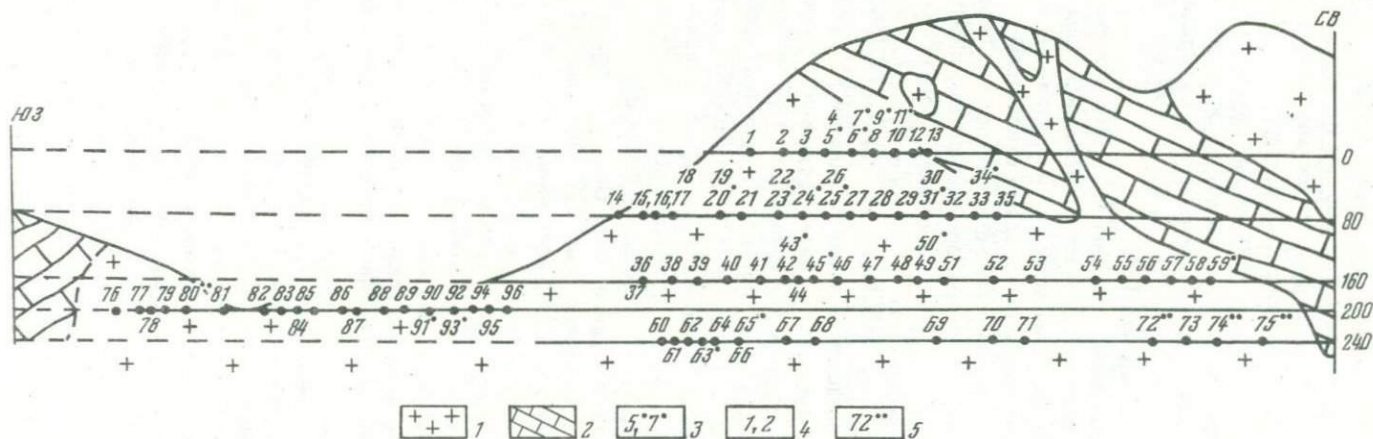


Рис. 12. Схематическая проекция на вертикальную плоскость рудного тела "опытного" Трудового месторождения  
 1 — граниты, 2 — известняки, 3—5 — пробы с касситеритом I генерации (3), II генерации (4), смешанной генерации (5)

(в основном арсенипиритом). Наиболее сложный состав руд в раздувах, приуроченных к местам искривления рудного тела.

При отборе проб в рудном теле Опытном по рекомендации геологов-консультантов ВИМСа Н.К. Маркушевой и А.Б. Павловского по возможности учитывались генерации касситерита, т.е. пробы отбирались раздельно. К первой генерации относилась минеральная ассоциация, представленная молочно-белым кварцем с грейзеноподобной породой, чаще всего залегающая в виде обломков и ксенолитов размером до одного метра в черной турмалинизированной породе; ко второй — сами турмалинизированные породы.

В подземных выработках эти два типа руд отличались довольно хорошо по цвету и морфологии, но из-за недостаточной освещенности ни в одной из них увидеть какие-либо рудные минералы, включая касситерит, не представлялось возможным.

Места взятия проб по жиле Опытной показаны на схеме (рис. 12), а результаты микроспектрального анализа касситерита — в Приложении 8; в пробах 72, 74, 75, 80 достоверно генерация касситерита не установлена. Количество проб, характеризующих вторую генерацию касситерита, примерно в пять раз больше, чем первую, из чего можно сделать вывод о значительном преобладании руд первой генерации.

Детальное исследование 96 искусственных шлихов под бинокляром привело к выводу о том, что внешне касситериты обеих генераций между собой практически неотличимы. Обычно тот и другой слегка мутный, равномерно окрашен в серо-коричневый цвет различной интенсивности — от очень светлого до очень темного. Лишь в северо-восточной части рудного тела на горизонте 80 м вид касситерита несколько меняется: в составе мутного серо-коричневого появляются кристаллики прозрачного касситерита серого и темно-коричневого цветов. Отличаются касситериты рассматриваемых генераций составом сопутствующих минералов: для первой генерации характерно присутствие в шлихах вольфрамита, достигающего 50% шлиха. С касситеритом второй генерации ассоциируют флюорит и турмалин и в очень небольшом количестве встречается вольфрамит; особенно много флюорита в северо-восточном фланге рудного тела. От горизонта к горизонту вид и окраска касситерита почти не меняются независимо от генерации.

Касситерит юго-западной части рудного тела Опытного (обр. 76—96) аналогичен описанному выше, отличаясь от него повышенным содержанием в руде сульфидов (арсенипирит, реже пирит и пирротин); в пробах 84—87, 94, 95, представляющих вторую генерацию касситерита, количество сульфидов достигает 99% шлиха и лишь один процент составляет касситерит. Почти в каждом шлихе из второй генерации присутствует в том или ином количестве флюорит, но особенно его много на юго-западной и северо-восточном флангах — в участках выклинивания юго-западной части рудного тела (обр. 76 и 96). Касситерит первой генерации на этом участке установлен в двух пробах — 91, 93. Проба 91 на 40% состоит из вольфрамита, а 60% составляет необычный касситерит: 75% его светло-коричневого, коричневого и темно-коричневого цветов со-

вершенно прозрачного "чистого", 5% бесцветного, т.е. водяно-прозрачного и 20% черно-прозрачного. Проба 93 почти на 100% состоит из арсенопирита, в котором отмечаются лишь отдельные знаки касситерита. Флюорит в обеих пробах не обнаружен.

Из Прилож. 9 видно, что содержание In в касситеритах обеих генераций либо крайне низкое, либо он вовсе не обнаружен; остальные элементы ведут себя по-разному.

Ниже для сравнения приведены соотношения элементов-примесей в касситерите "комбинированной" жилы, характерные для месторождений Кавалеровского района, и в касситерите обеих генераций Опытной жилы месторождения Трудового (в числителе элементы, количество которых с глубиной проявляет тенденцию к увеличению, в знаменателе — к уменьшению): жила "комбинированная" —  $\frac{\text{In, W, Fe, Be}}{\text{Sc, V, Nb, Ti, Cr}}$ ; жила

Опытная: I генерация —  $\frac{\text{W, Nb, Be, Zr}}{\text{Sc, Cu, Ti}}$ , II генерация —  $\frac{\text{Sc, Cr, Be, Zr, Pb}}{\text{W, Nb, V}}$ . В

первой генерации касситерита ведут себя невыразительно V, Fe, Pb, во второй Ti, Fe, хотя количество Fe и Ti в обеих генерациях проявляет некоторую тенденцию к уменьшению с глубиной.

Для касситерита обеих генераций жилы Опытной характерно практически отсутствие In; остальные элементы сравниваемых жил ведут себя по-разному, вследствие чего и результаты обсчета анализов той и другой генераций по  $\nu_{1-16}$  получились противоречивыми. Например,  $\bar{H}$ , рассчитанная по касситериту II генерации для нулевого горизонта, оказалась больше ( $2,3 \cdot 10^{-5}$ ), чем для горизонта 240 м ( $9,2 \cdot 10^{-6}$ ); аналогичные результаты дал пересчет и по касситериту I генерации.

Таким образом, было установлено, что  $\nu_{1-16}$ , выведенные для типичных сульфидно-касситеритовых месторождений не применимы к более высокотемпературным месторождениям довольно сложной (сочетание касситерит-кварцевой и сульфидно-касситеритовой) формации, к которой относится месторождение Трудовое. Отсюда возникла необходимость в выводе новых формул, на основе закономерностей распределения элементов-примесей в касситерите из жилы Опытной месторождения Трудового. Для этой цели использовалась программа НЮ-2 (выбор общих монотонных отношений элементов), составленная В.А. Николаевым с соавторами [67].

Учитывая, что в жиле Опытной подавляющую массу составляет касситерит генерации II, монотонные отношения элементов-примесей по программе НЮ-2 рассчитывались по анализам касситерита только этой генерации.

В верхней части табл. 15 приведены результаты вычисления на ЭВМ монотонных отношений элементов-примесей в касситерите генерации II жилы Опытной, выраженные семью геохимическими формулами ( $\nu_{1-7}$ ). При этом подтвердилось, что в касситерите данной генерации содержание Sc, Cr, Be, Zr, Pb и в какой-то степени Zn с глубиной монотонно возрастает, а W, Nb, V — убывает, вследствие чего в геохимических формулах первая группа элементов разместилась в числителе, вторая — в знаменателе.

Возрастающие с глубиной монотонные отношения — числовые показатели, — выведенные по жиле Опытной, существенно отличаются от также возрастающих с глубиной монотонных отношений жилы "комбинированной" (табл. 7) отсутствием резких колебаний, т.е. плавностью перехода от горизонта 0 до 200 м. Примерно до горизонта 160—200 м монотонные отношения по существу выражены очень крутыми, почти вертикальными линиями, напоминающими отрезки кривых, характеризующих в жиле "комбинированной" верхний интервал (рис. 5). И только между горизонтами 160—240 м отмечается заметный перепад, т.е. здесь на горизонте 240 м числовые значения всех геохимических формул в 2—5 раз больше, чем на горизонте 160—200 м.

Установленный перепад в числовых значениях говорит о том, что именно здесь где-то на границе 160—240 м поведение элементов-примесей в касситерите второй генерации заметно изменилось. Однако в связи с тем что рудное тело находится в стадии разведки и автору пока не известно, где располагаются наиболее богатые руды и где они выклиниваются, в настоящее время трудно установить природу этого изменения, т.е. что обозначает отмеченный перепад, и тем более невозможно построить график, аналогичный изображенному на рис. 5. Если ориентироваться на характер графиков жилы "комбинированной", то можно предположить, что примерно на горизонтах 160—240 м жилы Опытной располагаются более богатые руды, соответствующие верхней части среднего, а возможно, и середине среднего интервала. Вопрос этот может быть решен только после завершения разведки рудного тела Опытного на глубину, т.е. после того, как достоверно будут установлены по геолого-маркшейдерским данным верхняя, средняя и нижняя его части. В дальнейшем скорее всего именно рудное тело Опытное будет принято за эталонное для всех рудных тел месторождения Трудового, как стали эталонными жилы Оловянная и Молоковская для месторождений Кавалеровского рудного района. В настоящее время можно лишь говорить, что найденные монотонные отношения, основанные на довольно направленном увеличении с глубиной содержания в касситерите Sc, Cr, Be, Zr и в какой-то степени Zn, Pb и уменьшении Nb, V, W, являются закономерными пока только для исследованной жилы.

Поведение элементов-примесей в касситерите разных генераций жилы Опытной, за исключением Be и Zr (их количество в обеих генерациях с глубиной увеличивается), как отмечалось выше, самое различное. Поэтому расчет монотонных отношений по  $\nu_{1-7}$  для касситерита первой генерации дал такие же противоречивые результаты, как и подсчет по  $\nu_{1-16}$ .

По-иному, чем в касситерите первой генерации рудного тела Опытного соотносятся между собой элементы-примеси в касситерите одного из рудных тел месторождения Учкошкон.

Месторождение Учкошкон является частью Учкошконского рудного поля, входящего в Сарыджазский рудный район (Дорошенко и др. [28]). Рудное поле с севера и юга ограничено региональным Бельбулакским и Каиндинским разломами восток-северо-восточного направления. Оно приурочено к северному эндо- и экзоконтакту Учкошконского массива

Таблица 15

Геохимические формулы глубинности ( $\nu_{1-7}$ ), выведенные для рудного тела Опытного месторождения Трудового и пример их применения к рудному телу месторождения Учкошкон

Горизонт (м), номер жилы	Формула, номер		
	1 $Sc^2 Cr/W^2 V$	2 $Sc^2 Cr/WV^2$	3 $Sc^2 Be/WV^2$
Жила Опытная месторождения Трудового			
0	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
80	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$
160	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$
200	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
240	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Рудное тело месторождения Учкошкон			
80, жила 1	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
2	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$
3	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
4	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-5}$
5	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
6	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
7	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$
8	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$
9	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$
10	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
11	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$
Среднее по жи- лам 80 м	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
160	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$

гранитов верхне-палеозойского магматического комплекса, прорывающего ядро антиклинальной складки северо-восточного простирания, которая сложена известково-терригенными флишоидными отложениями верхне-каменноугольного возраста. Вмещающие породы вблизи интрузива метаморфизованы и превращены в различного рода роговики и скарноиды переменного состава. Месторождение Учкошкон, описанное довольно детально [28], находится в области сочленения двух разломов северо-восточного направления, располагаясь на севере в каменноугольных отложениях, на юге — в Учкошконском массиве палеозойских биотит-микроклиновых гранитов. На месторождении интенсивно проявлены трещинная тектоника, магматизм и оруденение; процесс формирования которых происходил длительно в течение верха среднего карбона — верхней перми. Заключительные стадии формирования месторождения, к которым относится процесс образования собственно оловянного оруденения, происходили в верхней перми — нижнем триасе. Основной рудный этап представлен касситерит-силикатно-сульфидной минерализацией,

Формула, номер			
4 $Sc^2 Be/W^2 V$	5 $ScCrZr/WNbV$	6 $Sc Be Zr/W Nb V$	7 $Sc Zn Pb/Nb^2 V$
Жила Опытная месторождения Трудового			
$3,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
$1,7 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
$2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$
$2,4 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$
$5,1 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Рудное тело месторождения Учкошкон			
$1,0 \cdot 10^{-4}$	0,10	0,018	$2,6 \cdot 10^{-4}$
$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
$5,9 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
$2,9 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^{-5}$
$7,7 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$	0,56
$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$
$3,4 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-5}$
$1,9 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
$3,8 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$
$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-3}$
$3,3 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$
$5,2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
$2,4 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$

составляющей промышленные руды на месторождении Учкошкон. Месторождение относится к турмалиновому типу сульфидно-касситеритовой формации.

Оруденение на месторождении локализовано в кварц-турмалиновых жилах, выполняющих крутопадающие трещины скола, в основном северо-восточного и близмеридионального направления, а также представлено и прожилково-вкрапленными рудами. Наиболее продуктивной является Центральная зона Учкошконского месторождения, включающая шток биотит-микроклиновых гранитов. Здесь в Центральной зоне располагается опробованное нами одно из рудных тел, верхняя часть которого эродирована и перекрыта наносами, а нижняя — вскрыта двумя горизонтами (рис. 13).

Рудное тело примерно в 80 м от поверхности представлено одинадцатью небольшими параллельными кварц-турмалиновыми жилами с касситеритом, сливающимися на глубине 160 м в единую жилу. Локализовано оно в дробленых гранит-порфирах и частично в эруптивной брекчии (рис. 13, Приложение 10).

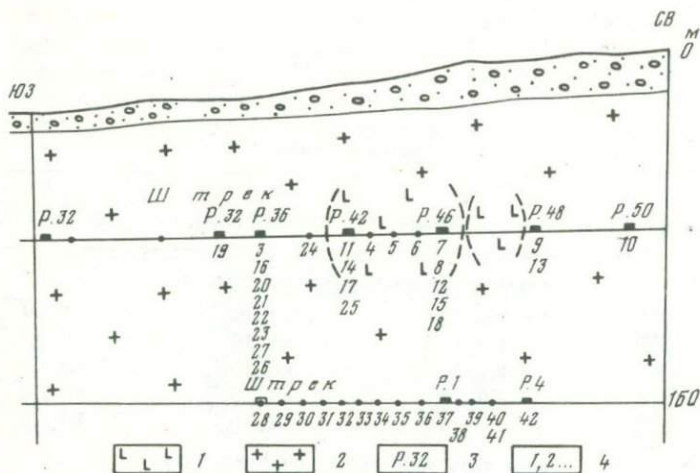


Рис. 13. Схематическая проекция на вертикальную плоскость одного из рудных тел месторождения Учкошкон (Киргизия)

1 — ксенолиты взрывной брекчи, 2 — гранит-порфиры  $\gamma_{п1}C_3-P_1$  (дробленые), 3 — рассечки, 4 — пробы

Касситерит рассматриваемого рудного тела значительно отличается от касситерита рудного тела Опытного месторождения Трудового по цвету и модификации. Помимо мутного серо-коричневого, характерного для рудного тела Опытного, здесь примерно 40—50% составляет касситерит совершенно прозрачный, окрашенный в коричневые и черные цвета различной тональности. Различается касситерит и в зависимости от глубины образования. Так, на 80 м мутный серо-коричневый касситерит составляет около 65%, а на 160 м — 50%. На горизонте 160 м установлен в относительно большом количестве (около 10%) довольно редко встречающийся на месторождениях Дальнего Востока, совершенно бесцветный, водяно-прозрачный касситерит и также черно-прозрачный (примерно 10%), в то время как на 80 м и тот и другой касситерит редок. Следует особо отметить, что подобного внешнего изменения касситерита с глубиной не отмечалось нами ни на месторождениях Дальнего Востока, ни на рудном теле Опытного месторождения Трудового.

Для рассматриваемого рудного тела характерно значительное увеличение количества флюорита (составляющего часто 99% шлиха) на флангах, т.е. в участках его выклинивания, независимо от горизонтов.

В Приложении 10 представлены результаты микроспектрального анализа касситерита на элементы-примеси рассматриваемого рудного тела, из которого видно, что в интервале 80—160 м в касситерите намечается тенденция к уменьшению с глубиной количества In, W, Nb, Zr и увеличению Sc, V, Cr, Ti, Fe, Zn, Pb; Be ведет себя невыразительно. Из сравнения распределения элементов-примесей в касситеритах жилы месторождения Учкошкон с касситеритами второй генерации жилы Опытной можно сказать, что Sc, Cr, Pb, Zn, W и Nb ведут себя аналогично, а V, Zr поменялись местами. Тем не менее, как следует из табл. 15, геохимические формулы

глубинности  $\nu_{1-7}$  применимы и к рассматриваемой жиле месторождения Учкошкон: по всем семи формулам монотонные отношения между 80—160 м направленно увеличиваются примерно на порядок. Больше того, из сравнения числовых показателей на 240 м рудного тела Опытного с числовыми показателями рудного тела месторождения Учкошкон на 80 м можно с большой долей уверенности предположить, что последнее вскрыто на значительно большую относительную глубину, чем первое. Об этом свидетельствуют и некоторые косвенные геологические данные и, в частности, тот факт, что Учкошконское рудное тело с поверхности эродировано и перекрыто современными осадочными отложениями (рис. 13), в то время как жила Опытная нулевым горизонтом вскрыта в верхней своей части. Поэтому числовые показатели (монотонные отношения элементов) по всем семи формулам нулевого горизонта жилы Опытной во много раз меньше, чем на 160 м рудного тела Учкошконского месторождения. Что касается отдельных жил 80 м (табл. 15), сливающихся на глубине 160 м в единое рудное тело, то они находятся в самой различной степени вскрытия. Примерно они могут быть объединены в две группы. Глубина эрозионного (искусственного) среза жил № 1, 2, 3, 5, 7, 10 соответствует приблизительно средней по 80 м, а в ряде случаев достигает глубины 160 м. Практически эти жилы находятся в стадии выклинивания. У остальных жил, и в особенности Четвертой, вскрыты лишь верхние их части, отвечающие началу и середине жилы Опытной месторождения Трудового.

В заключение по рудным телам Сарыджазского рудного района можно высказать предположение, что монотонные отношения, установленные для групп элементов-примесей в касситеритах из верхних и средних (?) частей жилы Опытной месторождения Трудового, продолжают в таких же соотношениях на более глубоких горизонтах в касситеритах рудной жилы месторождения Учкошкон. Иными словами, жила Учкошконского месторождения, отстоящая примерно в 200 км от Опытной, является как бы продолжением ее на глубину. Однако это лишь предположение, дальнейшие исследования после завершения разведки рудного тела Опытного позволят осветить этот вопрос более определенно.

#### *Рудные тела Хинганского месторождения*

Хинганское оловорудное месторождение сульфидно-касситеритовой формации, расположенное в гранит-порфирах, детально описано в работах Г.В. Ицксон [36, 37, 39] и Ф.Г. Федчина [127]. Г.В. Ицксон в его формировании выделяет три последовательные стадии: дорудную, дайковую и рудную. В результате прорыва газов и гидротерм в первую — дорудную — стадию появилась воронкообразная зона, представленная взрывной брекчией, возникновение которой сопровождалось превращением окружающих гранит-порфиров и самой брекчии в серицит-тюрингит-кварцевые породы. Позже произошло внедрение маломощных даек порфиритов (вторая — дайковая стадия) и затем образование рудного (третья — рудная стадия) штокверка, представленного густой сетью ветвящихся трещин, заполненных гидротермальным материалом. Г.В. Ицксон [36,

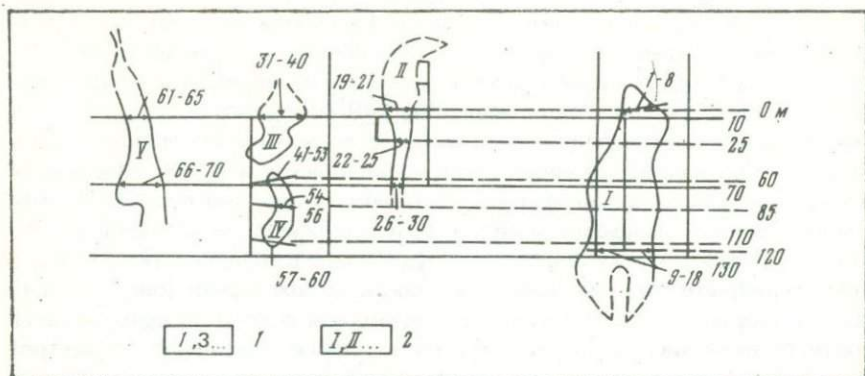


Рис. 14. Схематическая проекция на вертикальную плоскость трубчатых рудных тел месторождения Хинган

1 — номера проб, 2 — номера рудных тел

с. 287] подчеркивает, что рудный штокверк возник в течение одной стадии из одного потока растворов без каких-либо перерывов.

Морфологически месторождение представляет собой серию отдельных обогащенных оловом трубчатых тел, сложенных брекчией кварцевых порфиров, смешанной брекчией, состоящей из кварцевых порфиров и хлорит-серицит-кварцевой породы по гранит-порфирам и брекчии гранит-порфиров. Оруденение развивается в брекчии, иногда образуя в ней густую сеть прожилков сложного состава с ранним и поздним касситеритом. Формирование ранних касситерит-хлорит-кварцевых прожилков происходило в последовательности: касситерит, ранний кварц, вольфрамит, леллингит, арсенопирит, ранний хлорит, поздний кварц, адуляр. В прожилках позднего касситерит-флюоритового парагенезиса ранним является флюорит, затем следуют касситерит, поздний флюорит, кварц, гидромусковит, самый поздний флюорит и адуляр.

Распределение элементов-примесей в пяти трубчатых телах (рис. 14, Приложение 11) и пересчет их по  $\nu_{1-16}$  показали следующее. В рудном теле I In и Nb ведут себя неопределенно; количество W, Be, Fe, как и в месторождениях Кавалеровского района, с глубиной увеличивается, а Sc и Ti — уменьшается;  $\bar{H}$  для всех трех горизонтов оказались противоречивыми, не отвечающими фактическим данным. В рудном теле II количество In, W, Fe в касситерите с глубиной падает, а Cr, Nb, Ti — увеличивается;  $\bar{H}$  не соответствуют действительному положению. Pb рудному телу III пересчет дал результаты соответствующие данным ГРП, т.е. выклинивание. В трубчатом теле IV противоположно по сравнению с месторождениями Кавалеровского района ведут себя Sc, V, Cr, In, W, а Be, Fe, Nb, Ti так же, как в эталонной жиле;  $\bar{H}$  неопределенные. В касситерите рудного тела V только In, Be, Fe распределяются так же, как в касситерите Кавалеровского района; соотношения других элементов противоположные, поэтому  $\bar{H}$  обратные: глубина вскрытия рудного тела на горизонте 70 м оказалась несравнимо меньшей, чем на горизонте 10 м.

Таблица 16

Среднее содержание элементов-примесей в касситерите (% массы) по горизонтам (I–V) трубчатых тел месторождения Хинган

Элемент	I, II, III, V 0–10 (26)	II 25 (4)	II, IV, V 60–70 (23)	IV 85 (3)	V 110–120 (14)
In	0,0214	0,0212	0,0199	0,0178	0,0172
Sc	0,0011	0,0002	0,0020	0,0015	0,0021
W	0,257	0,222	0,213	0,156	0,178
Nb	0,0050	—	0,0121	0,0066	0,102
V	0,0007	—	0,0009	0,0033	0,0013
Cr	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0023
Be	0,000 124	0,000 255	0,000 172	0,000 194	0,000 189
Ti	0,092	0,030	0,164	0,106	0,097
Zr	0,005	—	0,014	—	—
Fe	1,97	2,54	2,26	2,31	2,41
Mn	0,003	0,007	0,004	—	0,001
Zn	0,0029	0,0016	0,0046	0,0048	0,0062
Pb	0,0014	0,0024	0,0008	0,0013	0,0004

Примечание. В числителе — номера трубчатых тел; в знаменателе — 0–10, 25 и т.д. — глубины от нулевого горизонта, в скобках — количество анализов. Проверк (—) — элемент при данной чувствительности анализа (табл. 1) не обнаружен.

С целью получения для месторождения Хинган своих монотонных отношений, т.е. геохимических формул глубинности, была составлена табл. 16. Выяснилось, что с глубиной количество Sc, Nb, V, Ti проявляет некоторую, очень слабую, тенденцию к увеличению, а In и W — к уменьшению (что в отношении Nb и In соответствует данным Н.Н. Никулина, [68]). Однако пересчет данных табл. 16 по программе НЮ-2 [67] монотонных отношений не выявил. Таким образом, несмотря на то что Хинганское месторождение, как и месторождения Кавалеровского района и Шерловая Гора, относятся к одной и той же сульфидно-касситеритовой формации, поведение элементов-примесей в касситерите этого месторождения совершенно иное и, как выяснилось, — хаотическое. Причиной такого "хаотического" распределения элементов-примесей в касситерите Хинганского месторождения может быть с одной стороны, необычность условий, существовавших в период его формирования [36], а с другой — возможность смешения разновозрастного касситерита при опробовании — мысль, высказанная старшим геологом месторождения Ю.А. Афониним. Г.В. Ициксон отмечает, что хотя штокверковое месторождение Хинган по геологическим условиям формирования является типичным представителем сульфидно-касситеритовой формации, по минеральному составу ему свойственны черты, характерные и для месторождений кварцево-касситеритовой формации и переходной между ними. Специфика минерального состава является следствием особых условий формирования этого месторождения: с одной стороны, отмечает

Г.В. Ициксон, скоротечность процессов минералообразования, с другой — химический состав и физические свойства вмещающих пород. По Г.В. Ициксон [38], на формирование месторождения влияли три фактора: малая глубина его образования, исключительная тектоническая активность района и концентрация в относительно небольшом пространстве огромного количества гидротерм.

Физико-химические условия были неравновесные, а поэтому и минеральные соотношения и текстурно-структурные особенности в отдельных рудных телах были различные, несмотря на то что они формировались, как подчеркивает Г.В. Ициксон, в одну рудную стадию из одного потока растворов. Отсюда, как представляется автору данной работы, проистекает и беспорядочное, хаотическое распределение элементов-примесей в касситерите, кристаллизовавшемся в исключительно сложных неравновесных условиях. Поэтому и такая разница в распределении элементов-примесей в касситерите различных рудных тел и отсутствие общей закономерности их распределения в целом по месторождению. Все это не исключает мнения Ю.А. Афонина о разновозрастности касситерита, различные генерации которого могли содержать различные элементы-примеси в самых разнообразных соотношениях. Нами этот фактор при опробовании не учитывался, да и вряд ли мог быть учтен по техническим причинам: разделить в полевых условиях касситерит по генерациям практически невозможно.

## Глава 2

# ОКРАСКА И МОДИФИКАЦИЯ КАССИТЕРИТА И ФОРМА ВХОЖДЕНИЯ В НЕГО ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ

Одновременно с исследованием закономерностей распределения элементов-примесей в касситерите как возможных индикаторов относительной глубины рудообразования изучались некоторые особенности самого касситерита. В частности, рассматривались причины окраски касситерита и зависимость ее от относительной глубины его кристаллизации, выяснялась роль криптокристаллического и колломорфного касситерита в общем процессе рудообразования, а также форма вхождения в касситерит элементов-примесей. Кратко эти вопросы освещены в статьях автора [77, 80—83, 86—88, 90, 142, 143], здесь же приводится более детальная их характеристика и делаются некоторые выводы и обобщения.

### 1. Окраска касситерита

Детально причины окраски касситерита рассматривали Г.Л. Вазбуцкий [14], Е.И. Долманова с соавторами [26] и др. Г.Л. Вазбуцкий в качестве основных красителей выделил Nb, Ta, Fe, Mn, Ti, W. Нами для выяснения роли этих и других элементов в окраске касситерита исследовалось их количественное содержание с помощью микроспектрального анализа.

В результате просмотра нескольких сотен монофракций касситерита из месторождений Приморья было выделено 9 различно окрашенных его разновидностей и составлена эталонная коллекция. Цвет касситерита определялся только под бинокляром на белом фоне при одном увеличении и всегда в зернах одинаковой величины (0,1 мм). Ниже рассматривается различно окрашенный только кристаллический касситерит; скрытокристаллическому и колломорфному будет посвящен специальный раздел.

Касситерит установлен следующих цветов: черный, темно-коричневый, коричневый, светло-коричневый, серо-коричневый, серый, бледно-розовый, желтый, бесцветный.

Черный касситерит обнаружен непрозрачный и прозрачный. Первый переполнен пылевидной тонкой массой черного цвета, вследствие чего он совершенно не пропускает свет даже в обломках менее 0,01 мм. Этот касситерит встречается исключительно редко; установлен в жилах Оловянной и № 18 Дубровского месторождения. Второй — черный прозрачный касситерит — в обломках 0,1 мм просвечивает, напоминая черный рутил-нигрин, а в более мелких — приобретает сходство с дымчатым кварцем; встречается часто и в значительно больших количествах, чем черный непрозрачный касситерит.

Коричневый касситерит по интенсивности окраски разделяется на темно-коричневый, коричневый и светло-коричневый; распространен широко, а иногда полностью слагает отдельные рудные тела. Серо-коричневый касситерит окрашен обычно неравномерно, так как состоит из мельчайших, постепенно и незаметно взаимопроникающих друг в друга сростков черно-прозрачного, коричневого и серого касситерита; распространен довольно широко. Серый касситерит окрашен более равномерно, но чаще несколько мутноватый и менее прозрачен; встречается часто и в относительно больших количествах. По интенсивности окраски среди серо-коричневого и серого касситерита встречаются темные и светлые разности.

Розовый касситерит отличается прозрачностью и чистотой, т.е. отсутствием включений; встречается редко. Желтый касситерит пористый, рыхлый, напоминающий глинку; обнаружен только в жилах Оловянной и № 18 Дубровского месторождения. Бесцветный водяно-прозрачный касситерит отмечен двух морфологических разностей: 1) игольчатый и тонкий длинно-призматический, 2) бесформенный, кристаллизующийся в сростках с любым другим разноцветным касситеритом или образующий с ним зональные кристаллы. Первый касситерит встречается редко и главным образом на Смирновском месторождении, второй распространен относительно шире, но также в небольших количествах.

На основании изучения большого количества штуфов, шлифов и отдельных кристаллов установлен следующий примерный порядок кристаллизации различно окрашенных касситеритов: черный, темно-коричневый, коричневый, светло-коричневый, серо-коричневый, серый. Положение розового и бесцветного, встречающихся в сростках с различно окрашенным касситеритом, неясное; игольчатый бесцветный касситерит — всегда самый поздний. Однако отмеченный порядок наблюдается лишь в кристаллах и агрегатах касситерита с более или менее выраженными зонами роста, когда же разноцветный касситерит образует пятнистые неправильные скопления, то говорить о какой-либо последовательности его выделения практически невозможно. Лишь положение игольчатого и тонкого длинно-призматического бесцветного касситерита всегда определено — он окружает внешние зоны кристаллов (рис. 15), сферолитов (рис. 16) и реже колломорфно-натечных образований касситерита. Кроме описанных, установлен еще один, очень редко встречающийся, явно поздний бесцветный касситерит, образующийся в виде бугорчков на периферических частях сферолитов (рис. 17, вкл.), напоминающих зародыши кристаллов. Путем сравнения с эталонной коллекцией из монофракций размером 0,1 мм отбирались в отдельные пакетики различно окрашенные касситериты и определялось их количественное соотношение в каждом шлихе. Таким путем касситерит был отобран из проб, взятых по простиранию и падению рудных жил Оловянной, Молоковской и № 18 Дубровского месторождения, из жилы Январской месторождения Смирновского и жилы Опытной Трудового месторождения.

Довольно равномерное распределение различно окрашенных касситеритов по падению рудных жил (рис. 18) позволяет говорить, что цвет минералов не зависит от глубины их образования. Вместе с тем появление



Рис. 15. Нарастание тонкопризматического касситерита на ранний крупнокристаллический. Увел. 50

на горизонте XI в жиле № 18 черного прозрачного касситерита, насыщенного вольфрамом, несколькостораживает и не позволяет считать этот вывод безусловным.

Преобладающим на всех горизонтах является касситерит коричневых цветов — темно-коричневый, коричневый, светло-коричневый, серо-коричневый. Но в жиле Опытной Трудового месторождения главную массу обеих генераций касситерита составляет серо-коричневый и совсем нет черного непрозрачного; касситерит остальных цветов представлен очень небольшими количествами.

Все монофракции различно окрашенного кристаллического касситерита (около 400 штук) были проанализированы на содержание элементов-примесей<sup>1</sup>. В Приложениях 12–14 показаны результаты анализов для наиболее крупных, детальнее других изученных, жил Смирновского и Дубровского месторождений.

Рассматривая данные, приведенные в приложениях, легко заметить, что на окраску касситерита влияют как отдельные элементы, так и их сочетания. Для черного прозрачного касситерита из всех трех жил характерно высокое содержание W при относительно низком других элементов. Это позволяет сделать вывод о том, что черный цвет касситериту придает именно W. О роли W в окраске касситерита в черно-прозрачный цвет говорит постепенное снижение его содержания в 4 специально подобранных образцах — от очень темного до очень светлого: 6,7–4,86–0,54–0,25%; в распределении Fe, Ti и других элементов закономерности

<sup>1</sup> Элементы-примеси рассматриваются главные, наиболее характерные для исследованных месторождений (см. гл. 1).

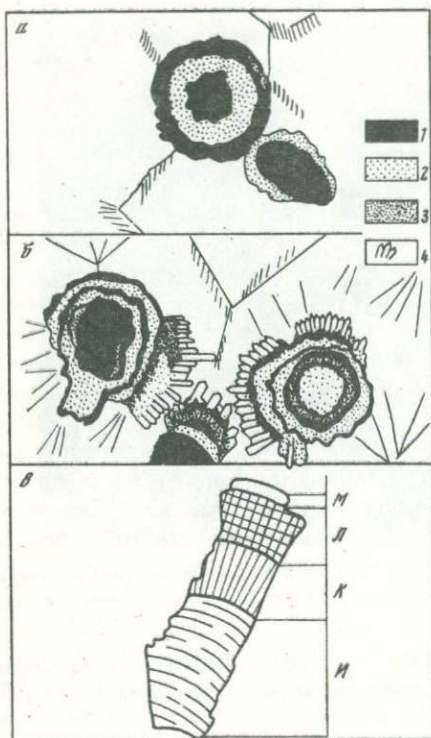


Рис. 16. Сферолиты касситерита в кварц-хлоритовом агрегате (а и б — увел. 80) и деталь фестончатого колломорфного касситерита (в — увел. 50)

1 — кристаллический различного цвета, 2 — белый мучнистый, кристаллический, 3 — белый мучнистый, криптокристаллический, 4 — бесцветные тонкопризматические кристаллики; *u* — серо-коричневый тонкопереслаивающийся, кристаллический; *k* — серо-коричневый веерообразный, кристаллический; *l* — белый мучнистый, кристаллический; *m* — серо-коричневый, кристаллический

не наблюдается. Выше отмечалось, что изредка в небольших количествах встречается черный непрозрачный касситерит, насыщенный черной пылевидной массой. Микроспектральный анализ одного образца такого касситерита из жилы № 18 показал

очень высокие содержания в нем Fe (6,23%), Cr (8%), In (0,023%), Mn (0,02%) и относительно низкое W (0,34%).

Окраска касситерита в коричневый цвет зависит от присутствия в нем главным образом Fe: касситерит из всех трех жил светлеет с понижением содержания Fe, переходя от темно-коричневого в светло-коричневый (рис. 19, Приложения 12–14). Также существует прямая зависимость между понижением интенсивности окраски коричневого касситерита и уменьшением в нем количества W и Ti. С понижением интенсивности окраски в коричневых касситеритах из всех трех жил направленно уменьшается содержание In, V, Be, Mn. Однако прямого влияния на окраску касситерита эти элементы, по-видимому, не оказывают, так как в большей степени входят в него посредством минералов-включений субмикроскопических размеров, представленных вольфрамитом, анатазом, рутилом, ильменитом, цирконом, хромитом, о чем детально будет сказано ниже.

Рис. 18. Распределение касситерита разной окраски и модификации в жилах различных месторождений

1 — черный непрозрачный, 2 — черный прозрачный, 3 — темно-коричневый, 4 — коричневый, 5 — светло-коричневый, 6 — серо-коричневый, 7 — серый, 8 — розовый, 9 — бесцветный, 10 — желтый (глинистый). Касситериты коричневых и серо-коричневых цветов заштрихованы; криптокристаллическая модификация касситерита — крап полный, смешанная — крап неполный

*Жилы Дубровского месторождения*

Горизонт	Число проб	Оловянная	Число проб	Малоковская	Число проб	Восемнадцатая	
I	3	2 3 4 5 6 7 8 9 10		образцов нет		образцов нет	
II	1	2 6 7			3	2 3 4 5 6 7 8	
III	2	2 3 4 5 6 7 9	1	2 3 5 8	9	2 3 4 5 6 7 8 10	
VI	3	2 3 4 6 7 8 9	7	2 3 4 5 6 7 9	10	2 3 4 5 6 7 8 9 10	
V	1	2 4 5 6 7 8	3	2 3 4 6 7	4	2 3 4 5 6 7 9	
VI	5	2 3 4 6 7 8 9	7	2 3 4 5 6 8	3	2 3 4 5 6 7	
VII	4	2 3 4 5 6 7 9	1	3 4 6 7	6	2 3 4 5 6 7 8 10	
VIII	2	2 4 5 6 7 9	5	2 3 4 5 6 7 9	4	2 3 4 5 6 7 8 10	
IX	6	2 3 4 5 7 8 10		← 100% →		2 3 4 5 6 7 8 10	
X		образцов нет				образцов нет	
XI	2	2 3 4 5 9			3	2 3 4 5 6 7 9	
XII		образцов нет				← 100% →	
XIII	1	1 3 6 7					
XIV	1	3 5 7 8					
		← 100% →					

*Месторождения и жилы*

		Смирновское		Трудовое			
		Январская		Опытная			
Глубина	Число проб			Число проб	Генерация II	Число проб	Генерация I
100	2	2 3 5 6 7		6	4 6	2	2 3 4 6
	1	5 8 9 7		15	3 6	2	2 3 4 6
	1	2 4 6 8 7					
	1	4 6 8 7					
	1	2 3 5 6 8 9		17	4 6	1	4 6
200	3	2 3 5 6 9 7					
	2	3 6 7					
	1	2 3 5 6 7		7	2 6 7	2	6
	2	2 3 4 5 6 8 9 7					
	1	4 5 6 7		8	3 6	1	3 4 5 6 8
300	1	2 4 6 8 9 7					
	3	2 3 4 5 9 7					
	1	2 4 6 9 7					
380	1	4 5 6 8					
	1	4 5 6					

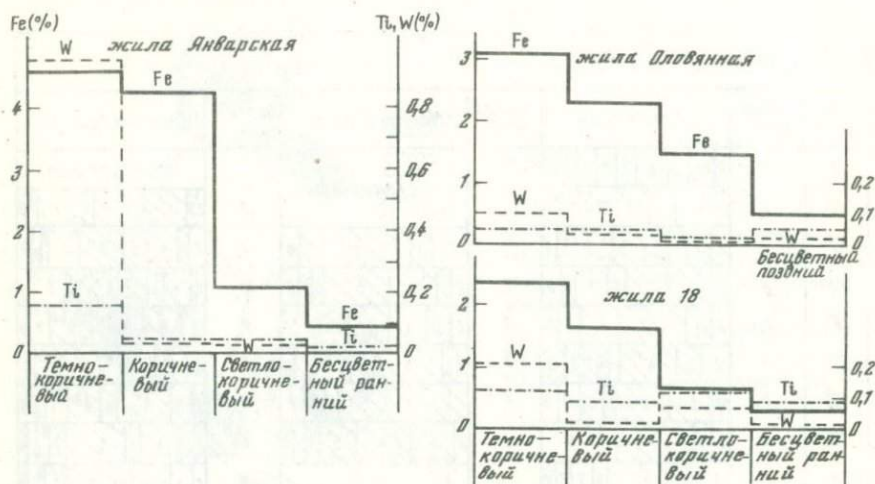
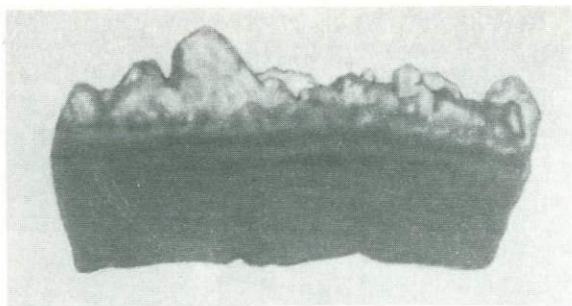


Рис. 19. Зависимость интенсивности окраски касситерита от содержания в нем Fe, Ti, W (% массы)

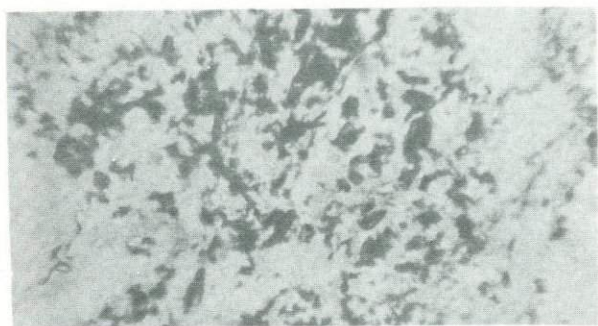
Прямая зависимость между интенсивностью окраски коричневого касситерита и содержанием Fe, Ti и W наблюдается также для подобного касситерита из рудного тела месторождения Учкошкон (табл. 17).

Серо-коричневый касситерит анализировался из нескольких трехслойных зональных сферолитов, центральные части которых сложены темными, а периферические более светлыми кристаллическими разностями. Касситерит всех трех зон от рядового серо-коричневого касситерита (Приложения 12–14) отличается относительной однородностью окраски. Из анализа сферолита (табл. 17, жила № 18) видно, что окраска касситерита в серо-коричневый цвет находится в прямой зависимости от содержащихся в нем Fe, W и Mn и в обратной — от Ti; в более светлых разностях меньше Be и In. При этом ни в одной из зон серо-коричневого касситерита, слагающих сферолит, не обнаружены Sc, Nb, Cr, Zr, в то время как в рядовом эти элементы присутствуют в относительно больших количествах. Анализ довольно однородного серо-коричневого касситерита темного и светлого тонов из жилы Опытной Трудового месторождения дал результаты (табл. 17), близкие к результатам анализа сферолита из жилы № 18: в светлой разности меньше, чем в темной Fe, W, Mn, Be; остальные элементы ведут себя невыразительно. Отсюда можно заключить, что окраска касситерита в серо-коричневый цвет зависит в основном от содержания в нем Fe, W и Mn.

Серый касситерит по набору и содержанию элементов-примесей (Прилож. 12–14) сходен с серо-коричневым, но в нем несколько больше W и меньше Fe, что придает ему серый цвет, сближая с черно-прозрачным, а не с коричневым касситеритом. Анализ серого различной интенсивности окраски касситерита из сферолита жилы № 18 показал, что в очень светло-серой разности (табл. 17) меньше W, Mn, Fe и больше Ti, чем в светло-серой, откуда можно сделать вывод о влиянии именно этих элементов на



*Рис. 17.* Зарождение кристалликов бесцветного касситерита на периферической части сферолита. Увел. 200



*Рис. 20.* Криптокристаллический касситерит (черное) в кварц-хлорит-серицитовом агрегате. Увел. 125



*Рис. 21.* Смесь кристаллического и криптокристаллического касситерита в турмалине. Увел. 80



*Рис. 24.* Кварц-касситеритовая жила симметрично-полосчатой текстуры; в зальбандах фистончатые агрегаты коллоидного касситерита (фото Т.В. Забариной) . 1/2 натур. вел.

окраску данного касситерита. Как и в серо-коричневом касситерите из сферолита, в сером сферолитовом касситерите отсутствуют Sc, Nb, Cr, Zr и, кроме того, In.

Установить влияние элементов-примесей на окраску касситерита в розовый цвет не представилось возможным, т.к. из-за недостатка материала не удалось выделить монофракции различной интенсивности его окраски. Сравнение анализов розового касситерита из различных жил (Приложение 12—14) показало, что по набору и содержанию элементов-примесей он практически одинаковый.

В бесцветном касситерите в соответствии с его описанными выше морфологическими особенностями меняется набор и содержание элементов-примесей.

Впервые бесцветный касситерит был отобран из жилы Январской Смирновского месторождения и проанализирован на элементы-примеси в 1972 г. [87]. Он был представлен в основном водяно-прозрачными игольчатыми и тончайшими длинно-призматическими кристалликами, встречающимися в разрозненном виде почти во всех монофракциях касситерита. Вывод об относительно поздней кристаллизации этого касситерита был сделан по косвенным данным — на основании отсутствия в нем In, W, Nb, Zr и самого низкого содержания Sc, Ti, Fe (прилож. 12). Позже на месторождениях Кавалеровского и других районов Советского Союза бесцветный водяно-прозрачный касситерит был обнаружен в сростках с касситеритом различной окраски и в виде игольчатых и тонких длинно-призматических кристалликов, покрывающих периферические поверхности сферолитов и раннего крупно-кристаллического касситерита различной окраски. Микроспектральный анализ игольчатого и длинно-призматического касситерита из жилы Оловянной (Приложение 14) и других Дубровского месторождения показал результаты, близкие к результатам анализа игольчатого и тонкого длинно-призматического касситерита из жилы Январской (Приложение 12): отсутствие In, Sc, Nb, Zr, а также Cr и низкие содержания Ti и Fe.

Таким образом, предположение об относительно поздней кристаллизации игольчатого и длинно-призматического бесцветного касситерита, высказанное на основании обеднения его элементами-примесями, — подтвердилось и морфологическими данными (иголки нарастают на поверхности раннего касситерита). Однако не всегда явно поздний бесцветный касситерит обеднен всеми отмеченными выше элементами. Так, анализ верхней части сферолита (рис. 17), представленной бесцветным "зародышевым" касситеритом, показал содержание (% массы): In — 0,0047, W — 0,257, Be — 0,0010, Ti — 0,0026, Fe — 4,46, Mn — 0,0084, в то время как в основании (темное), т.е. в той части, на которой формируются бесцветные зародышевые кристаллики касситерита, совершенно отсутствует In и значительно меньше Fe (2,7%) при относительно повышенном содержании W=0,43% и Mn = 0,02%; и в верхней и в нижней частях сферолита отсутствуют Sc, Nb, V, Cr, Zr. Но подобные случаи чрезвычайно редки и могут быть отнесены к числу экзотических. В основном же закономерность — понижение содержания элементов-примесей в позднем бесцветном касситерите, как правило, сохраняется.

Таблица 17

Содержание элементов-примесей (% массы) в кристаллическом касситерите различного цвета из разных месторождений

Цвет, интенсивность окраски	In	Sc	W	Nb	V
Жила № 18 Дубровского месторождения.					
Серо-коричневый, очень светлый	—	—	0,141	—	0,0015
Светлый	0,0028	—	0,159	—	0,0007
Темный	0,0070	—	2,510	—	0,0011
Жила Опытная Трудового месторождения					
Серо-коричневый, светлый	0,0005	—	0,008	0,0061	0,0006
—"	—	—	0,018	0,0110	0,0012
—"	—	—	0,016	0,0065	0,0002
—"	—	0,0009	0,039	0,0180	0,0002
Среднее	0,0001	0,0002	0,020	0,0104	0,0005
Серо-коричневый, темный	—	—	0,250	0,0207	0,0002
—"	—	—	0,455	0,0220	0,0005
—"	—	—	0,340	0,0280	0,0006
—"	—	0,0007	0,039	0,0460	—
Среднее	—	0,0002	0,271	0,0290	0,0003
Жилы Молоковская и № 18 Дубровского месторождения.					
Очень светло-серый	—	—	0,194	—	0,0020
Светло-серый	—	—	0,236	—	—
Рудное тело месторождения Учкошкон					
Темно-коричневый	0,0036	0,0004	0,311	0,0020	0,0010
Коричневый	0,0032	сл.	0,094	—	0,0007
Светло-коричневый	0,0004	—	сл.	—	0,0007
"	сл.	—	сл.	—	0,0012
Среднее	0,0002	—	сл.	—	0,0009
Бесцветный	0,0002	—	0,002	—	0,0006
"	—	—	сл.	—	0,0007
"	сл.	—	0,004	—	0,0009
Среднее	0,0001	—	0,002	—	0,0007

Бесцветный касситерит, извлеченный из агрегатов и сростков различного окрашенного касситерита, по содержанию элементов-примесей значительно отличается (Приложение 13) от бесцветного позднего (Приложения 12, 14). В нем присутствует почти весь набор элементов-примесей в содержаниях очень близких к светло-коричневому касситериту (Приложение 13), не обнаружен лишь In и в очень небольшом количестве

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
Жила № 18 Дубровского месторождения						
—	—	0,000 190	0,113	—	0,64	—
—	—	0,000 690	0,059	—	0,80	—
—	—	0,001 400	0,003	—	5,57	0,016
Жила Опытная Трудового месторождения						
сл.	0,000 050	0,123	0,008	0,24	—	—
0,0020	0,000 054	0,165	0,014	0,31	—	—
0,0032	0,000 009	0,117	0,009	0,22	—	—
—	0,000 013	0,170	0,016	0,41	—	—
0,0013	0,000 031	0,143	0,012	0,30	—	—
0,0009	0,000 075	0,177	0,014	0,28	0,0025	—
0,0025	0,000 089	0,155	0,018	0,44	—	—
0,0018	0,000 026	0,123	0,009	0,45	—	—
—	—	0,170	0,016	0,49	0,0037	—
0,0013	0,000 048	0,156	0,014	0,41	0,0015	—
Жилы Молоковская и № 18 Дубровского месторождения						
—	0,001 000	0,120	—	3,46	0,0046	—
—	0,003 200	0,002	—	3,86	0,017	—
Рудное тело месторождения Учкошкон						
0,0014	0,001 830	0,069	0,003	1,22	—	—
0,0039	0,000 014	0,078	—	0,24	—	—
0,0107	0,000 062	0,041	—	0,64	—	—
0,0008	0,000 052	0,045	—	0,46	—	—
0,0057	0,000 057	0,043	—	0,55	—	—
0,0029	0,000 013	0,020	—	0,36	—	—
0,0007	0,000 026	0,040	—	0,35	—	—
0,0016	0,000 067	0,038	—	0,33	—	—
0,0017	0,000 035	0,033	—	0,34	—	—

(примерно в два раза меньше, чем в светло-коричневом) присутствует Fe (рис. 19). Подобный касситерит из рудного тела месторождения Учкошкон (табл. 17) по содержанию элементов-примесей также близок к светло-коричневому того же рудного тела, но и тот и другой отличаются от касситерита жилы № 18 (Приложение 13) отсутствием In, Sc, Nb, Zr, Mn; это сближает его с игольчатым и тонко-призматическим бесцвет-

ным поздним касситеритом жил Январской и Оловянной (Приложение 12, 14).

Рассмотрение распределения элементов-примесей в касситеритах различного цвета позволяет сделать следующие выводы.

Черный прозрачный касситерит содержит самое высокое количество W, а черный непрозрачный — Fe, Cr, W, Mn, In. Окраска касситерита в коричневый цвет находится в прямой зависимости от содержания главным образом Fe и затем W, Ti — с уменьшением содержания этих элементов интенсивность окраски понижается. Интенсивность окраски касситерита в серо-коричневый и серый цвета падает с уменьшением содержания в нем Fe, W, Mn и увеличением Ti, но в серо-коричневом относительно больше Fe, а в сером — W. Для серого и серо-коричневого касситерита характерно несколько повышенное содержание Be (Приложения 12—14, табл. 17), колеблющееся в пределах тысячных и десятитысячных долей процента. В сером и серо-коричневом касситеритах, слагающих сфероциты, отсутствуют Sc, Nb, Cr, Zr, а иногда In. Элементы, влияющие на окраску касситерита в розовые цвета, не установлены. Особенностью этого касситерита является очень низкое содержание в нем индия (0,0008), Be (миллионные доли %), Fe (0,1—0,8%). Отсутствие окраски в бесцветном касситерите обеих модификаций следует объяснять очень низким содержанием Fe. Наличие или отсутствие других элементов в данном случае роли не играет (рис. 19, Приложение 12, 13). Это ясно видно из сопоставления следующих данных: в бесцветном касситерите, извлеченном из сростков различно окрашенного касситерита, установлены элемент-примеси в количествах близких к светло-коричневому, а бесцветный — поздний (игольчатый и длинно-призматический) касситерит (Приложение 12) почти лишен элементов-примесей. При этом если сравнивать содержание элементов-примесей в бесцветном касситерите с содержанием их в светло-коричневом (рис. 19), то становится очевидным, что повышение содержания Fe примерно в два раза превратит бесцветный касситерит в светло-коричневый.

## 2. Модификации касситерита

Под модификацией понимается различная степень раскristаллизации касситерита. Выделены три модификации касситерита: кристаллическая (рис. 15), криптокристаллическая (рис. 20, вкл.) и "смешанная" (рис. 21, вкл.) — смесь кристаллического и криптокристаллического в различных пропорциях. Криптокристаллический касситерит встречается довольно часто, но в небольших количествах, образуя в кристаллическом сгустки и пятна расплывчатой формы, а в коллоидных агрегатах слагающие отдельные зонки.

Зависимость содержания элементов-примесей от модификации особенно детально исследовалась в касситеритах из жил Оловянной, Молоковской, № 18 Дубровского месторождения и жилы Январской Смирновского месторождения. Была сделана попытка выяснить, как меняется состав касситерита при переходе его из кристаллической модификации в криптокристаллическую и наоборот. Исследования велись с помощью микро-

спектрального анализа в двух направлениях: анализировался касситерит одних и тех же монофракций (проб) одинаковой окраски, но различной модификации и из отдельных, последовательно расположенных, зонк, слагающих колломорфные агрегаты.

Модификация касситерита в монофракциях определялась в капле глицерина, зажатой между предметным и покровным стеклами (препарат растирается между стеклами до размера 0,05—0,01 мм) под микроскопом при увеличении в 160 раз. К криптокристаллическому относился касситерит, напоминающий глинистую массу и совершенно не пропускающий поляризованный свет, к смешанному — пропускающий частично, к кристаллическому — полностью.

Массовый просмотр препаратов касситерита из жил Дубровского, Смирновского и Трудового месторождений выявил следующее (рис. 18). Во-первых, подавляющая масса касситерита из всех пяти жил представлена кристаллической модификацией; на втором месте стоит "смешанная" и в очень небольшом количестве присутствует криптокристаллическая. Во-вторых, различные количества "смешанного" и криптокристаллического касситерита встречаются на любых уровнях рудных жил как Кавалеровского района, так и в жилах Январской Смирновского и Опытной Трудового месторождений. Это свидетельствует о том, что модификация касситерита не может быть использована в качестве критерия для суждения об относительной глубине формирования рудных жил.

Результаты микроспектрального анализа некоторых монофракций касситерита одинакового цвета, но различной модификации показаны в Приложениях 12—14, из которых видно, что типичная криптокристаллическая модификация отмечена лишь в одной пробе коричневого касситерита из жилы № 18, в четырех — серого из жилы Январской и трех — желтого из жилы Оловянной. "Смешанная" модификация встречается значительно чаще, чем криптокристаллическая: она имеется почти во всех касситеритах жилы № 18 (за исключением черного и розового), в светло-коричневом, серо-коричневом и сером из жилы Январской. В жиле Оловянной весь проанализированный касситерит серого цвета содержал в том или ином количестве криптокристаллическую модификацию (Приложение 14).

Распределение элементов-примесей в касситерите одинакового цвета, но различной модификации во всех трех жилах (Приложение 12—14) оказалось довольно разнообразным, что видно из рис. 22, 23. Так, если в смешанной модификации серо-коричневого касситерита из жилы Январской содержание элементов-примесей больше, чем в кристаллической, то в подобной модификации из жилы № 18 их меньше; в сером криптокристаллическом и смешанном касситеритах жилы Январской содержание большинства элементов меньше, чем в кристаллическом, а в жиле № 18 — больше; в смешанном светло-коричневом касситерите из жилы Январской всех элементов больше, чем в кристаллическом, а в подобном касситерите из жилы № 18 — содержание самое разнообразное. Примечательно, что смешанный и криптокристаллический касситерит почти всех цветов из жилы № 18 содержит больше бериллия, чем кристаллический. В целом же соотношение элементов-примесей в касситеритах различной модифи-

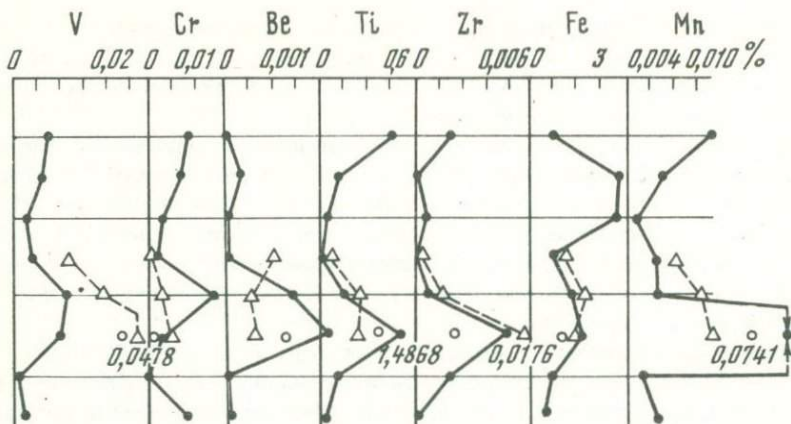


Рис. 22. Элементы-примеси в касситеритах различного цвета и модификации (жила Январская Смирновского месторождения)

1 — кристаллическая, 2 — криптокристаллическая, 3 — смешанная

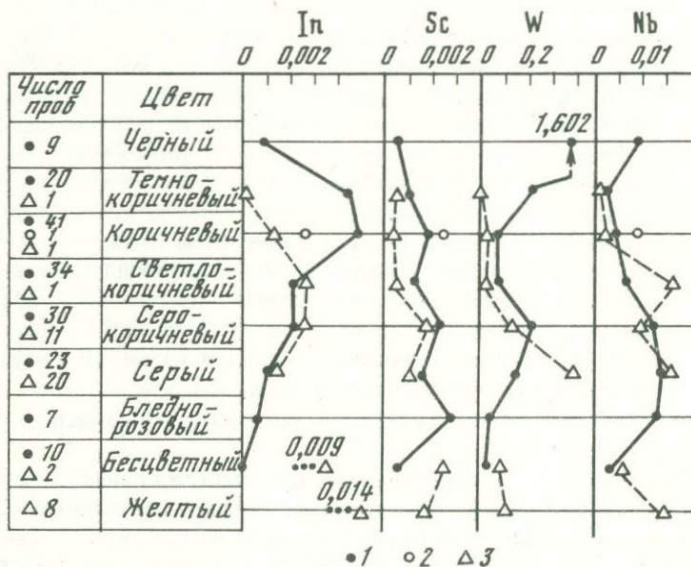
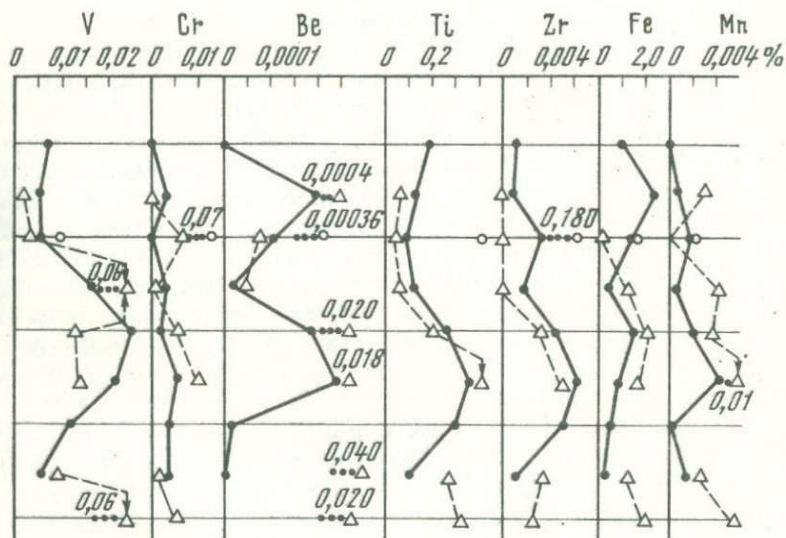
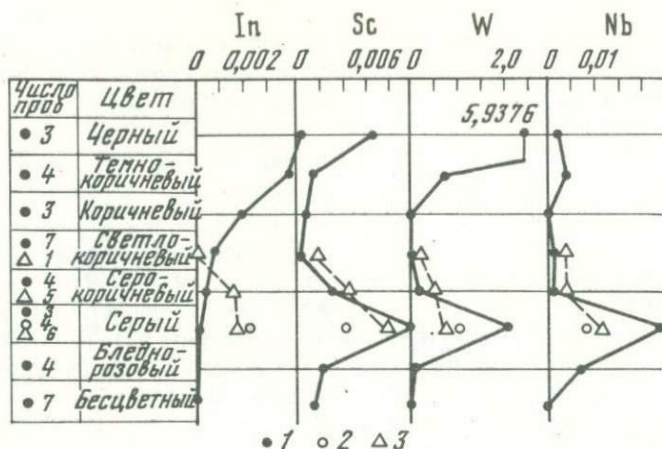


Рис. 23. Элементы-примеси в касситеритах различного цвета и модификации (жила № 18 Дубровского месторождения)

1 — кристаллическая, 2 — криптокристаллическая, 3 — смешанная

кация несколько более устойчивое в жиле Январской, чем в жиле № 18 (рис. 22, 23).

Рассмотренные материалы приводят к выводу о том, что вопрос о последовательности образования криптокристаллического и кристаллического касситерита по-прежнему остается чрезвычайно сложным. Повышенное количество почти всех элементов-примесей в светло-коричневом и серо-коричневом криптокристаллическом и смешанном касситери-



тах жилы Январской можно объяснить формированием их из раннего коллоидного раствора, еще богатого элементами-примесями. Однако преобладание всех элементов-примесей в кристаллической модификации серого касситерита той же жилы противоречит этому представлению. Противоречие еще более усугубляется данными жилы № 18, в которой почти каждая цветовая разновидность касситерита содержит в том или ином количестве смешанную модификацию, но не проявляет закономерности в насыщении

ности элементами-примесями. Следовательно, справедливо считать, что формирование касситерита происходило в очень сложных условиях из молекулярного рудонесущего или коллоидного растворов, количество элементов-примесей в которых постоянно изменялось. При этом изменялись и какие-то иные факторы, регулирующие процесс отложения касситерита (температура, давление, среда, концентрация), в результате чего даже в отдельных кристаллах и их различно окрашенных сростках зарождались участки касситерита криптокристаллической модификации, в которых содержание элементов-примесей иное, чем в кристаллических.

Несколько более отчетливо выявляются закономерности распределения элементов-примесей в колломорфном касситерите различной окраски и модификации. Этот касситерит, детально описанный по Дубровскому месторождению [59], привлекает внимание несоответствием состава средневаловому составу касситерита из указанного месторождения: их отличает заметно повышенное содержание в колломорфных агрегатах Fe, In, W при почти полном отсутствии Nb, Cr, Zr, Be.

Колломорфный касситерит на всех месторождениях обычно представлен сферолитами и фестончатыми агрегатами.

Сферолиты имеют скорлуповато-концентрическое строение, их размеры колеблются от 0,2 до 1 мм. Они сложены зонками мощностью 0,01—0,2 мм, состоящими из кристаллических агрегатов различной окраски, белой мучнистой тонкокристаллической или криптокристаллической (почти не реагирующей на проходящий свет) массы касситерита, в которой встречаются тончайшие сферические чешуйки, белые, фарфоровидные прослойки, нередко кристаллики. Последовательность расположения зонков в сферолитах разнообразная: чаще центральная часть (ядро) выполнена кристалликами, внутренний ободок — белой мучнистой массой, внешний — смешанной разностью. Наблюдается и другое чередование. Форма сферолитов преимущественно круглая, но отмечены и неправильные, эллипсоидные очертания (рис. 16, а, б). При дроблении сферолиты обычно сохраняют свою форму, выделяясь в монофракциях касситерита в виде шариков.

По внешнему ободку сферолитов иногда расположены мелко-призматические удлиненные кристаллики бесцветного касситерита, достигающие размера диаметра самого сферолита (рис. 16, б). Часто поверхность сферолитов покрыта мелкими бугорочками (рис. 17) или слабо просвечивающими волосовидными иголочками, придающими им вид "ежиков". Нередко сферолиты образуют кучевидные скопления размером до 2—3 мм. Встречаются сферолиты в различных участках рудных жил и в околорудных измененных породах. Чаще всего они вместе с явнокристаллическим касситеритом располагаются в кварц-хлоритовых жилках и плотных турмалиновых образованиях, но наблюдаются и в тонкочешуйчатой, замещающей терригенные породы, серицит-хлоритовой массе. Распространение сферолитов по падению рудных тел не ограничено: они обнаружены на всех горизонтах (Приложение 15).

Фестончатые колломорфные агрегаты касситерита встречаются чаще, чем сферолиты, причем также на любых участках рудных жил. Обычно они расположены в виде сплошных (иногда прерывистых) волнистых

лент на внутренней стороне боковых стенок кварц-сульфидно-касситеритовых жил мощностью до 10 см (рис. 24, вкл.); мощность фестончатых полосчатых агрегатов (лент) 2—4 мм, длина самая разнообразная. Строение фестонов по существу не отличается от строения сферолитов (рис. 16, в).

Для выяснения роли колломорфного касситерита в процессе рудообразования изучались содержащиеся в нем элементы-примеси по зонам. Вещество для микроспектрального анализа готовилось следующим образом: под бинокляром (в сложных случаях — под микроскопом) в капле дистиллированной воды с помощью иглы каждый сферолит и фестон расчленялся на зонки; зонка переносилась на лейкосапфировую пластинку (твердость 9), где очищалась от посторонних примазков и промывалась в спирте и воде, а затем наносилась на медные электроды. Анализу подверглись 14 сферолитов (Приложение 15, серии I—XIV) из пяти образцов, отобранных на различных горизонтах жил № 18 из Молоковской Дубровского месторождения. Результаты анализов позволили выявить некоторые особенности в соотношении элементов-примесей внутри сферолитов.

В распределении элементов-примесей по зонам сферолитов, ядерная часть которых сложена кристалликами касситерита, нет строгой закономерности. Так, если в ядерной части сферолитов III, IV и X серий содержание W, In, Fe выше, чем во внешнем ободке, то в ядерной части сферолита V серии содержание W ниже, чем во внешнем ободке, а Fe и In аналогично соотношениям в сферолитах III, IV и X серий. "Белый мучнистый" касситерит независимо от зоны — ядерной (VII, VIII и IX серии), внешней или внутренней (II, III, X, XI и XII серии), как правило, не содержит In; в нем мало (или совсем нет) W, он беден Fe. Если ядра сферолитов представлены кристалликами касситерита с повышенным количеством In (V и VI серии), то и "ежики" насыщены этим элементом; когда же ядро состоит из "белого мучнистого" касситерита (VII серия) и не содержит In, он отсутствует и в "ежиках". "Ежики" и иглочки по сравнению с ядрами обычно обогащены W, Fe, Ti, а в ряде случаев также In. Это свидетельствует о том, что в момент кристаллизации "ежиков" субстрат был обогащен этими элементами. Правда, трудно сказать, произошло ли обогащение за счет перераспределения этих элементов внутри сферолитов или за счет поступления чужих порций коллоидного, а возможно, и молекулярного растворов, насыщенных этими элементами.

Для всех зон сферолитов характерно практически полное отсутствие Sc, Nb, Cr, Zr и относительно высокое содержание Be. Вместе с тем в средневаловых пробах касситерита (куда входят и сферолиты и фестончатые агрегаты) из III и IX горизонтов жилы № 18 и VII горизонта жилы Молоковской присутствуют практически все элементы-примеси, включая Sc, Nb, Cr, Zr, а содержание Be сравнительно ниже (Приложение 15). Микроспектральный анализ пяти отдельных длинно-призматических кристаллов касситерита из кварцевой жилы свидетельствует о том, что кристаллический касситерит, составляющий основную массу месторождения, содержит все характерные для него элементы-примеси.

Фестончатые агрегаты колломорфного касситерита (Приложение 16, рис. 16, в) по распределению элементов-примесей сходны со сферолитами:

если центральная часть их состоит из кристаллического касситерита, то In проявляет тенденцию к уменьшению от внутренней (кристаллической) зонки к внешней (в направлении от центра жилы к зальбандам). Так же, как и в сферолитах, во всех зонках фестончатого агрегата отсутствуют Sc, Nb, Cr, Zr и несколько выше, чем средневаловое в касситерите Дубровского месторождения, содержание Be. Все это говорит о том, что образование сферолитов и фестончатых агрегатов происходило в одинаковых физико-химических условиях и в очень близкое, а возможно, в одно и то же время.

Отсутствие в колломорфном касситерите многих элементов-примесей, характерных для кристаллической его модификации, приводит к мысли, что в период формирования сферолитов и фестончатых агрегатов молекулярный или коллоидный раствор был беден ими. Наличие в кристаллическом касситерите более полного набора элементов-примесей говорит о том, что его кристаллизация происходила позже при поступлении в раствор этих элементов. Таким образом, выявленные особенности распределения элементов-примесей в колломорфном касситерите подтверждают точку зрения Е.А. Радкевич [99] и О.Д. Левицкого [59] о том, что основная масса кристаллического касситерита более поздняя, чем колломорфный касситерит. Вместе с тем эти же данные — отсутствие в колломорфном касситерите (составляющем около 10% общевалового) многих элементов-примесей — не позволяют согласиться с мнением этих исследователей о том, что кристаллический касситерит в значительной мере образуется за счет перекристаллизации колломорфного. Безусловно, затронутый вопрос очень сложный и ждет своего разрешения.

Сферолиты и фестончатые агрегаты касситерита обнаружены на всех горизонтах рудных жил Кавалеровского района. Это подтверждает мнение О.Д. Левицкого: развитие колломорфного касситерита не является признаком относительной глубины рудообразования, т.е. не дает оснований для определения степени эродированности месторождений.

### 3. К вопросу о форме вхождения элементов-примесей в касситерит

Форма вхождения элементов-примесей в касситерит — вопрос сложный, и несмотря на большое количество публикаций [14, 19, 22, 26, 27], единого мнения нет. Автором сделана попытка приблизиться к его разрешению путем сопоставления некоторых данных, полученных в результате применения различных методов исследования — визуального, химического, электронного микрозондирования, корреляционных связей:

После установления зависимости окраски касситерита от содержащихся в нем главных элементов-красителей касситерит с высоким содержанием Fe, W, Cr, Ti, а также Zr тщательно изучался под микроскопом, бинокуляром, в монофракциях и штуфах с целью обнаружения в нем минералов-включений, в которых эти элементы являлись бы минералообразующими.

Под бинокуляром в обломке касситерита были обнаружены мелкие включения — 0,05–0,1 мм в диаметре таблитчатой формы зеленоватого

Таблица 18

Результаты качественного микроспектрального анализа на элементы-примеси аксессуарных минералов из оловорудных жил Кавалеровского района и Смирновского месторождения

Элементы	Хромит (76)	Ильменит (3)	Рутил (4)	Анализ (3)	Вольфрамит (1)	Циркон (1)
Mg	2,5	x	++	+	X	+
Fe	37,3	%	++	++	%	=
Si	—	—	—	—	—	%
Al	9,48	x	x	x	—	+++
Cr	49,9	—	=	x	x	—
Ca	—	x	—	—	—	—
Ti	0,36	%	%	%	x	+++
W	—	—	—	—	%	—
Zr	—	+	—	+	—	%
Co	0,005	—	—	—	—	—
Ni	0,1	—	—	—	—	—
V	0,08	x	x	x	—	—
Sn	0,005	x	—	x	—	++
Zn	0,06	—	—	+	—	—
Mn	0,14	=	x	x	%	x
Sc	+	+	x	+	x	x
Pb	—	—	+	—	—	—
In	—	+	++	x	x	—
Be	—	—	—	—	x	—
Nb	—	+	+	x	—	—

П р и м е ч а н и е. Аналитик Л.И. Азарова (ДВГИ); хромит анализировался количественным микроспектральным методом [85]. Условные обозначения: % — много; доли процента: = — десятые; +++ — десятые—сотые; ++ — сотые; + — сотые—тысячные; x — тысячные; "—" — не обнаружено; в скобках — количество проб.

цвета с комбинацией граней (001) и (111), оказавшиеся анатазом (см. табл. 18). Подобные, а иногда дипирамидальные с исключительным развитием (111) кристаллы анатаза встречаются довольно часто и в монофракциях касситерита. Другие минералы титана непосредственно в касситерите не обнаружены, хотя ильменит и рутил присутствуют почти во всех монофракциях касситерита, достигая иногда 10—30% их объема; реже эти минералы встречаются в монофракциях сфалерита, арсенипирита, пирротина. Ильменит обычно представлен таблитчато-ромбоэдрическими кристаллами размером 0,05—0,3 мм, реже комбинацией (0001), (1011) и (0221) размером около 0,1 мм; окрашен ильменит в черный цвет, непрозрачный. Рутил в основном встречается в виде обломков призматических кристаллов черного цвета, но иногда попадают хорошо сохранившиеся кристаллы комбинации (111), (011), (100) и (110) размером до 0,2 мм.

Минералы вольфрама в касситерите не установлены, а в монофракциях касситерита изредка встречаются обломки вольфрамитом размером 0,05—0,11 мм; в монофракциях сульфидов вольфрамит не обнаружен. Самостоятельные минералы железа не установлены.

Циркон почти всегда присутствует в монофракциях касситерита, составляя иногда до 90% их объема. Непосредственно в касситерите он не установлен. Однако о его присутствии можно предполагать на основании того, что в некоторых пробах касситерита, растертых до состояния аморфной массы (частицы  $\leq 0,001$  мм), остаются кристаллические частицы, не поддающиеся растиранию в агатовой ступке, и именно в этих пробах обычно оказывается повышенное и неравномерное содержание циркония. Это служит косвенным признаком наличия в касситерите субмикроскопических включений циркониевого минерала. В сульфидных монофракциях циркон не установлен.

Отдельные зерна высокохромистой шпинели примерно состава  $(\text{Mg}_{0,128}\text{Fe}_{0,868}^{2+}\text{Mn}_{0,004})_{1,00}(\text{Al}_{0,390}\text{Cr}_{1,384}\text{Fe}_{0,221}^{3+})_{1,998}\text{O}_4$  [86] были установлены во многих шлихах—протолочках из сульфидно-касситеритовых жил ряда месторождений. Количество зерен в каждом шлихе (из образца весом до килограмма) обычно не превышало единичных знаков, но в отдельных случаях достигало 30—100. Как правило, минерал легко обнаруживался в монофракциях касситерита (по цвету) и исключительно редко в сульфидах, хотя по данным полуквантитативных спектральных анализов этих монофракций в них его не меньше, а иногда и значительно больше (в арсенопирите Cr до 0,5%). Чаще извлекались бесформенные обломки раздробленных кристаллов, иногда с уцелевшими отдельными вершинками или гранями и лишь изредка попадались полностью сохранившиеся индивиды типичной октаэдрической формы размером не более 0,05—0,2 мм. Судя по отдельным обломкам, размер некоторых зерен высокохромистой шпинели мог достигать примерно 0,5 мм. Вообще все зерна высокохромистой шпинели, вероятно, обладали типичной октаэдрической формой, нарушенной при дроблении в крупных кристаллах и сохранившейся в мелких. Непосредственно в касситерите хромит не обнаружен, но несколько его кристаллов размером 0,008—0,01 мм были установлены в кварце на контакте с касситеритом в прозрачных шлифах из кварц-хлорит-сульфидного агрегата с касситеритом.

Включения рутила, ильменита, гематита, тапиолита, циркона и вольфрамитов в касситеритах Забайкалья и других районов детально изучены различными методами и подробно описаны Е.И. Доломановой с соавторами [26]. Г.Л. Вазбуцким [14] в бесцветном касситерите из кварц-хлоритовых и кварц-магнетит-хлоритовых жил отмечены точечные включения пирита, тончайшая (тысячные и сотые доли мм) редкая вкрапленность магнетита и предположительно гематита (?). А.М. Болдырева [12] допускает возможность присутствия в касситерите анатаза и лимонита. Л.Б. Ворониной с соавторами [19] в касситерите обнаружены минералы группы колумбит-танталита, тапиолит, вольфрамит, магнетит, гематит, гидроокислы железа. Перечисленные примеры позволяют считать, что и обнаруженные нами акцессорные минералы являются включениями в касситерите, а по анализам, приведенным в табл. 18, можно ориентировочно судить, с какими из них могут быть связаны такие элементы, как Co, Ni, V, Sn, Sc, In, Be, Nb, Zr.

Электронное микрозондирование нами применено с целью установления хотя бы примерных количественных соотношений между

Таблица 19

Сравнение результатов анализа касситерита различного цвета микро-спектральным методом и электронным микрозондированием

Образец	Цвет	Ti	Fe	W	Cr
1671	Серо-коричневый	0,17/0,50	0,06/1,20	н.обн./0,26	0,0112
1708	"	0,044/0,13	0,09/1,65	0,08/0,19	0,0028
1713	Темно-коричневый	0,006/0,24	0,62/4,0	< 0,05/0,014	0,0034
1620	Светло-коричневый	0,0036/0,10	0,37/0,85	< 0,05/0,14	н.обн.
1618	Розовый	0,40/0,50	0,014/0,30	< 0,05/0,012	0,0051
2279	Бесцветный	0,03/0,020	0,014/0,36	< 0,05/0,002	0,0029
64/1791	"	0,012/0,003	н.обн./0,43	0,11/н.обн.	0,0260
1673	Черный непрозрачный	0,006/0,012	0,60/6,24	0,76/0,34	7,97
1671	Черный прозрачный	0,132/1,2	0,04/2,36	0,47/5,3	0,0078
1838	"	0,162/2,84	0,07/1,89	0,79/5,03	н.обн.
26/151	"	0,384/1,69	0,17/2,36	1,15/7,03	0,0290

Примечание. В числителе — результат анализа на электронном микрозонде (аналитик И.М. Романенко, ДВГИ); в знаменателе и Cr — на микроспектральной установке Н.В. Королева (аналитик Л.И. Азарова, инженер Л.А. Бутенко, ДВГИ).

элементами-примесями, входящими в касситерит изоморфно и в виде минералов-включений.

Напомним, что на микроспектральный анализ различно окрашенный касситерит отбирался в зависимости от наличия материала в количестве от единичных до 100—150 зерен (размер зерен всегда одинаков — 0,1 мм), которые затем растирались до фракции  $\ll 0,001$  мм. Одновременно отдельные зерна из некоторых проб анализировались на электронном микрозонде (ДВГИ, аналитик И.М. Романенко).

В табл. 19 приведены результаты анализа касситерита, полученные обоими методами. В числителях показано содержание элементов<sup>1</sup>, входящих в касситерит, согласно данным электронного микрозондирования, в основном изоморфно, в знаменателях — среднее содержание в пробах по данным микроспектрального анализа. Лишь в трех пробах электронное микрозондирование показало нахождение Ti и Fe не только в узлах кристаллографической решетки, но и в виде каких-то минеральных включений. Это относится к пробе 1671 серо-коричневого касситерита, в котором присутствуют порознь самостоятельные включения железа и титана, и к пробе 1671 — черно-прозрачного, содержащего включения железа. В пробе 1708 серо-коричневого касситерита обнаружены вакуоли с включениями железа и хлора, а также титана с серой (?) и кремнием.

<sup>1</sup> Разрешающая способность электронного микрозонда позволила определить только Fe, Ti, W; присутствие остальных элементов из-за низких содержаний не выявлено.

Исследование парных корреляционных связей между элементами-примесями в совокупности с изложенными данными также позволяет судить о форме вхождения ряда элементов в касситерит. Расчеты произведены на ЭВМ для касситеритов девяти цветов кристаллической и трех смешанной модификаций из жил № 18 и Январской; в работе приведены данные жилы № 18, количество анализов по которой значительно больше, чем по Январской.

Парные корреляционные связи, вычисленные для элементов-примесей в касситерите и подчиняющиеся во всех случаях нормальному закону распределения, приведены в сводной табл. 20 и на рис. 25. Коэффициент ( $R$ ) показан в зависимости от количества анализов для каждого цвета отдельно ( $V = n - 2$ , где  $n$  — число анализов) и отвечает уровню 95% вероятности [13]. При данном количестве проб для наличия линейной связи учитываются значения коэффициентов парных корреляций с условием, что  $r \geq R$ .

Рассмотрим парные корреляционные связи, сопоставляя с другими, изложенными выше, данными.

В черно-прозрачном касситерите (здесь и далее рис. 25, табл. 20) сильные связи между Ti—Fe—Sc; Fe—Cr—Ti и несколько слабее W—Fe—Ti. В первых двух случаях с уверенностью можно говорить о наличии в касситерите ильменита с примесью Sc и хромита с примесью Ti-минералов, довольно часто встречающихся в кварцево-сульфидно-касситеритовых жилах; иногда в хромите помимо Ti присутствует примесь Sc; но как показали исследования на электронном микрозонде, Ti, Cr и Fe входят в черно-прозрачный касситерит не только в виде минеральных соединений, но и изоморфно. При этом изоморфное вхождение элементов в количественном отношении значительно меньше, чем минеральных соединений субмикроскопических размеров (табл. 19). В черно-прозрачном касситерите самое высокое содержание W, но лишь относительно небольшая часть его входит изоморфно. Остальной W, судя по полному отсутствию связи с Mn и слабой — в жиле № 18 (но сильной в жиле Январской) с Fe, в основном может быть представлен окислоподобными соединениями (тунгститом, гидротунгститом), шеелитом и в меньшей мере ферберитом. Однако ни один из перечисленных минералов непосредственно в касситерите не обнаружен, а в кварц-сульфидно-касситеритовых агрегатах установлены только шеелит, вольфрамит и ферберит. По результатам анализа проб 1671, 1838, 26/151 намечается прямая зависимость между содержанием в касситерите общего и изоморфного W, и совершенно отсутствует она для Ti и Fe. Это подтверждает, во-первых, высказанное ранее мнение о том, что окраска касситерита в черно-прозрачный цвет зависит от присутствия в нем W, и во-вторых, предположить, что в основном изоморфный W придает ему этот цвет. Напомним: ни в одном из трех кристаллов (1671, 1838, 26/151), представленных типичным черно-прозрачным касситеритом (26/151 самый темный), электронным микрозондированием минералов вольфрама не обнаружено (табл. 19), откуда также можно сделать вывод о влиянии на окраску касситерита W, входящего в него изоморфно. В черно-прозрачном кристалле касситерита (1671) электронным микрозондированием обнаружено включение железа, возможно принадлежащее магнетиту или гидроокислам железа.

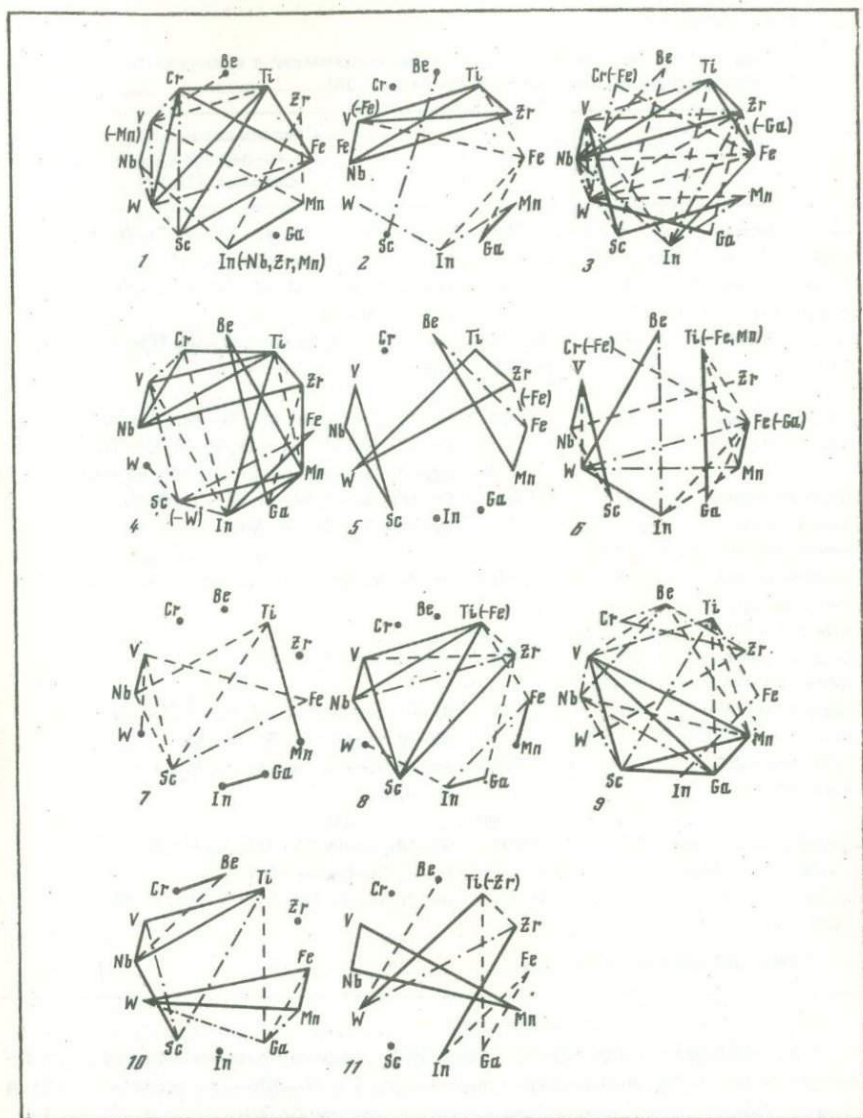


Рис. 25. Диаграммы парных корреляций элементов-примесей в касситеритах различного цвета и модификации (жила 18 Дубровского месторождения)

1 — черно-прозрачный, 2 — темно-коричневый, 3 — коричневый, 4 — светло-коричневый, 5 — серо-коричневый кристаллический, 6 — серо-коричневый смешанный, 7 — серый кристаллический, 8 — серый смешанный, 9 — бледно-розовый, 10 — бесцветный кристаллический из сростков (ранний), 11 — желтый (глинистый). Сплошные линии — сильная связь ( $\geq R$ ), пунктир с точкой — слабая связь (99–80% R), пунктир — очень слабая связь (79–60% R); элементы в скобках — отрицательная связь

Таблица 20

Парные корреляционные связи элементов-примесей в касситерите различного цвета и модификации по жиле № 18 (к рис. 25)

Цвет	Число анализов	$R \geq$	Степень связи (%)	
			Сильная (100R)	
Черно-прозрачный (1)*	9	0,666	In-(—Mn), Sc—Ti, Sc—Fe, W—Cr, W—Ti, Nb—V, Cr—Ti, Cr—Fe, Ti—Fe	
Темно-коричневый (2)	20	0,444	Nb—V, Nb—Ti, Nb—Zr, V—Ti, V—Zr, Ti—Zr, Mn—Ga	
Коричневый (3)	41	0,308	In—Fe, Sc—V, Sc—Mn, W—Ga, Nb—V, Nb—Ti, Nb—Zr, Ti—Fe, Ti—Zr	
Светло-коричневый (4)	34	0,335	In—Ti, In—Fe, In—Mn, Sc—Mn, Nb—V, Nb—Cr, Nb—Ti, Nb—Zr, V—Ti, Cr—Ti, Be—Mn, Be—Ga, Ti—Zr, Zr—Mn, Mn—Ga	
Серо-коричневый кристаллический (5)	30	0,362	Sc—Nb, Sc—V, W—Ti, W—Zr, Nb—V, Be—Mn, Ti—Zr, Fe—Mn	
Серо-коричневый смешанный (6)	11	0,602	In—W, Sc—V, W—Be, Nb—V, Ti—Ga, Fe—Mn	
Серый кристаллический (7)	23	0,415	In—Ga, Nb—V, Ti—Mn	
Серый смешанный (8)	20	0,444	Ib—Ga, Sc—Nb, Sc—V, Sc—Ti, Sc—Zr, Nb—V, Nb—Ti, V—Ti, Fe—Mn	
Бледно-розовый (9)	7	0,754	Sc—V, Sc—Mn, Sc—Ga, V—Mn, V—Ga, Mn—Ga	
Бесцветный кристаллический (10)	10	0,632	Sc—Nb, W—Fe, W—Mn, Nb—V, Nb—Ti, V—Ti, Cr—Be, Fe—Mn	
Желтый (глинистый) (11)	8	0,707	In—Zr, W—Ti, Nb—V, Nb—Mn, V—Mn	

\* Номер диаграммы на рис. 25.

В коричневом касситерите (табл. 20) различной интенсивности окраски сильные корреляционные связи между Ti—V—Nb—Zr, что объясняется присутствием микровключений анатаза с примесью Nb, Zr и V (табл. 18). Это согласуется и с количественным соотношением между Ti, Nb, Zr, V (Приложение 13) и обнаружением непосредственно в касситерите включений анатаза. В светло-коричневом касситерите выделяется ассоциация с сильными корреляционными связями Cr—Ti—Nb и слабой Cr—V; скорее всего это рутил с примесью Cr, V, Nb, широко развитый в рудных жилах. Частично Ti входит в коричневый касситерит (табл. 19, пробы 1713, 1620) в виде изоморфной примеси. Привлекают внимание в касситеритах коричневых цветов сильные связи Ti—Nb—Zr ассоциации [80]. Микроспектральный анализ обломков коричневого касситерита различной интенсивности окраски, извлеченных из одного кристалла, показал посте-

Степень связи (%)	
Слабая (99—80 R)	Очень слабая (79—60 R)
Sc—Cr, W—Nb, W—V, W—Fe, V—Cr In—W, In—Mn, Sc—Be	In-(—Zr), In-(—Nb), Sc—W, V—Ti, V—Be, Zr—Mn, V-(—Mn), Zr—Mn In—Fe, V-(—Fe), Fe—Ga, Fe—Ti
In—Nb, In—Zr, In—Mn, W—Nb, W—Cr, Nb—Be, V—Zr, V—Ti In—Sc, Sc—V, Sc—Fe, V—Cr	In—V, In—Ti, Sc—Nb, Sc—Be, W—V, W—Zr, W-(—Fe), W—Mn, Nb—Fe, Cr-(—Fe), Zr—Fe, Zr—Ga In—V, In—Cr, Sc-(—W), Ti—Mn, Zr—Ga
Be—Fe	Zr-(—Fe)
In—Be, W—Fe, W—Mn	In—Fe, In—Mn, Sc—Nb, W—V, Nb—Zr, Cr-(—Fe), Ti-(—Fe), Ti-(—Mn), Fe-(—Ga)
Sc—Fe	Sc—Nb, Sc—V, Sc—Ti, W—V, Nb—Ti, V—Fe
In—Fe, Nb—Zr	In—W, V—Zr, Ti—Zr, Ti-(—Fe), Zr—Ga
In—Fe, Sc—Nb, Sc—Ti, Nb—V, Nb—Be, Nb—Ga, Cr—Be, Cr—Zr, Be—Zr Sc—V, Sc—Ti, W—Ga, Mn—Ga	Nb—Mn, V—Be, V—Ti, Ti—Fe, Ti—Mn, Ti—Ga, Be—Mn Be—Nb, Ti—Ga, Fe—Ga
W—Zr	In—Fe, W—Be, Ti-(—Zr), Ti—Ga, Fe—Ga

пенное понижение содержания (соответственно от темно- до светло-коричневого): Ti — 0,90—0,41—0,07; Zr — 0,02—0,015—0,006; Nb — 0,27—0,14—0,05. По И. Костову [54], эти элементы наряду с оловом находятся в тесной геохимической и парагенетической связи, поэтому могут входить в касситерит изоморфно или образовывать в нем какие-то минеральные включения. Железо из минералообразующих элементов сильно связано только с Ti, что можно объяснить присутствием в коричневом касситерите ильменита с примесью Zr, часто встречающегося в рудных жилах. В основном же большая часть железа, особенно в темно-коричневом касситерите, вероятно, присутствует в виде минерального включения и лишь небольшая часть его входит в кристаллографическую решетку (табл. 19). Ассоциация Be—Ga—Mn с сильными связями в светло-коричневом касситерите не находит объяснения.

В серо-коричневом кристаллическом и смешанном касситерите выделяются связи Nb—V—Sc, а в кристаллическом — W—Ti—Zr. Примечательно присутствие ассоциации Nb—V—Sc в большинстве касситеритов (см. рис. 25) и, как это видно из Приложения 13, всегда содержание  $>V>Nb>$   $>Sc$ . И если в "чистых" (имеется в виду однородность окраски, отсутствие пятнистости, микровключений) касситеритах эта ассоциация связана с Ti или Fe, то в сером она изолирована. Поскольку минералов состава V—Nb—Sc в природе не известно, то, учитывая чрезвычайно сложный гетерогенный состав серо-коричневого касситерита, мы считаем возможным отнести появление этой ассоциации за счет случайного совпадения. Неясной также остается ассоциация Ti—W—Zr, в которой содержания Ti и W почти равны (0,27—0,21%), а Zr = 0,0046% (Прилож. 13). В серо-коричневом смешанном касситерите связь между Fe—Mn—In—W говорит о присутствии вольфрамита с примесью In. Изоморфно входят в серо-коричневый кристаллический касситерит часть Ti и очень небольшая часть Fe; изоморфной примеси W не обнаружено (см. табл. 19), что подтверждает присутствие в касситерите вольфрамита. Большая часть железа в серо-коричневом касситерите обеих модификаций находится в виде самостоятельного минерала, содержащего Mn, Ti, Ga, Be. Это подтверждается и электронным микросондированием: в пробе 1708 (табл. 19) И.М. Романенко обнаружил вакуоли с включениями Fe и хлора, а также Ti с серой (?) и кремнием. Кроме того, в пробе 1671 серо-коричневого касситерита выявлены самостоятельные включения порознь Fe и Ti. Ассоциация Be—Mn—Fe, довольно сильно между собой связанная, также осталась невыясненной. Сугубо предположительно можно высказать мнение о возможном наличии в серо-коричневом касситерите геливина.

В сером смешанном касситерите сильная связь между Ti—V—Nb—Sc (соответственно 0,77; 0,015; 0,015; 0,001%; Приложение 13) типична для рутила с примесями V, Nb, Sc (табл. 18): Судя по ассоциации Ti—Sc—Zr можно предполагать присутствие анатаза. Железо в сером касситерите обеих модификаций находится, вероятно, в виде гематита в примесях In, Mn, V, Sc. В розовый касситерит большая часть Ti, Fe, W (табл. 19) входит изоморфно. Ассоциация Mn—V—Sc—Ga — неясная и, скорее всего, случайная. Некоторая часть железа входит в касситерит в виде самостоятельного минерала. В бесцветном касситерите Ti, Fe, W в основном находятся в виде изоморфной примеси (табл. 19) и лишь небольшая часть в виде рутила (Ti—V—Nb) и вольфрамита (Fe—W—Mn), что видно из сопоставления данных табл. 19 и рис. 25. Желтый касситерит, напоминающий глинистую аморфную массу, по составу самый сложный, неоднородный, вследствие чего и поведение элементов-примесей в нем случайное, не подчиняющееся никакой закономерности. Ассоциация Mn—V—Nb скорее всего случайная.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геохимические формулы глубинности ( $\nu_{1-16}$ ), выведенные по сульфидно-касситеритовым жилам Кавалеровского района, проверялись на многих рудных телах подобного (или близкого к нему) типа из Комсомольского, Кавалеровского, Красноармейского, Смирновского районов, Шерловогорском месторождении и на отдельных рудных телах месторождений Трудового, Учкошконского и Хинганского. В целом результаты оказались удовлетворительными за исключением рудных тел месторождений Трудового, Учкошконского и Хинганского. По одной наиболее разведанной жиле — Опытной Трудового месторождения выведены свои  $\nu_{1-7}$ . Степень их пригодности пока не установлена, так как разведка самой жилы еще не закончена и неясно соотношение ее верхней, средней и нижней частей. Попытка вывести подобные формулы для месторождения Хинган успехом не увенчалась.

2. Рекомендую к использованию геохимические формулы глубинности, выведенные эмпирическим путем на основании большого количества фактических данных, автор далек от мысли рассматривать их универсальными и ни в коей мере не считает, что только лишь они в состоянии ответить на основной вопрос: насколько глубоко эродировано (или вскрыто выработками) рудное тело. Метод предлагается как дополнительный в комплексе с другими геологическими данными. При оценке конкретных рудных тел нельзя распространять их результаты на близлежащие рудные тела или месторождения в целом. Для оценки месторождения в целом необходимо опробовать его с различной детальностью, зависящей от его масштабов и морфологии. Оценка степени эродированности рудных тел производится по пятиинтервальной шкале (рис. 5) и не решает вопроса о промышленной ценности объектов — в любом случае на этот вопрос отвечает опробование (табл. 12).

3. Привлекает внимание содержание и распределение бериллия в касситерите различного цвета и степени раскристаллизации. С одной стороны, как правило, его содержание на всех месторождениях, кроме Хинганского (здесь Be ведет себя неопределенно), с глубиной увеличивается, а с другой — в гетерогенном, неоднородном — серо-коричневом, сером, желтом (глиноподобном) — Be, как правило, больше, чем в чистых кристаллических разностях (Приложения 12–14). Но и внутри этих трех цветовых разновидностей Be ведет себя по-разному, что особенно хорошо видно на примере жилы 18 (Прилож. 13): в кристаллическом касситерите Be от 0,000004% (в бесцветном) до 0,00025% (в сером), а в смешанном — от

0,045% (в бесцветном) до 0,019% (в сером). Примечательно повышенное содержание Be в сферолитах касситерита также жилы 18 (Приложение 15) независимо от степени его раскристаллизации, цвета и глубины образования. При этом, как уже отмечалось, при повышенном содержании In, W, Be, Fe сферолиты обеднены или вовсе не содержат Sc, Nb, Cr, Zr — элементов, характерных для касситерита всех месторождений Кавалеровского района. Вопрос о форме вхождения Be в касситерит остался невыясненным, т.е. является ли он изоморфной примесью в нем или существует какой-то неустановленный нами бериллийсодержащий минерал, присутствующий в касситерите в виде субмикроскопических включений. Однако в любом случае увеличение с глубиной содержания в касситерите Be и W является косвенным признаком возможности наличия на глубине участков с более высокотемпературными бериллийсодержащими оловянно-вольфрамовыми рудами. Какова глубина залегания этих участков — сказать пока трудно, но нам представляется, что они являются новой высокотемпературной формацией — продолжением на глубину известных и уже разведанных сульфидно-касситеритовых руд. Вероятно, в касситерите из этих более высокотемпературных руд уже не будет Sc, V, Nb, Ti, количество которых с глубиной иссякает, появятся помимо W, Be, Fe иные, характерные для данной формации, элементы-примеси.

4. Проведенными исследованиями установлено, что окраска и степень раскристаллизации касситерита не являются критериями глубины рудообразования, а следовательно, они не могут играть какую-либо роль при оценке степени эродированности сульфидно-касситеритовых месторождений.

5. Окраска касситерита зависит от присутствия в нем различных элементов-примесей: в черно-прозрачном — W; в коричневом в основном Fe и затем W, Ti; в серо-коричневом — Fe, W и Mn; в сером — W, Fe. В черном непрозрачном касситерите высокие содержания Fe (6,23%), Cr (8%), In (0,023%) и низкое W (0,34%). В бесцветном раннем и позднем касситерите самые низкие содержания Fe, Ti, W, а в позднем обычно отсутствуют In, Nb, Zr, а иногда W, Ti. Вопрос о форме вхождения главных элементов-красителей в черно-прозрачный (W) и коричневый (Fe) касситериты остался до конца не выясненным. На основании сопоставления результатов микроспектрального анализа, парных корреляционных связей и электронного микрозондирования можно лишь высказать предположение о том, что черно-прозрачному касситериту окраску придает в основном W, входящий в него в виде изоморфной примеси, а коричневому — Fe — в виде минеральных включений субмикроскопического размера (бесспорно, ильменит и анатаз и, возможно, магнетит, гематит и лимонит) и в меньшей степени изоморфной примеси.

6. Вопрос, почему содержание некоторых элементов-примесей в касситерите с глубиной проявляет тенденцию к закономерному изменению и как сохранится эта тенденция на больших, пока недоступных нам глубинах, — остается открытым. Ответить на него, не повторяя давно известных истин (температура, давление, вмещающая среда, кислотность-щелочность и т.д.) до постановки специальных экспериментальных исследований, автор не берется.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Азарова Л.И.* Применение эмиссионного электроразрядного микроанализатора Н.В. Королева для анализа минералов. — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 251—252.
2. *Азарова Л.И., Ланкова Т.В., Сверкунова Т.В.* Микроспектральный анализ минералов. — Тезисы докладов Сибирского VIII совещания по спектроскопии. — В кн.: Атомная спектроскопия и спектральный анализ. Иркутск, 1972, с. 3—4.
3. *Александров А.И.* Проявление первичной зональности в жилах Смирновского оловянно-полиметаллического месторождения. — В кн.: Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. Изд-во АН СССР, 1959, с. 78—91.
4. *Анахов В.В., Николаев М.М.* Первичные ореолы рассеяния Лифудзинского оловянного месторождения. — В кн.: Новые данные по магматизму и минерализации в рудных районах Востока СССР. Наука, 1971, с. 281—292.
5. *Анахов В.В.* О зональности оруденения на месторождении Дубровского. — В кн.: Минералогия и генезис месторождений Приморья и Приамурья. Владивосток, 1976, с. 125—127.
6. *Аристов В.В., Петрова М.Г., Королев Б.Н., Белов П.Т., Гущин В.А.* Структура, рудопроявления и условия образования Шерловогорского гранитного интрузива. — Геол. рудных месторожд., 1961, № 6, с. 41—53.
7. *Барсуков В.Л., Волосов А.Г., Козеренко С.В., Суцеевская Т.М., Баранова Н.Н.* Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, с. 79—98, ч. 1.
8. *Бельчанская Л.Н., Гетманский И.И., Григорян С.В., Морозова Т.А., Резников И.Н., Кравченко Э.С.* Зональность первичных ореолов оловянных месторождений и прогнозирование скрытого оруденения. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения. Наука, 1976, с. 95—101.
9. *Билибин Ю.А.* К вопросу о вертикальной зональности рудных месторождений. — Записки Всес. минер. об-ва, 1951, ч. 80, вып. 2, с. 81—87.
10. *Боголюбов А.Н., Ворошилов Н.А.* Опыт применения геохимических методов при поисках олова в Комсомольском районе. — В кн.: Методика и техника геохимических поисков рудных месторождений. Фрунзе: Илим, 1975, с. 356—358.
11. *Бойко С.М., Костюкова Е.С.* Геохимические особенности касситеритов Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье). — В кн.: Ежегодник 1974 г. Наука, 1976, с. 243—247.
12. *Болдырева А.М.* Зависимость морфологических, физических и химических свойств касситерита от его генезиса. — Труды ИГН АН СССР, вып. 54, мин.-геохимическая серия, № 12, 1941, с. 25—63.
13. *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики. Выч. центр АН СССР. М., 1968, с. 310.
14. *Вазбуцкий Г.Л.* Природное изменение окраски и некоторых других свойств касситерита. — Записки Всерос. минер. об-ва, 1941, ч. 70, вып. 2, с. 185—223.
15. *Василенко В.П., Бураго А.И.* Поиски скрытых оловянных месторождений по их эндогенным ореолам в Приморском крае. — В кн.: Прогнозирование скрыто-

- го оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 45—47.
16. *Вольфсон Ф.И., Невский В.А.* О первичной зональности в гидротермальных месторождениях. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1949, № 1, с. 79—94.
  17. *Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И.* К вопросу о зональности эндогенного оруденения. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 78—80.
  18. *Волынский И.С.* Определение рудных минералов под микроскопом (методическое руководство), т. 1. Недра, 1966, с. 263—266.
  19. *Воронина Л.В., Гайдукова В.С., Добровольская Н.В., Коровушкин В.В.* О формах вхождения железа в состав касситерита. — Геохимия, 1978, № 10, с. 1474—1491.
  20. *Габба Г.П., Дорошенко Н.И., Павловский А.Б., Семенов Г.И., Ставинский В.А.* Основные критерии прогнозирования и поисков скрытого вольфрам-оловянно-оруденения в Юго-Восточной Киргизии. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. Наука, 1976, с. 128—134.
  21. *Глубинные геохимические методы поисков погребенных рудных месторождений* (тезисы семинара по обмену опытом 19—21 октября 1976 г.). Алма-Ата, 1976, 89 с.
  22. *Готман Я.Д.* Типоморфные особенности касситерита оловорудных месторождений СССР. — Труды ин-та геол. наук АН СССР, 1941, вып. 46.
  23. *Григорян С.В., Каблуков А.Д.* Об использовании корреляционного анализа для интерпретации данных геохимического опробования. — Геол. рудных месторожд., 1965, т. VII, № 4, с. 76—87.
  24. *Григорян Г.В., Беспалов Н.И., Зубов М.А., Жукова А.В., Оганесян Р.Г., Федотова Г.Э.* Опыт поисков эндогенного оруденения по первичным ореолам в рудном Кармазаре. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубоководных рудных месторождений. Иркутск, 1970, ч. 1, с. 198—251.
  25. *Дербилов И.В.* О влиянии рудной тектоники на качественный состав месторождений. — Вестник Западно-Сибирск. геологич. треста, 1937, № 1, с. 70—77.
  26. *Доломанова Е.И., Боярская Р.В., Ракчеев А.Д., Яковлевская Г.А.* Касситерит и его типоморфные особенности. — В кн.: Типоморфизм минералов. Наука, 1969, с. 128—184.
  27. *Доломанова Е.И., Подольский А.М., Добровольская Н.В., Лосева Т.И., Савинский И.Д., Рабинович С.Г.* К вопросу об изоморфизме в касситерите. — В кн.: Изоморфизм в минералах. Наука, 1975, с. 61—78.
  28. *Дорошенко Н.И., Павловский А.Б., Трифонов Б.А.* Морфоструктурный анализ при поисках месторождений олова в Восточной Киргизии. — В кн.: Магматизм и металлогения Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1975, с. 61—76.
  29. *Дубровский В.Н.* Стадии минерализации и зональность касситеритосульфидного Хрустального месторождения (Дальний Восток СССР). — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 86—89.
  30. *Дубровский В.Н., Полохов В.П.* Некоторые особенности структуры и зональность Хрустального оловянного месторождения. — В кн.: Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. Наука, 1959, с. 32—55.
  31. *Дубровский В.Н., Кизгай И.Н.* Зональность оловорудных месторождений — В кн.: Зональность гидротермальных рудных месторождений. Наука, 1974, с. 19—88.
  32. *Дубровский В.Н., Савинский И.Д., Сиротинская С.В.* Опыт определения уровня эрозионного среза сульфидно-касситеритовых рудных тел. — В кн.: Проблемы эндогенного рудообразования. Наука, 1974, с. 127—137.
  33. *Евзикова Н.З.* Практический аспект кристалломорфологии касситерита. — Записки Всес. мин. об-ва. 1972, ч. 101, вып. 2, с. 237—249.
  34. *Забарина Т.В., Лапина В.В., Минаева Н.А.* Распределение индия в касситерите, сфалерите и халькопирите Лифудзинского оловорудного месторождения. — Геохимия, 1961, № 2, с. 156—161.

35. Зональность гидротермальных рудных месторождений. Наука, 1974, т. 1. 295 с; т. 2. 219 с.
36. *Ицксон Г.В.* Влияние химически контрастных вмещающих пород на эволюцию взаимодействующего с ними рудоносного раствора. — В кн.: Конференция "Проблемы поствагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 286—292.
37. *Ицксон Г.В.* Источник щелочных металлов при формировании оловорудных месторождений сульфидно-касситеритовой формации. — В кн.: Конференция "Проблемы поствагматического рудообразования", т. 1, Прага, 1963, с. 410—416.
38. *Ицксон Г.В.* Роль тектонического фактора в зональном распределении оловорудных месторождений, их минеральном составе и перспективах рудоносности. — В кн.: Конференция "Проблемы поствагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1965, с. 179—185.
39. *Ицксон Г.В., Рундквист Д.В., Павлова И.Г., Козлов В.А., Щербинин И.С., Огнянов Н.В., Феклович Р.П., Шишканова О.Ф., Попкова М.И.* Оловорудные месторождения Малого Хингана. — Труды ВСЕГЕИ, 1959, т. 27. 344 с.
40. *Квятковский Е.М., Путиков О.Ф.* Использование вторичных геохимических ореолов при поисках погребенных месторождений. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, с. 161—198, ч. 1.
41. *Кизгай И.Н.* Геологическая структура, минерализация и зональность оруденения Лифудзинского рудного поля. — В кн.: Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. Изд-во АН СССР, 1959, с. 56—77.
42. *Кизгай И.Н.* Месторождение Лифудзин как пример совмещения моно- и полиацидентной зональностей. — В кн.: Конференция "Проблемы поствагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 180—182.
43. *Кизгай И.Н.* О пульсационной теории, стадиях гидротермального минералообразования и зональности оруденений. — В кн.: Вопросы генезиса и закономерности размещения эндогенных месторождений. Наука, 1966, с. 60—87.
44. *Кизгай И.Н.* Лифудзинское оловорудное месторождение некоторые вопросы гидротермального минералообразования. Наука, 1966. 234 с.
45. *Кизгай И.Н.* О пульсационной теории и критериях стадийности гидротермального минералообразования. — В кн.: Зональность гидротермальных рудных месторождений. Наука, т. 2, 1974, с. 164—195.
46. *Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Коростелев П.Г., Степанова М.В., Лаговская Е.А., Мукасеева З.Л.* Элементы-примеси в минералах как индикаторы глубины эрозийного среза. — В кн.: Генетические типы, условия образования и закономерности размещения месторождений олова и вольфрама Северо-Западного сектора Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1966, с. 104—107.
47. *Кокорин А.М., Кокорина Д.К.* Физико-химические особенности формирования олово-вольфрамового месторождения Иультин. — В кн.: Вопросы металлогении и зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1974, с. 147—162.
48. *Кокорин А.М., Кокорина Д.К.* Температурные условия образования Лифудзинского месторождения (Кавалеровского района). — В кн.: Вопросы металлогении и зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1974, с. 173—186.
49. *Кокорин А.М., Кокорина Д.К.* Температурная зональность Силинского оловополиметаллического месторождения (Кавалеровского района). — В кн.: Вопросы металлогении и зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1974, с. 196—207.
50. *Коржинский Д.С.* Очерк метасоматических процессов. — В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд-во АН СССР, 1953, с. 332—452.
51. *Королев А.В.* Повторные разрывы в трещинных рудных жилах. — Сов. геология, М.; Л.: ГОНТИ, 1938, т. VIII, № 8—9, с. 90—94.

52. *Королев А.В.* Зависимость зональности оруденения от последовательности развития структур рудных месторождений. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1949, № 1, с. 66—77.
53. *Королев А.В.* Эндогенное рудообразование в развитии Земли. — Труды Среднеазиатского политехн. ин-та. Ташкент, 1959, вып. 6, нов. серия, с. 31.
54. *Королев Н.В., Рюхин В.В., Горбунов С.А.* Эмиссионный спектральный микроанализ. Машиностроение, 1971, с. 182—192.
55. *Костов И.* Минералогия. Мир, 1971, с. 242—259.
56. *Крючков А.С., Ставинский В.А.* Геолого-структурные условия локализации оловорудных месторождений Иньчжэньского рудного поля и их промышленные перспективы. — Разведка и охрана недр, 1970, № 12, с. 5—17.
57. *Кутина Я., Парк Ч.Ф., Смирнов В.И.* К понятию зональности и к соотношениям между зональностью и парагенезисом. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2. Прага, 1965, с. 581—588.
58. *Левицкий О.Д.* Геолого-петрографический очерк Шерловой горы. — В кн.: На геологическом фронте Восточной Сибири. М.; Иркутск: ОГИЗ, сб. 1, 1933, с. 32—51.
59. *Левицкий О.Д.* К вопросу о значении коллоидных растворов при рудоотложении. — В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд-во АН СССР, 1953, с. 309—330.
60. *Левицкий О.Д.* Шерловгорское оловянно-вольфрамовое месторождение. — В кн.: Геология рудных месторождений Забайкалья. Наука, 1964, с. 45—68.
61. *Левицкий О.Д., Смирнов В.И.* Значение первичной зональности для поисков рудных тел гидротермального происхождения, не выходящих на дневную поверхность. — Советская геология, 1959, № 2, с. 118—131.
62. *Левицкий О.Д., Смирнов В.И.* Использование гипогенной зональности при поисках скрытых рудных тел гидротермального происхождения. — В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. Госгеолтехиздат, 1963, с. 273—285.
63. *Лугве С.Ф., Макеев Б.В., Никулин Н.Н., Потапова Т.М.* Эволюция минерального состава и некоторые черты геохимии оловорудных формаций Северо-Востока СССР. — В кн.: Новые данные по магматизму и минерализации в рудных районах Востока СССР. Наука, 1971, с. 92—104.
64. *Мельников Г.А.* О зональности оловорудных месторождений. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2. Прага, 1965, с. 219—221.
65. *Милыев А.С., Фокин А.Н.* Погребенные вторичные ореолы рассеяния эндогенных месторождений. — В кн.: Глубинные поиски рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963, с. 35—49.
66. *Некрасов И.Я.* Первичная зональность в рудных месторождениях Северо-Восточной Якутии и ее значение для поисков скрытых рудных тел. — В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. Госгеолтехиздат, 1963, с. 314—334.
67. *Николаев В.А., Соловов А.П., Шваров Ю.В.* Новые программы для исследования зональности рудных месторождений. — В кн.: Применение автоматизированных систем и ЭВМ при геохимических исследованиях. Алма-Ата, 1977, с. 16—20.
68. *Никулин Н.Н.* Распределение индия, ниобия, скандия в касситеритах Хинганского месторождения. — Вестник Ленинградского ун-та, 1967, № 6, с. 81—87.
69. *Никулин Н.Н.* Закономерности распределения индия между касситеритом и сосуществующими с ним минералами. — В кн.: Вопросы геологии и минерального сырья Дальнего Востока. Хабаровск, 1971, с. 80—84.
70. *Никулин Н.Н., Лугве С.Ф., Макеев Б.В.* К вопросу о роли железа при образовании оловорудных месторождений. — В кн.: Новые данные по магматизму и минерализации в рудных районах Востока СССР. Наука, 1971, с. 273—279.
71. О международном коллоквиуме по проблеме минеральных парагенезисов. — Геол. рудных месторожд., 1967, т. IX, № 1, с. 117—118.

72. *Овчинников Л.Н., Григорян С.В.* Закономерности состава и строения первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, ч. 1, с. 3—36.
73. *Онтоев Д.О.* Стадийность минерализации и зональность месторождений Забайкалья. Наука, 1974, с. 135—166.
74. *Осипова Г.А.* К вопросу о происхождении дорудных даек диабазового порфирита и взаимоотношении с ними оруденения. — В кн.: Магматические и метаморфические комплексы Дальнего Востока СССР (тезисы). Хабаровск, 1967, с. 214—217.
75. *Осипова Г.А.* Некоторые дайки основного состава и их взаимоотношение с оруденением в Кавалеровском районе (Приморье). — В кн.: Рудообразование и его связь с магматизмом (тезисы). Якутск, 1969, с. 234—237.
76. *Осипова Г.А.* Дайки основного состава месторождения Левецкого и их взаимоотношение с оруденением. — В кн.: Взаимоотношение оруденения и магматизма. Наука, 1970, с. 1—50.
77. *Осипова Г.А.* Об изучении состава микроминералов и находящихся в них элементов-примесей. — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 233—235.
78. *Осипова Г.А.* Элементы-примеси в касситеритах как возможные индикаторы относительной глубины формирования олово-полиметаллических месторождений (Кавалеровский район, Приморье). — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М.: Наука, 1972, с. 61—62.
79. *Осипова Г.А.* О распределении элементов-примесей в касситеритах жил Туренко и № 18 Лифудзинского месторождения. — В кн.: Вопросы металлогении и зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1974, с. 187—196.
80. *Осипова Г.А.* Элементы-примеси в касситеритах олово-полиметаллических жил Лифудзинского месторождения как критерии глубины их эродированности. — В кн.: Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых. Ташкент: ФАН, 1975, с. 211—215.
81. *Осипова Г.А.* К вопросу о форме вхождения Nb в касситерит. — В кн.: Геохимия и методы исследования минерального сырья Дальнего Востока. Владивосток, 1975, с. 107—110.
82. *Осипова Г.А.* Колломорфный касситерит в оловорудных жилах месторождения Дубровского (Кавалеровский район). — В кн.: Минералогия и генезис месторождений Приморья и Приамурья. Владивосток, 1976, с. 74—82.
83. *Осипова Г.А., Забарина Т.В.* Опыт изучения элементов-примесей на примере жилы Геохимической месторождения Левецкого. — В кн.: Генетические типы, условия образования и закономерности размещения месторождений олова и вольфрама Северо-Западного сектора Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1966, с. 107—109.
84. *Осипова Г.А., Сапрыкина Г.М.* О ксенолите гранита в дайке диабазового порфирита из месторождений Левецкого (Кавалеровский район, Приморье). — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1967, № 3, с. 52—56.
85. *Осипова Г.А., Радкевич Е.А., Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Коростелев П.Г., Сапрыкина Г.М., Степанова М.В.* Геохимические критерии глубинности минерализации в некоторых оловянных и полиметаллических месторождениях Дальнего Востока. — В кн.: Эндогенные рудные месторождения. Наука, 1968, с. 136—145.
86. *Осипова Г.А., Королев Н.В., Лаврентьев Ю.Г.* Высокохромистая шпинель в сульфидно-касситеритовых месторождениях и дорудных дайках диабазового порфирита Кавалеровского района (Приморье). — Докл. АН СССР. 1970, т. 192, № 2, с. 414—416.
87. *Осипова Г.А., Азарова Л.И., Бутенко Л.А., Панкова Т.В.* Элементы-примеси в касситеритах и микроминералах Ti, W, Cr. — Изв. АН СССР, Сер. геол., 1972, № 1, с. 140—146.

88. *Осипова Г.А., Азарова Л.И., Бутенко Л.А., Ланкова Т.В., Сверкунова Т.В.* О воспроизводимости и представительности анализа на электроразрядном эмиссионном микроанализаторе Н.В. Королева. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1972, № 5, с. 143—146.
89. *Осипова Г.А., Бутенко Л.А., Гулай Н.П., Павина Г.П.* К вопросу о геохимической вертикальной зональности в одном из олово-полиметаллических месторождений Кавалеровского района. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 8, с. 64—72.
90. *Осипова Г.А., Азарова Л.И., Бутенко Л.А.* Элементы-примеси в касситеритах различной модификации и окраски. — В кн.: Минералогия и генезис месторождений Приморья и Приамурья. Владивосток, 1976, с. 74—82.
91. *Павловский А.Б.* Региональная зональность и зональность отдельных месторождений олова. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2. Прага, 1965, с. 230—235.
92. *Петрова М.Г., Белов П.Т.* О генетической связи кварцевых порфиров с гранитным интрузивом Шерловой горы. — Геология и разведка. — Изв. вузов, 1966, № 11, с. 67—75.
93. *Поликарпочкин В.В., Таусон Л.В., Дубов Р.И., Китаев Н.А., Пампура В.Д., Санин Б.П., Трошин Ю.П.* Зональность гидротермальных месторождений как основа поисков глубокозалегающих рудных тел. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, с. 252—340, ч. 1.
94. *Пресич Д.Т.* Пути повышения извлечения цветных и редких металлов из комплексных оловянно-сульфидных руд. — В кн.: Материалы научно-технического совещания по проблеме "Комплексное использование месторождений полезных ископаемых". М., 1970. 34 с.
95. Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. Наука, 1976. 288 с.
96. *Разумовский Н.К.* Оценка однородности выборки при статистической обработке геофизических данных. — В кн.: Вопросы разведочной геофизики. Недра, 1964, № 4, с. 112—120.
97. *Радкевич Е.А.* Оловорудные месторождения богатые сульфидами и силикатами железа. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1951, № 3, с. 8—18.
98. *Радкевич Е.А.* Генетические типы касситеритово-сульфидных месторождений. — Труды Ин-та геологических наук. Сер. рудных месторожд., 1951, вып. 134, № 15, с. 127—156.
99. *Радкевич Е.А.* Касситеритово-сульфидные месторождения. Изд-во АН СССР, 1953. 318 с.
100. *Радкевич Е.А.* О типах вертикальной и горизонтальной зональности. — Сов. геология, 1959, № 9, с. 70—85.
101. *Радкевич Е.А.* К вопросу о типах зональности в оловянных и полиметаллических месторождениях Тихоокеанского рудного пояса. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 58—61.
102. *Радкевич Е.А.* О зональности, полиасцендентности и унаследованности минерализации. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2. Прага, 1965, с. 237—238.
103. *Радкевич Е.А., Кокорин А.М., Коростелев П.Г., Головков Г.С., Кокорина Д.К., Степанова М.В.* Типы зональности рудопроявлений в одном из районов Приамурья. — В кн.: Вопросы геологии и рудоносности Дальнего Востока. Владивосток, 1965, с. 135—142.
104. *Радкевич Е.А., Асманов В.Я., Бакулин Ю.И., Газзев В.Н., Житнев Н.Н., Квятковский Е.М., Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Коростелев П.Г., Кушев В.Б., Михайлов М.А., Онихимовский В.В., Селезнев П.Н., Степанова М.В.* Геология, минералогия и геохимия Комсомольского района. Наука, 1971. 335 с.
105. *Радкевич Е.А., Кокорин А.М., Коростелев П.Г., Асманов В.Я., Бакулин Ю.И., Гонечук В.Г., Гонечук Г.А., Гореликова Н.В., Кокорина Д.К., Кушев В.Б., Огнянов Н.В., Семеняк Б.И.* Зональность оруденения Комсомольского райо-

- на. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. Наука, 1976, с. 112—121.
106. *Сапрыкин Е.П.* Зональность оруденения на Силинском оловянно-полиметаллическом месторождении. — Сов. геология, 1962, № 4, с. 105—110.
  107. *Сапрыкин Е.П.* О влиянии структурных факторов на зональность оруденения в оловянных месторождениях Кавалеровского района. — Геология и геофизика. 1965, № 3, с. 169—172.
  108. *Сафронов Н.И., Лапп М.А., Мещеряков С.С.* Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих месторождений. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, с. 37—78, ч. 1.
  109. *Смирнов В.И.* Шесть типов первичной зональности гидротермальных рудных тел. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1957, № 3, с. 19—26.
  110. *Смирнов В.И.* Типы гипогенной зональности гидротермальных рудных тел. — Междунардн. геолог. конгресс. Копенгаген, XXI сессия. Докл. сов. геологов, проблема № 16. Госгеолтехиздат, 1960.
  111. *Смирнов В.И.* Порядок эндогенной рудной зональности. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 62—68.
  112. *Смирнов В.И.* Региональная и локальная эндогенная рудная зональность. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2. Прага, 1965, с. 35—46.
  113. *Смирнов В.И.* Основные задачи изучения зональности эндогенных месторождений в связи с прогнозом скрытого оруденения. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. Наука, 1976, с. 5—6.
  114. *Смирнов С.С.* К вопросу о зональности рудных месторождений. — Изв. АН СССР, отделение математических и естественных наук, 1937, № 6, с. 1073, 1076, 1071—1083.
  115. *Смирнов С.С.* Заметки по некоторым вопросам учения о рудных месторождениях. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 3, с. 3—13.
  116. *Соловов А.П.* Классификация ореолов рассеяния рудных месторождений. — В кн.: Глубинные поиски рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963, с. 21—34.
  117. *Соловов А.П.* Параметры первичного ореола эндогенного месторождения. — Геол. рудных месторожд., 1966, т. 8, № 3, с. 72—83.
  118. *Соловов А.П., Фурсов В.З.* Поиски не выходящих на поверхность рудных тел. — Сов. геология, 1959, № 3, с. 126—140.
  119. *Соловов А.П., Мирошниченко Г.В.* Оценка геологических запасов в рудопроявлениях путем количественной интерпретации глубинных гамма-аномалий. — В кн.: Глубинные поиски рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963, с. 169—179.
  120. *Соловов А.П., Гаранин А.В., Голубев В.С., Матвеев А.А.* Теоретические основы геохимических методов поисков слепых рудных тел. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1971, ч. 2, с. 245—297.
  121. *Соловов А.П., Квятковский Е.М., Дубов Р.И.* Современные методы литохимических поисков в рудных районах. — В кн.: Методика и техника геохимических поисков рудных месторождений (материал семинара). Фрунзе: Илим, 1975, с. 123—131.
  122. *Таусон Л.В., Гундобин Г.М.* Критерии перспективной оценки Халчерангинского рудного узла. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. Наука, 1976, с. 121—128.
  123. *Ткаченко Г.А.* Геолого-структурные особенности зоны Геофизической Фестивального месторождения и некоторые закономерности распределения в ней оруденения. — В кн.: Металлогения Востока СССР. Владивосток, 1976, с. 113—117.

124. Трифонов Б.А., Дорошенко Н.И., Малухин И.И., Габба Г.П., Шкиль Н.М. Геохимические поиски в Сарыджаском оловорудном районе. — В кн.: Методика и техника геохимических поисков рудных месторождений. Фрунзе: Илим, 1975, с. 348—350.
125. Толок А.А. Оловорудные месторождения Октябрьской группы в Приморье. М.: Наука, 1964. 165 с.
126. Трошин Ю.П., Кусакина Л.В. Горизонтальная и вертикальная зональность распределения редких элементов в полиметаллических месторождениях (на примере Северо-Акатуевского месторождения). — В кн.: Геохимия рудных месторождений. М.: Наука, 1964.
127. Федчин Ф.Г. Особенности структуры, магматизма и оловоносности Хингано-Олонойского прогиба. М.: Наука, 1964, с. 89—95.
128. Флеров Б.Л. Некоторые критерии кристаллизации из растворов одной стадии в Валькумейском месторождении. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 240—244.
129. Флеров Б.Л. Проблема полиасцендентной и моноасцендентной зональности (критерии выделения стадий). — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 2, 1965, Прага, с. 177—178.
130. Флеров Б.Л. Расположение оловорудных месторождений Якутии относительно гранитоидных массивов в вертикальной плоскости, глубина их формирования и эрозионный срез. — В кн.: Вопросы металлогении и зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1974, с. 135—147.
131. Хельвас И.Г., Грушкин Г.Г. О зональности отложения минералов на оловорудном месторождении Хинган. — Зап. Всес. минер. об-ва, 1974, ч. 103, вып. 6, с. 670—681.
132. Хилик Б.А. Рудный метасоматоз и вопросы источника олова на Дубровском месторождении. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 125—127.
133. Шафрановский И.И., Евзикова Н.З. Пути развития и новый этап минералогической кристалломорфологии. — Записки Всес. мин. об-ва, 1976, ч. 105, вып. 5, с. 529—543.
134. Шипулин Ф.К. Интрузивные породы юго-восточного Приморья и связь с ними оруденения. — Труды ИГЕМ АН СССР, 1957, вып. 8. 281 с.
135. Шипулин Ф.К. Отщепленные и самостоятельные малые интрузии и их металлогеническое значение. — В кн.: Критерии связи оруденения с магматизмом применительно к изучению рудных районов. М.: Недра, 1965, с. 152—265.
136. Шипулин Ф.К., Генкин А.Д., Дистлер В.В., Комаров П.В., Малиновский Е.П., Озерова Н.А., Перельман А.И., Рехарский В.И., Розанов Ю.А., Филимонова Л.Г., Чернышев В.Ф., Элинсон М.М. Некоторые аспекты проблемы геохимических методов поисков скрытого оруденения. — В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, ч. 1, с. 99—160.
137. Щеглов А.Д. О явлениях зональности в эндогенных месторождениях Западного Забайкалья. — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 221—224.
138. Щербина В.В. К вопросу о зональности рудных месторождений (факторы, влияющие на зональность отложения). — В кн.: Конференция "Проблемы постмагматического рудообразования", т. 1. Прага, 1963, с. 264—266.
139. Янишевский Е.М., Григорян С.В., Баранова Э.Н., Вертепов Г.И., Каблуков А.Д. Эндогенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963. 122 с.
140. Emmons W.H. Primary downward changes in ore deposits. — Trans. Amer. Inst. Miner. Met. Eng. 70, 1924, p. 964—992.
141. Emmons W.H. Relations of metalliferous lode systems to igneous intrusives. — Trans. Amer. Inst. Miner. Met. Eng. 1927, v. 74, p. 29—70.

142. *Osipova G.A.* The Relationship between mineralization and magmatism and the source of ore substance. — Symposium "Metallization Associated with Acid Magmatism", 1974, v. 1, p. 342–347.
143. *Osipova G.A.* The association of mineralization with magmatism and sources of mineral substance. Ibidem, 1976, v. 3, p. 421–431.
144. *Osipova G.A., Zabarina T.V., Mukaseeva Z.L., Presic D.T.* Die Mineralparagenesen und die in ihnen enthaltenen Begleitelemente am Beispiel einer polymetallischen Zinnlagerstätte von Primorje. — In: Probleme der Paragenese von Mineralen, Elementen und Isotopen. Teil 1. Leipzig, 1968, 245–258.
145. *Park Ch.F.* Zoning in ore deposits (The pulsation theory and the role of structure in zoning). — Symposium "Problems of Postmagmatic ore Deposition", v. 1. Prague, 1963, p. 47–51.
146. *Stemprok M.* Distribution of Sn-W-Mo formation deposits around granites. — Symposium "Problems of Postmagmatic ore Deposition", v. 1. Prague, 1963, p. 69–72.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Сравнение результатов микроспектрального и количественного спектрального анализов

№ пп	Вид анализа	In	Sc	W	Nb
1	К	сл.	0,0040	0,190	—
	М	—	0,0023	0,180	—
2	К	0,0045	0,0001	0,260	—
	М	0,0056	—	0,190	—
3	К	0,0004	0,0007	0,110	—
	М	—	0,0007	0,150	—
4	К	0,0038	0,0007	0,130	0,0017
	М	0,0017	0,0009	0,110	—
5	К	0,0010	0,0014	0,230	0,0014
	М	—	0,0018	0,230	—
6	К	0,0030	0,0061	0,220	0,0110
	М	0,0011	0,0036	0,267	0,0516
7	К	0,0130	0,0004	0,250	0,0043
	М	0,0130	—	0,380	—
8	К	0,0120	0,0004	0,310	0,0080
	М	0,0088	0,0003	0,420	—
9	К	0,0190	0,0010	0,180	0,0019
	М	0,0110	0,0008	0,250	—
10	К	0,0200	0,0027	0,150	0,0190
	М	0,0120	0,0021	0,233	0,0145
11	К	0,0170	0,0029	0,140	0,0210
	М	0,0150	0,0046	0,170	0,0100
12	К	0,0130	0,0005	0,380	0,0051
	М	0,0140	0,0010	0,630	0,0080
13	К	0,0150	0,0014	0,230	0,0051
	М	0,0200	0,0015	0,170	0,0039
14	К	0,0320	0,0014	0,110	<0,0010
	М	0,0250	0,0007	0,160	—
15	К	0,0410	0,0005	0,120	—
	М	0,0260	—	0,250	—
16	К	0,0330	0,0005	0,160	—
	М	0,0250	—	0,263	—
17	К	0,0170	0,0026	0,220	0,0110
	М	0,0167	0,0022	0,253	0,0143
18	К	0,0200	0,0024	0,140	0,0026
	М	0,0170	0,0021	0,193	0,0035
19	К	0,0310	0,0011	0,160	0,0016
	М	0,0230	0,0008	0,273	—
20	К	0,0170	0,0054	0,073	0,0150
	М	0,0130	0,0037	0,092	0,0140

V	Be	Ti	Zr	H	E
0,0043	0,000 150	0,110	0,1100	—	—
0,0049	0,000 190	0,170	0,1600	—	—
0,0047	0,000 400	0,028	0,0032	390	3,7
0,0027	0,000 210	0,023	—	420	—
0,0043	0,000 130	0,100	0,0020	↓	—
0,0035	0,000 140	0,150	—	↓	—
0,0063	0,000 080	0,160	0,0030	184	25
0,0046	0,000 047	0,140	—	110	—
0,0082	0,000 057	0,370	0,0260	—	—
0,0082	0,000 050	0,440	0,0230	—	—
0,0160	0,000 027	0,370	0,0120	↓	—
0,0139	0,000 005	0,480	—	↓	—
0,0004	0,000 180	0,082	0,0090	469	2
0,0003	0,000 080	0,050	0,0038	490	—
0,0003	0,000 140	0,130	0,0190	442	2
0,0003	0,000 079	0,120	0,0100	425	—
0,0010	0,000 170	0,062	0,0052	—	—
сл.	0,000 072	0,130	0,0057	—	—
0,0017	0,000 073	0,140	0,0029	321	4,9
0,0013	0,000 120	0,223	—	291	—
0,0021	0,000 300	0,120	0,0018	309	0,8
0,0025	0,000 160	0,157	—	304	—
0,0002	0,000 130	0,082	0,0060	418	2,9
0,0004	0,000 098	0,163	0,0061	394	—
0,0004	0,000 400	0,085	0,0019	409	3,4
сл.	0,000 240	0,066	—	438	—
0,0004	0,000 740	0,017	—	—	—
—	0,000 330	0,031	—	—	—
<0,0001	0,000 500	0,006	—	Т	—
сл.	0,000 340	0,028	—	Т	—
—	0,000 710	0,013	—	Т	—
—	0,000 310	0,027	—	Т	—
0,0031	0,000 350	0,140	0,0008	314	6,5
0,0010	0,000119	0,143	—	358	—
0,0019	0,000 370	0,060	0,0012	391	2
0,0011	0,000 130	0,097	—	374	—
—	0,000 580	0,013	сл.	Т	—
—	0,000 230	0,023	—	Т	—
0,0013	0,000 390	0,083	0,0027	317	7,6
0,0016	0,000 170	0,180	—	272	—

Приложение 1 (окончание)

№ пп	Вид анализа	In	Sc	W	Nb
21	К	0,0310	0,0046	0,120	0,0200
	М	0,0170	0,0033	0,100	0,0120
22	К	0,0300	0,0070	0,120	0,0110
	М	0,0170	0,0054	0,120	0,0150
23	К	0,0120	0,0005	0,140	—
	М	0,0110	0,0007	0,250	—
24	К	0,0082	0,0020	0,180	—
	М	0,0064	0,0010	0,210	—
25	К	0,0087	0,0012	0,180	—
	М	0,0054	0,0016	0,250	—
26	К	0,0160	0,0012	0,270	—
	М	0,0150	0,0010	0,330	—
27	К	0,0072	0,0018	0,130	—
	М	0,0079	0,0013	0,313	—
28	К	0,0054	0,0060	0,160	0,0100
	М	0,0062	0,0063	0,320	0,0093
29	К	0,0045	0,0006	0,130	< 0,0010
	М	0,0033	0,0006	0,171	—
30	К	0,0038	0,0013	0,150	< 0,0010
	М	0,0039	0,0008	0,240	—
31	К	0,0086	0,0006	0,060	—
	М	0,0044	0,0005	0,216	—
32	К	—	0,0003	0,072	0,0140
	М	—	—	0,071	0,0210
33	К	—	0,0004	0,040	0,0180
	М	—	0,0009	0,040	0,0170
34	К	0,0039	0,0006	0,072	0,0220
	М	0,0023	—	0,051	0,0460
35	К	—	0,0008	0,043	0,0510
	М	сп.	—	0,074	0,0240
36	К	—	0,0005	0,037	0,0320
	М	—	—	0,056	0,016
37	К	—	0,0004	0,078	0,029
	М	—	—	0,046	0,012
38	К	—	0,0009	0,053	0,0110
	М	—	—	0,067	0,0130
39	К	—	0,0015	0,120	0,0170
	М	—	0,0010	0,056	0,0310
40	К	—	0,0003	0,085	0,0230
	М	—	—	0,038	0,0091

V	Be	Ti	Zr	$\bar{H}$	E
0,0023	0,000 230	0,110	0,0036	343	6,5
0,0016	0,000 270	0,200	—	301	
0,0040	0,000 460	0,038	сп.	352	11
0,0042	0,000 330	0,087	—	283	
0,0078	0,000 370	0,067	0,0020	370	7,1
0,0021	0,000 390	0,033	—	427	
0,0072	0,000 500	0,044	0,0036	340	2,2
0,0057	0,000 360	0,070	—	325	
0,0130	0,000 550	0,069	сп.	316	6
0,0060	0,000 340	0,110	0,0060	280	
0,0079	0,000 520	0,074	0,0140	383	3,4
0,0046	0,000 290	0,057	—	410	
0,0084	0,000 420	0,043	0,0007	321	7
0,0038	0,000 240	0,045	—	369	
0,0090	0,000 380	0,059	0,0250	182	23
0,0133	0,000 230	0,204	—	114	
0,0140	0,000 250	0,077	0,0016	215	11,5
0,0029	0,000 092	0,060	—	271	
0,0060	0,000 460	0,044	0,0024	269	10,1
0,0020	0,000 250	0,040	—	330	
0,0030	0,000 330	0,021	0,0026	397	5,6
0,0026	0,000 184	0,036	—	355	
0,0009	0,000 250	0,105	0,0096	↓	—
0,0018	0,000 110	0,350	0,0220	↓	—
0,0008	0,000 230	0,240	0,0180	↓	—
0,0024	0,000 133	0,240	0,0140	↓	—
0,0030	0,000 640	0,280	0,0310	152	0,3
0,0011	0,000 470	0,250	0,0180	153	
0,0013	0,000 510	0,210	0,0120	—	—
0,0012	0,000 223	0,140	0,0113	—	—
0,0012	0,000 220	0,150	0,0074	—	—
0,0006	0,000 080	0,120	0,0080	—	—
0,0009	0,000 300	0,140	0,0130	↓	—
0,0009	0,000 130	0,140	0,0110	↓	—
0,0006	0,000 100	0,074	0,0079	↓	—
0,0005	0,000 050	0,091	0,0087	↓	—
0,0010	0,000 043	0,096	0,0089	↓	—
0,0011	0,000 027	0,280	0,0150	↓	—
0,0005	0,000 300	0,110	0,0120	↓	—
0,0009	0,000 120	0,170	0,0150	↓	—

Примечание. М — микроспектральный анализ; К — количественный спектральный анализ; E — расхождение в относительных процентах между  $\bar{H}$ , подсчитанным по микроспектральным и количественным спектральным анализам; — (про черк) — из-за отсутствия некоторых элементов расчет  $\bar{H}$  не производился; ↓ (стрелка вверх) —  $\bar{H}$  выше верхнего интервала; Т (стрелка вниз) —  $\bar{H}$  ниже нижнего интервала.

Приложение 2

Сопоставление содержаний элементов-примесей (% массы) в касситеритах из верхних, средних и нижних частей рудных тел Кавалеровского рудного района

Место-рождение	Жила	Гори-зонт	Число проб	In	Sc	W	Nb	V
Силинское	Балаган-ная	I XIII	1	—	0,0020	0,048	0,0140	0,0180
			10	0,0021	0,0020	0,250	0,0046	0,0083
	Безымья-ная	VIII XIII	3	0,0015	0,0024	0,154	0,0110	0,0158
			16	0,0022	0,0016	0,240	0,0019	0,0038
Левицкое	Геофизи-ческая	0 100	9	0,0017	0,0017	0,318	—	0,0037
			8	0,0077	0,0004	0,231	—	0,0031
Дубров-ское	18	VIII XIII	17	0,0040	0,0029	0,164	0,0055	0,0062
			13	0,0017	0,0002	0,120	0,0005	0,0011
		Узловая-Фланго-вая	VIII	10	0,0009	0,0004	0,093	—
IX	3		0,0032	0,0001	0,180	0,0090	0,0010	
Арсень-евское	Южная	0 140	2	0,0018	0,0087	0,490	0,0037	0,0089
			1	0,0068	0,0016	0,468	—	0,0045

Примечание. ↑ — здесь и далее числовые значения располагаются за пределами графика;  $\bar{H}$  — здесь и далее средняя условная глубина в метрике Комбинированной (эталонной) жилы.

Приложение 3

Сопоставление встречаемости элементов-примесей в касситеритах жил Молоковской, Оловянной, Комбинированной (программа 061)

Жила	N	N <sub>1</sub>	In	Sc	V	W
Оловянная	20185	284	426	240	186	142
			100	95	99	81
			↓	↑	↑	↓
			427	385	338	351
Молоков-ская	20185	723	100	82	93	86
			↓	↑	↑	↓
"Комбини-рованная"	20185	1050	1165	564	558	549
			99,6	84	98	76
			↓	↑	↑	↓

Обозначения. N — число рассмотренных отношений; N<sub>1</sub> — число монотонных геохимических показателей;  $\frac{1165}{99,6}$  — в числителе — встречаемость химических

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	$\bar{H}$ , м	Интервал
	0,0008	0,000 150	0,180	0,164	2,33	0,016	↑	За графиком
	0,0006	0,000 055	0,144	0,001	1,29	0,001	155	Верхний пе- реходный
	0,0007	0,000 058	0,350	0,016	0,90	0,001	↑	За графиком
	0,0013	0,000 053	0,121	—	1,14	—	198	Верхний пе- реходный
	0,0203	0,000 114	0,111	0,025	1,67	0,010	202	То же
	0,0062	0,000 150	0,107	—	1,94	0,002	300	Нижний пе- реходный
	0,0099	0,000 483	0,194	0,016	1,11	0,002	129	Верхний
	0,0073	0,000 270	0,056	0,016	1,19	0,011	286	Нижний пе- реходный
	0,0026	0,000 084	0,094	0,008	0,68	—	170	Верхний пе- реходный
	0,0011	0,000 184	0,086	0,001	1,44	—	260	Средний
	0,0026	0,000 385	0,200	—	3,25	—	200	Верхний пе- реходный
	0,0014	0,000 235	0,069	—	2,65	—	360	Нижний

	Ti	Mn	Cr	Be	Nb	Zr	Fe
	91	58	42	52	77	37	126
	79	70	64	54	72	100	78
	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓
	768	323	217	543	3	41	454
	100	83	70	96	100	97	86
	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓
	701	153	417	359	404	31	642
	90	62	87	75	94	62	85
	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓

элементов в монотонных геохимических показателях (количество случаев); в знаменателе — то же, но в %; ↑ — с глубиной содержание элемента увеличивается; ↓ — с глубиной содержание элемента уменьшается.

Приложение 4

Содержание элементов-примесей в касситерите (% массы) из жильной массы и вмещающих пород и результаты их пересчета по  $\nu_{1-16}$

Горизонт	Место взятия	Число проб	In	Sc	W	Nb
Жила Первая						
II	Рудное тело	2	—	0,0013	0,114	0,0041
	Вмещающая порода	2	—	0,0037	0,133	0,0110
VII	Рудное тело	2	0,0033	0,0017	0,185	0,0110
	Вмещающая порода	3	0,0007	0,0009	0,114	0,0024
IX	Рудное тело	5	0,0019	0,0017	0,214	0,0056
	Вмещающая порода	4	0,0013	0,0025	0,225	0,0112
XI	Рудное тело	3	0,0007	0,0012	0,173	0,0064
	Вмещающая порода	2	0,0008	0,0010	0,118	0,0065
XIII	Рудное тело	20	0,0021	0,0020	0,250	0,0046
	Вмещающая порода	2	0,0035	0,0027	0,385	0,0160
Жила Вторая						
VII	Рудное тело	6	0,0008	0,0029	0,250	0,0080
	Вмещающая порода	8	0,0012	0,0032	0,149	0,0123
X	Рудное тело	3	0,0029	0,0009	0,190	0,0036
	Вмещающая порода	3	0,0016	0,0014	0,122	0,0103
XI	Рудное тело	5	0,0012	0,0009	0,161	0,0061
	Вмещающая порода	1	0,0030	0,0014	0,065	—
Жила Третья						
VIII	Рудное тело	3	0,0015	0,0024	0,154	0,0110
	Вмещающая порода	3	0,0006	0,0018	0,283	0,0082
IX	Рудное тело	3	0,0022	0,0008	0,187	0,0360
	Вмещающая порода	1	0,0023	0,0025	0,120	0,0140
XI	Рудное тело	5	0,0011	0,0013	0,232	0,0011
	Вмещающая порода	5	0,0012	0,0022	0,221	0,0056
XIII	Рудное тело	17	0,0022	0,0016	0,240	0,0019
	Вмещающая порода	3	0,0018	0,0030	0,267	0,0060

V	Cr	Be	Ti	Fe	$\bar{H}, \text{м}$	Интервал
Жила Первая						
0,0095	0,0014	0,000 072	0,180	1,66	↑	За графиком
0,0160	0,0007	0,000 104	0,250	1,55	↑	То же
0,0113	0,0018	0,000 130	0,330	2,73	39	"
0,0064	0,0011	0,000 086	0,146	1,54	26	"
0,0092	0,0009	0,000 057	0,206	1,61	36	"
0,0161	0,0011	0,000 062	0,402	1,50	↑	"
0,0096	0,0010	0,000 080	0,393	1,41	↑	"
0,0101	0,0023	0,000 093	0,290	1,54	↑	"
0,0083	0,0006	0,000 055	0,144	1,29	155	Верхний
0,0111	0,0008	0,000 076	0,140	1,65	170	Верхний переходный
Жила Вторая						
0,0108	0,0007	0,000 076	0,284	1,95	10	За графиком
0,0093	0,0013	0,000 088	0,298	1,83	↑	То же
0,0073	0,0008	0,000 097	0,185	1,42	107	Верхний
0,0081	0,0009	0,000 057	0,241	1,65	14	За графиком
0,0064	0,0009	0,000 050	0,164	1,33	41	То же
0,0056	0,0006	0,000 100	0,200	1,29	130	Верхний
Жила Третья						
0,0158	0,0007	0,000 058	0,350	0,90	↑	За графиком
0,0092	0,0026	0,000 048	0,307	1,06	↑	То же
0,0079	0,0009	0,000 055	0,220	1,36	41	"
0,0140	0,0002	0,000 047	0,380	2,82	6	"
0,0042	0,0009	0,000 047	0,115	1,42	128	Верхний
0,0078	0,0039	0,000 051	0,348	1,57	11	За графиком
0,0038	0,0013	0,000 053	0,121	1,14	200	Верхний переходный
0,0076	0,0014	0,000 058	0,200	1,19	98	Верхний

Приложение 5

Результаты пересчета по  $V_{1-16}$  отдельных анализов касситерита по горизонтам жилы 18 месторождения Дубровского

Проба	$\bar{H}$ , м	Не обнаружены*	Интервал	Проба	$\bar{H}$ , м	Не обнаружены*	Интервал
Горизонт III							
1	255	Sc, Nb	Средний	33	375	Sc, Nb	Нижний
2	272		Нижний переходный	34	18		За графиком
3	↑		За графиком	35	↑		"
4	153		Верхний	Горизонт VII			
5	236	Nb	Средний	36	160		Верхний переходный
6	↑		За графиком	37	167	Nb	"
7	↑		"	38	162	Nb	"
8	172		Верхний переходный	39	160		"
9	↑		За графиком	40	105		Верхний
10	↑		"	41	191	Nb	Верхний переходный
11	↑		"	42	154		Верхний
12	↑	In	"	43	270	Nb	Нижний переходный
13	↑	In, Nb	"	44	217		Верхний переходный
14	↑		"	45	45		За графиком
Горизонт IV							
15	↑		За графиком	46	↑		"
16	↑	In	"	47	88	Nb	Верхний
17	↑		"	48	60		За графиком
18	123		Верхний	49	141		"
19	51		За графиком	50	215	Sc	Верхний переходный
20	36		"	51	↑		За графиком
21	↑	In	"	52	↑		"
22	↑	In	"	53	45		"
23	↑	In	"	54	↑		"
Горизонт V							
24	405	Nb	Нижний	55	23		"
25	↑	In	За графиком	Горизонт VIII			
26	↑	In	"	56	430	Sc, Nb	Нижний
Горизонт VI							
27	180	Nb	Верхний переходный	57	50		За графиком
28	28		За графиком	58	133	Sc	Верхний
29	26	In, Nb	"	59	↑		За графиком
30	↑	In	"	60	335	Nb	Нижний переходный
31	26		"	61	407	Sc, Nb	Нижний
32	293	Sc, Nb	Нижний переходный	62	184		Верхний переходный
				63	157		Верхний

Приложение 5 (окончание)

Проба	$\bar{H}$ , м	Не обнаружены*	Интервал	Проба	$\bar{H}$ , м	Не обнаружены*	Интервал				
64	233		Средний	95	126		Верхний				
65	103		Верхний	96	416	Sc, Nb	Нижний				
66	132	Nb	"	97	370	Sc, Nb	"				
67	260	Nb	Средний	98	150		Верхний				
68	50		За графиком	99	225		Средний				
69	106		Верхний	100	395	Nb	Нижний				
70	20		За графиком	101	403	Sc, Nb	"				
71	↑	In	"	102	262	Nb	Средний				
72	69	Nb	Верхний	Горизонт XI							
Горизонт IX											
				103	320	Sc, Nb	Нижний переходный				
73	↓	Sc, Nb	За пределами нижнего	104	269	Nb	Средний				
74	215	Nb	Верхний переходный	105	157		Верхний				
75	175		"	106	66		"				
76	91		Верхний	107	309		Нижний переходный				
77	281	Nb	Нижний переходный	108	201	Sc, Nb	Верхний переходный				
78	373	Sc, Nb	Нижний	109	146	Sc	Верхний				
79	72		Верхний	110	142	Nb	"				
80	397	Sc, Nb	Нижний	111	↑		За графиком				
81	↑		За графиком	112	↑		"				
82	284	Sc	Нижний переходный	113	146	Sc, Nb	Верхний				
83	204		"	114	394	Sc, Nb	Нижний				
Горизонт XIII											
84	407	Sc, Nb	Нижний	115	201	Sc, Nb	Верхний переходный				
85	405	Sc, Nb	"	116	170	Nb	"				
86	409	Nb	"	117	444	Sc, Nb	Нижний				
87	304	Nb	Нижний переходный	118	382	Sc, Nb	"				
88	68	In, Nb	Верхний	119	355	Sc, Nb	"				
89	84		"	120	480	Sc, Nb	"				
90	98		"	121	150	In	Верхний				
91	76		"	122	300		Нижний переходный				
92	34		За графиком	Горизонт X							
Горизонт X											
				123	142	Sc	Верхний				
93	316		Нижний переходный	124	244	Sc	Средний				
			Нижний переходный	125	448	Sc, Nb	Нижний				
94	↓	Sc, V, Nb	За пределами нижнего	126	404	Nb	"				
				127	324	Sc, Nb	Нижний переходный				

\* Не обнаружены элементы, входящие в формулы.

Приложение 6

Содержание элементов-примесей (в % массы) в касситерите сопки Большой и Восточного участка Шерловогорского месторождения и результаты их пересчета по  $\nu_{1-16}$

№ пробы	Место взятия	Абсолютные отметки	Породы	In	Sc	W	Nb	V
Участок I								
1	обнажение	50 <sup>1)</sup>	диоритовый порфирит	0,0022	—	0,140	0,0150	0,0016
2	"	38	"	0,0033	—	0,089	0,0150	0,0030
3	"	26	"	0,0019	0,0116	0,179	0,0560	0,0330
4	"	"	"	0,0016	0,0077	0,072	0,0230	0,0412
5	"	"	"	0,0020	0,0180	0,140	0,0310	0,0320
6	"	"	"	0,0040	0,0530	0,130	0,0360	0,0410
7	"	"	"	—	0,0810	0,039	0,0330	0,0260
8	"	"	"	—	0,0230	0,074	0,0480	0,0620
9	"	"	"	—	—	0,062	—	—
10	"	"	"	0,0014	0,0064	0,130	0,0220	0,0170
11	"	"	"	—	0,0190	0,086	0,0140	0,0180
12	"	"	"	0,0009	0,0070	0,092	0,0190	0,0215
среднее по горизонту 26 м				0,0012	0,0226	0,100	0,0284	0,0291
среднее по участку I				0,0014	0,0189	0,102	0,0260	0,0246
Участок II								
13	обнажение	98	диоритовый порфирит	—	0,0003	—	0,1400	0,0059
14	"	"	"	—	0,0004	0,054	0,0160	0,0006
15	обнажение	98	диоритовый порфирит	—	0,0150	0,017	—	0,0008
среднее по горизонту 98 м				—	0,0052	0,024	0,0520	0,0024
16	обнажение	86	эксплозивная брекчия кварцевых порфиров	0,0037	0,0032	0,126	0,0720	0,0171
17	"	"	"	—	—	0,074	0,0400	—
среднее по горизонту 86 м				0,0018	0,0016	0,145	0,0560	0,0086
18	обнажение	74	эксплозивная брекчия кварцевых порфиров	0,0018	0,0130	0,360	—	0,0020

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb	$\bar{H}$
Участок 1								
0,0068	0,000 068	0,047	—	5,19	0,001	0,0029	0,1100	↑↓ <sup>2)</sup>
0,0006	0,000 130	0,004	—	1,16	0,004	—	—	426 <sup>3)</sup>
0,0037	0,000 691	0,400	0,0103	1,69	0,016	—	0,0027	↑ <sup>4)</sup>
0,0115	0,000 761	0,586	0,0247	1,25	0,007	—	0,0010	↑
0,0110	0,000 870	0,480	0,0130	1,49	0,018	0,0011	0,0092	↑
0,0190	0,000 370	0,220	0,0210	1,71	—	0,0039	0,0320	↑
0,0099	0,000 270	0,760	0,0510	1,50	0,018	—	0,0180	↑
0,0200	0,000 640	0,550	0,0170	1,65	0,011	0,0039	—	↑
—	0,000 800	0,018	—	1,61	—	—	—	+
0,0024	0,000 470	0,500	0,0086	1,34	0,020	0,0034	0,0340	↑
0,0017	0,000 350	0,370	0,0087	0,90	0,070	0,0063	0,0075	↑
0,0666	0,000 478	0,480	0,011	1,51	0,025	0,0012	0,0145	↑
0,0145	0,000 570	0,436	0,016	1,46	0,018	0,0020	0,0119	↑
0,0127	0,000 491	0,367	0,014	1,75	0,016	0,0019	0,0190	↑
Участок 2								
0,0006	0,000 040	0,400	0,033	0,49	—	0,0070	0,0270	+
0,0012	0,000 068	0,025	—	1,75	—	—	0,0030	↑↓
—	0,000 059	0,018	0,003	1,75	—	0,0033	—	+
0,0006	0,000 062	0,148	0,012	1,33	—	0,0034	0,0100	↑
0,0054	0,000 535	0,398	0,128	2,14	0,023	—	0,0064	↑
0,0060	0,000 170	0,037	—	2,93	—	0,0019	0,0031	+
0,0057	0,000 352	0,217	0,064	2,54	0,011	0,0009	0,0048	72 <sup>5)</sup>
0,0015	0,000 062	0,028	0,010	2,66	0,004	—	—	↑↓

Приложение 6 (продолжение)

№ пробы	Место взятия	Абсолютные отметки	Породы	In	Sc	W	Nb	V
19	обнажение	50	эксплозивная брекчия кварцевых порфиров	—	0,0017	0,100	—	0,0005
среднее по эксплозивной брекчии кварцевых порфиров участка II				0,0013	0,0044	0,187	0,0280	0,0048
среднее по участку II				0,0008	0,0048	0,117	0,0380	0,0038
				Участок III				
20	обнажение	98	диоритовый порфирит	—	0,0290	0,041	0,0860	0,0240
21	"	86	"	—	0,0017	0,069	—	0,0027
22	обнажение	86	диоритовый порфирит	0,0071	0,0019	0,060	0,0094	0,0140
23	"	"	"	—	0,0085	0,250	—	0,0017
24	"	"	"	—	0,0022	0,100	0,110	0,0160
25	"	"	"	—	0,0170	0,032	—	0,0094
26	"	"	"	—	0,0048	0,033	0,0140	0,0260
среднее по горизонту 86 м				0,0012	0,0060	0,095	0,0057	0,0116
среднее по участку III				0,0010	0,0093	0,083	0,0172	0,0134
27	обнажение	86	эксплозивная брекчия кварцевых порфиров	0,0021	0,0650	0,550	0,1000	0,0380
28	"	74	"	0,0019	—	0,084	0,0170	0,0022
29	"	50	"	—	0,0039	0,088	0,0628	0,0111
30	"	"	"	—	0,0022	0,150	0,0750	0,0033
31	"	"	"	—	—	0,180	0,0480	0,0066
32	"	"	"	—	—	0,058	0,0678	0,0050
33	"	"	"	—	0,0022	0,220	0,0470	0,0260
34	"	"	"	—	0,0055	0,130	0,0660	0,0073
среднее по эксплозивной брекчии участка III				0,0005	0,0098	0,182	0,0604	0,0124
среднее по эксплозивной брекчии кварцевых порфиров горизонта 50 м				—	0,0023	0,138	0,0611	0,0098
35	обнажение	98	кварцевые порфиры	—	—	0,154	0,1045	—
36	"	"	"	—	—	0,049	0,0220	—
37	"	"	"	—	—	0,160	0,0370	0,0028

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb	$\bar{H}$
0,0110	0,000 140	0,037	—	1,31	0,011	0,0420	—	+
0,0060	0,000 226	0,125	0,035	2,26	0,010	0,0110	0,0023	105
0,0036	0,000 153	0,135	0,025	1,86	0,005	0,0077	0,0056	↑
				Участок III				
0,0033	0,000 130	0,590	0,023	1,51	0,019	0,0470	0,0032	↑
0,0028	0,000 160	0,085	—	0,76	—	0,0025	—	+
0,0037	0,001 400	0,010	—	0,93	0,011	0,2100	0,0380	↑↓
0,0044	0,000 810	0,300	—	0,88	0,019	0,0036	0,0140	+
0,0037	0,000 400	0,130	—	0,68	—	0,0027	—	↑
0,0025	0,003 000	0,210	0,004	2,05	0,014	0,0039	—	↑
0,0062	0,000 130	0,360	0,013	0,44	—	—	0,0016	↑
0,0034	0,000 983	0,182	0,003	0,96	0,007	0,0370	0,0089	↑
0,0038	0,000 861	0,240	0,006	1,04	0,009	0,0380	0,0081	↑
0,0065	0,000 380	0,480	0,015	4,17	—	—	—	↑
0,0016	0,000 021	0,003	—	0,59	0,002	—	0,0005	416
0,0110	0,000 219	0,318	—	1,19	—	0,0050	—	↑
0,0120	0,000 180	0,130	0,005	1,03	—	0,0100	0,0058	↑↓
0,0270	0,000 160	0,240	0,011	0,60	—	0,0170	0,0040	+
0,0165	0,000 132	0,440	0,020	2,40	—	0,0202	—	+
0,0270	0,000 160	0,330	0,008	0,64	—	0,0054	0,003	↑
0,0120	0,000 250	0,580	0,012	0,89	—	—	0,0010	↑
0,0142	0,000 187	0,315	0,009	1,44	—	0,0072	0,0014	↑
0,0175	0,000 183	0,339	0,009	1,12	—	0,0096	0,0018	↑
0,0036	0,000 175	0,034	—	1,50	—	—	—	+
0,0041	0,000 320	0,017	—	1,18	0,007	0,0100	0,0008	+
0,0039	0,000 140	0,054	—	1,15	0,012	0,0031	0,0018	+

Приложение 6 (продолжение)

№ пробы	Место взятия	Абсолютные отметки	Породы	In	Sc	W	Nb	V
среднее по кварцевым порфирам горизонта 98 м				—	—	0,121	0,0545	0,0009
38	обнажение	74	кварцевые порфиры	0,0110	0,0007	0,200	0,0500	0,0024
39	"	62	"	—	—	0,092	0,0260	—
среднее по кварцевым порфирам участка III				0,0022	0,0001	0,131	0,0479	0,0010
среднее по участку III				0,0011	0,0072	0,135	0,0426	0,0099
Восточный участок (из подземных выработок)								
40	устье штольни 4	26	кварцевые порфиры	—	—	0,072	0,0360	—
41	"	"	"	—	—	0,190	0,0200	0,0008
42	116 м от устья штр. I сев.	"	"	—	—	0,100	0,1300	—
43	"	"	"	—	—	0,140	0,0870	—
44	119 м	"	"	—	0,0015	0,089	0,0960	0,0004
45	135 м от устья штр. I сев.	26	кварцевые порфиры	—	0,0031	0,140	0,0990	—
46	300 м	"	"	—	—	0,160	0,0240	—
47	300 м	"	"	—	—	0,210	0,0300	—
48	400 м	"	"	—	—	0,110	0,0540	—
49	400 м	"	"	—	0,0014	0,090	0,0320	0,0006
50	4-й вост. кв., 27 м от устья	"	"	—	0,0014	0,067	—	0,0050
51	93 м от устья	"	"	—	—	0,180	0,0160	—

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb	$\bar{H}$
0,0039	0,000 211	0,035	—	1,28	0,006	0,0043	0,0009	+
0,0044	0,000 220	0,040	0,002	1,40	0,015	0,0039	0,0048	386
—	0,000 240	0,019	—	1,06	—	—	0,0031	+
0,0032	0,000 219	0,033	0,0004	1,26	0,007	0,0034	0,0021	↑↓
0,0078	0,000 431	0,218	0,006	1,25	0,005	0,0173	0,0039	↑
Восточный участок (из подземных выработок):								
—	0,000 160	0,030	—	2,73	—	—	0,0042	+
0,0004	0,000 140	0,037	—	2,50	—	—	0,0130	+
—	0,000 710	0,065	—	1,71	0,031	—	0,0062	+
0,0018	0,001 800	0,022	—	1,40	0,040	—	0,0370	+
0,0029	0,001 100	0,056	0,024	1,68	—	0,0050	0,0110	↑↓
0,0022	0,001 200	0,037	—	1,24	—	0,0060	0,0071	+
0,0007	0,000 330	0,019	—	1,38	0,006	—	0,0059	+
0,0023	0,000 220	0,016	—	1,03	—	0,0033	0,0990	+
0,0016	0,000 200	0,028	—	1,48	—	0,0043	0,0067	+
0,0016	0,000 320	0,140	—	1,40	—	0,0050	0,0120	↑↓
0,0010	0,000 110	0,170	—	1,82	—	0,0052	0,0049	+
0,0014	0,000 059	0,018	—	1,32	—	0,0030	0,0012	+

Приложение 6 (окончание)

№ пробы	Место взятия	Абсолютные отметки	Породы	In	Sc	W	Nb	V
52	103 м от устья	26	кварцевые порфиры	—	0,0020	0,230	0,0572	0,0056
	среднее по кварцевым порфирам Восточного участка			—	0,0007	0,137	0,0520	0,0010
	среднее по сопке Большой:							
	по кварцевым порфирам			0,0006	0,0006	0,134	0,0510	0,0010
	по диоритовым порфиритам			0,0011	0,0139	0,085	0,0267	0,0180
	по взрывчатке			0,0008	0,0080	0,183	0,0496	0,0099

Примечание. 1) отметки условные; 2) результаты пересчета по  $V_{1-16}$  противоречивые; 3) пробы 2, 28, 38 относятся к нижнему интервалу; 4) за верхним

Приложение 7

Средние содержания элементов-примесей (% массы) в касситерите сопки Большой и Восточного участка Шерловогорского месторождения и результаты их пересчета по  $V_{1-16}$

Элементы	Участок I			Среднее по диоритовому порфиру	Участок II		
	Диоритовый порфирит				Диоритовый порфирит, 98 м	Взрывчатка	
	50 м	38 м	26 м			86 м	74 м
1	2	3	4	5	6	7	8
In	0,0022	0,0033	0,0012	0,0014	—	0,0018	0,0018
Sc	—	—	0,0226	0,0189	0,0052	0,0016	0,0130
W	0,140	0,089	0,100	0,102	0,024	0,0145	0,360
Nb	0,0150	0,0150	0,0284	0,0260	0,0520	0,0560	—
V	0,0016	0,0030	0,0291	0,0246	0,0024	0,0086	0,0020
Cr	0,0068	0,0006	0,0145	0,0127	0,0006	0,0057	0,0015
Be	0,00007	0,00013	0,00057	0,00005	0,00006	0,00035	0,00006
Ti	0,047	0,0042	0,436	0,367	0,148	0,217	0,028
Zr	—	—	0,0165	0,0137	0,0120	0,0642	0,0100
Fe	5,19	1,16	1,46	1,75	1,33	2,54	2,66
Mn	0,0096	0,0044	0,0184	0,0165	—	0,0115	0,0043
Zn	0,0029	—	0,0020	0,0019	0,0034	0,0009	—
Pb	0,1100	—	0,0119	0,0190	0,0100	0,0048	—
Кол-во проб	1	1	10	12	3	2	1
$\bar{H}$	↑↓ <sup>2</sup>	426	↑ <sup>3</sup>	↑	↑	72	↑↓
Интервал		нижний				верхний	

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb	$\bar{H}$
0,0032	0,000 433	0,111	—	1,91	0,011	0,0072	0,0122	↑↓
0,0015	0,000 521	0,058	0,002	1,66	0,007	0,0030	0,0169	↑↓
0,0020	0,000 439	0,051	0,001	1,55	0,068	0,0032	0,0128	↑↓
0,0082	0,000 549	0,297	0,011	1,47	0,012	0,0140	0,0143	↑
0,0114	0,000 199	0,252	0,017	1,71	0,003	0,0084	0,0017	↑

пределом графика; 5)  $\bar{H} = 72, 105$  относятся к верхнему интервалу; + — из-за отсутствия двух и более элементов анализа не обсчитывались.

Участок II		Среднее по участку II	Участок III				
брекчия	Среднее по взрывчатке		Диоритовый порфирит		Среднее по диоритовому порфиру	Взрывчатка	
			98 м	86 м		86 м	74 м
9	10	11	12	13	14	15	16
—	0,0013	0,00078	—	0,0012	0,0010	0,0021	0,0019
0,0017	0,0044	0,0048	0,0290	0,0060	0,0093	0,0650	—
0,100	0,187	0,0117	0,041	0,095	0,083	0,550	0,084
—	0,0280	0,0380	0,0860	0,0057	0,0172	0,1000	0,0170
0,0005	0,0048	0,0038	0,0240	0,0116	0,0134	0,0380	0,0022
0,0110	0,0060	0,0036	0,0033	0,0034	0,0038	0,0065	0,0016
0,00014	0,00023	0,00015	0,00013	0,00098	0,00086	0,00038	0,00002
0,037	0,125	0,014	0,590	0,182	0,240	0,480	0,003
—	0,0346	0,0249	0,0230	0,0029	0,0057	0,0150	—
1,31	2,26	1,86	1,51	0,96	1,04	4,17	0,59
0,0110	0,0096	0,0054	0,190	0,0073	0,0090	—	0,0019
0,0420	0,0110	0,0077	0,0470	0,0370	0,0380	—	—
—	0,0023	0,0056	0,0032	0,0089	0,0081	—	0,0005
1	4	7	1	6	7	1	1
+ <sup>4</sup>	105	↑	↑	↑	↑	↑	416
	верхний						нижний

Приложение 7 (окончание)

Элементы	Участок III					
	Эксплозивная брекчия	Среднее по взрывной брекчии	Кварцевый порфир			Среднее по кварцевому порфиру
			98 м	74 м	62 м	
	50 м					
17	18	19	20	21	22	
In	—	0,0005	—	0,0110	—	0,0022
Sc	0,0023	0,0098	—	0,0007	—	0,0001
W	0,138	0,182	0,122	0,200	0,092	0,131
Nb	0,0611	0,0604	0,0545	0,0500	0,0260	0,0479
V	0,0098	0,0124	0,0009	0,0024	—	0,0010
Cr	0,0175	0,0142	0,0039	0,0044	—	0,0032
Be	0,00018	0,00019	0,00021	0,00022	0,00024	0,00022
Ti	0,339	0,315	0,035	0,040	0,019	0,033
Zr	0,0093	0,0089	—	0,0020	—	0,0004
Fe	1,12	1,44	1,28	1,40	1,06	1,26
Mn	—	0,0002	0,0063	0,0150	—	0,0068
Zn	0,0096	0,0072	0,0043	0,0039	—	0,0034
Pb	0,0018	0,0014	0,0009	0,0048	0,0031	0,0021
Кол-во проб	6	8	3	1	1	5
H	↑	↑	+	386	+	↑↓
Интервал				нижний		

Примечание. 50<sup>1</sup> — горизонты карьерной обработки; ↑<sup>2</sup> — результаты обчета по V<sub>1-16</sub> противоречивые; ↑<sup>3</sup> — за верхним пределом графика; + — анализы не обсчитывались из-за отсутствия двух и более элементов. По С.М. Бойко и Е.С. Костюковой (1976), в диоритовых порфиритах содержатся 0,001% Ni, 0,003% Mo, 0,01% As, а в брекчии кварцевых порфиров — 0,01% Sb и 0,006% Mo.

Приложение 8

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите рудного тела Опытного Трудового месторождения

№ пробы	Порода	Горизонт	In	Sc	W	Nb	V
1	гранит	0	сл.	—	0,086	0,0170	0,0008
2	"	0	сл.	—	0,071	0,0210	0,0018
3	"	0	—	—	0,075	0,0220	0,0006
4	"	0	—	—	0,052	0,0180	0,0008
5 <sup>x</sup>	"	0	—	—	0,150	0,0120	0,0005
6	"	0	—	—	0,038	0,0430	0,0010
7 <sup>x</sup>	"	0	—	—	0,140	0,0160	0,0007
8	"	0	—	0,0011	0,077	0,0540	0,0015
9 <sup>x</sup>	"	0	—	—	0,076	0,0110	0,0001

Среднее по участку III	Восточный участок (кварцевые порфиры, 26 м)	Среднее по сопке Большой, по Г.А. Осиповой			Среднее по сопке Большой, по С.М. Бойко и Е.С. Костюковой	
		Диоритовый порфирит	Эксплозивная брекчия	Кварцевый порфир	Диориты	Брекчии кварцевых порфиров
23	24	25	26	27	28	29
0,0011	—	0,0011	0,0008	0,0006	0,002	0,002
0,0072	0,0007	0,0139	0,0080	0,0006	—	0,001
0,135	0,137	0,085	0,183	0,134	0,15	0,2
0,0426	0,0520	0,0267	0,0496	0,0510	—	0,004
0,0099	0,0010	0,0180	0,0099	0,0010	0,01	0,0006
0,0078	0,0015	0,0082	0,0114	0,0020	0,002	0,0003
0,00043	0,00052	0,00055	0,00020	0,00044	0,001	0,003
0,218	0,058	0,297	0,252	0,051	1,00	0,03
0,0057	0,0018	0,0109	0,0174	0,0014	0,001	0,001
1,25	1,66	1,47	1,71	1,55	0,20	0,20
0,0049	0,0068	0,0120	0,0033	0,0680	0,015	0,002
0,0173	0,0030	0,0140	0,0084	0,0032	0,005	0,01
0,0039	0,0169	0,0143	0,0017	0,0128	0,002	0,002
20	13	22	12	5	2	2
↑	↑↓	↑	↑	↑↓	+	180
						верхний переходный

Приложение 8 (продолжение)

№ про- бы	Порода	Гори- зонт	In	Sc	w	Nb	V
10	гранит	0	сл.	—	0,079	0,0150	0,0006
11 <sup>x</sup>	"	0	—	0,0003	0,100	0,0130	0,0004
12	"	0	—	—	0,064	0,0140	0,0013
13	"	0	—	0,0002	0,049	0,0390	0,0014
среднее по 2 генерации		—	—	0,0001	0,066	0,0270	0,0011
"	по 1	"	—	—	0,117	0,0130	0,0004
14	гранит	80	—	—	0,078	0,0183	0,0011
15	"	80	—	0,0016	0,099	0,0109	0,0055
16	"	80	—	—	0,053	0,0203	0,0006
17	"	80	—	0,0003	0,058	0,0167	0,0024
18	"	80	—	0,0004	0,055	0,0140	—
19	"	80	—	сл.	0,095	0,0310	0,0021
20 <sup>x</sup>	"	80	0,0006	0,0010	0,150	0,0163	0,0009
21	"	80	0,0023	—	0,051	0,0460	0,0011
22	"	80	сл.	сл.	0,047	0,0117	0,0009
23 <sup>x</sup>	"	80	0,0007	—	0,110	0,0263	0,0003
24 <sup>x</sup>	"	80	сл.	0,0004	0,068	0,0447	0,0002
25 <sup>x</sup>	"	80	—	0,0003	0,056	0,0128	0,0011
26	"	80	—	—	0,065	0,0227	0,0007
27	"	80	—	—	0,054	0,0410	0,0007
28	"	80	сл.	—	0,074	0,0240	0,0012
29	"	80	—	—	0,056	0,0163	0,0004
30	"	80	—	—	0,046	0,0113	0,0009
31 <sup>x</sup>	"	80	0,0006	0,0006	0,111	0,0240	0,0004
32	"	80	0,0005	сл.	0,072	0,0453	0,0011
33	"	80	0,0024	0,0013	0,193	0,0092	0,0062
34 <sup>x</sup>	"	80	0,0002	0,0014	0,137	0,0280	0,0005
35	"	80	сл.	сл.	0,075	0,0280	0,0008
среднее по 2 генерации		—	0,0003	0,0002	0,070	0,0229	0,0016
"	по 1	"	0,0005	0,0006	0,105	0,0254	0,0006
36	гранит	160	—	—	0,025	0,0170	0,0008
37 <sup>x</sup>	"	"	—	0,0001	0,054	0,0180	0,0009
38	"	"	—	0,0002	0,019	0,0190	0,0005
39	"	"	—	0,0007	0,054	0,0540	0,0010
40	"	"	—	0,0002	0,033	0,0210	0,0003
41	"	"	—	—	0,036	0,0190	0,0002
42	"	"	—	—	0,036	0,0370	0,0021
43 <sup>x</sup>	"	"	сл.	—	0,067	0,0130	0,0005
44	"	"	—	0,0011	0,110	0,0520	0,0010
45 <sup>x</sup>	гранит	160	—	—	0,046	0,0250	—
46	"	"	—	—	0,037	0,0230	0,0014
47	"	"	—	—	0,032	0,0330	0,0007
48	"	"	—	—	0,041	0,0200	0,0007
49	"	"	—	—	0,026	0,0560	0,0008
50 <sup>x</sup>	"	"	—	0,0018	0,038	0,0320	—
51	"	"	—	—	0,033	0,0220	—

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
0,0002	0,000 042	0,230	0,011	0,55	0,007	0,0042	—
—	0,000 047	0,410	0,013	0,41	—	—	0,0004
0,0011	0,000 059	0,360	0,012	0,20	0,003	0,0029	—
0,0016	0,000 100	0,220	0,021	0,42	—	0,0031	0,0017
0,0006	0,000 071	0,290	0,025	0,53	0,007	0,0039	—
0,0009	0,000 062	0,202	0,009	0,44	0,006	0,0068	0,0007
0,0042	0,000 350	0,157	0,031	0,95	—	0,0016	—
0,0027	0,000 817	0,084	0,008	0,42	—	—	—
0,0015	0,000 022	0,240	0,018	0,26	—	—	0,0051
—	0,000 133	0,243	0,014	0,33	—	—	—
0,0005	0,000 053	0,120	0,011	0,37	—	—	—
0,0010	сл.	0,290	0,019	0,43	—	сл.	—
0,0008	0,000 076	0,113	0,009	0,54	—	—	—
0,0003	0,000 470	0,247	0,018	0,61	—	—	0,0011
0,0010	0,000 041	0,157	0,009	0,23	—	0,0010	сл.
—	0,000 099	0,082	0,005	0,50	—	—	—
0,0006	0,000 097	0,200	0,014	0,47	—	0,0021	0,0007
0,0007	0,000 075	0,137	0,011	0,33	—	0,0008	—
—	0,000 208	0,118	0,011	0,30	—	—	—
—	0,000 390	0,136	0,140	0,23	—	—	—
0,0010	0,000 223	0,140	0,011	0,30	—	сл.	—
0,0063	0,000 079	0,117	0,010	0,45	—	—	—
—	0,000 127	0,143	0,011	0,19	—	сл.	0,0004
0,0009	0,000 180	0,012	0,006	0,74	—	—	0,0018
0,0006	0,000 056	0,283	0,043	0,37	—	—	—
0,0027	0,000 950	0,055	0,005	0,72	0,002	0,0009	0,0006
0,0012	0,000 058	0,074	0,006	0,37	сл.	—	0,0006
0,0008	0,000 049	0,120	0,011	0,27	—	0,0010	—
0,0014	0,000 248	0,166	0,015	0,40	—	0,0009	0,0004
0,0007	0,000 098	0,103	0,009	0,49	—	0,0005	0,0005
0,0003	0,000 032	0,230	0,013	0,57	0,001	0,0029	—
0,0015	0,000 087	0,210	0,012	0,94	0,004	—	0,0002
—	—	0,320	0,091	0,32	—	0,0068	—
0,0046	0,000 120	0,730	0,026	0,54	—	0,0130	0,0015
—	0,000 028	0,200	0,019	0,82	—	0,0050	0,0007
—	0,000 038	0,120	0,019	0,40	—	0,0076	0,0007
—	0,000 060	0,810	0,032	1,39	—	0,0028	—
—	0,000 050	0,091	0,009	0,19	—	—	—
0,0006	0,000 320	0,660	0,036	0,60	—	0,0054	—
0,0006	0,000 067	0,110	0,008	0,33	0,002	0,0019	—
0,0004	0,000 043	0,230	0,039	0,31	0,005	0,0026	—
0,0003	0,000 060	0,170	0,046	0,57	0,003	0,0034	—
—	0,000 087	0,200	0,017	1,05	0,005	0,0019	—
0,0002	0,000 058	0,220	0,038	0,56	0,013	0,0350	0,0005
—	0,000 048	0,140	0,026	0,64	—	0,0052	0,0008
0,0011	0,000 053	0,100	0,009	0,88	0,004	0,0037	0,0011

Приложение 8 (продолжение)

№ про-бы	Порода	Гори-зонт	In	Sc	w	Nb	V
52	гранит	160	—	0,0010	0,049	0,0310	0,0041
53	"	"	—	—	0,022	0,0390	—
54	"	"	—	—	0,020	0,0200	0,0002
55	"	"	—	—	0,028	0,0180	—
56	"	"	—	—	0,018	0,0290	—
57	"	"	—	—	0,035	0,0420	—
58	"	"	—	—	0,032	0,0470	—
59 <sup>x</sup>	"	"	—	—	—	0,0250	—
среднее по 2 генерации			—	0,000?	0,036	0,0320	0,0007
" по 1 "			—	0,004	0,051	0,0180	0,0003
76	гранит	200	сл.	0,009	0,135	0,0115	0,0008
77	"	"	0,0007	0,0020	0,247	сл.	0,0047
78	"	"	0,0016	0,0016	0,117	0,0284	0,0014
79	"	"	—	0,0042	0,079	0,0346	0,0023
80 <sup>xx</sup>	"	"	0,0002	0,0013	0,048	0,0128	0,0027
81	"	"	0,0010	0,0016	0,157	0,0323	0,0011
82	"	"	—	0,0022	0,071	0,0310	0,0073
83	"	"	0,0008	0,0008	0,289	0,0171	0,0012
84	"	"	0,0049	0,0008	0,098	0,0262	0,0011
85	"	"	0,0002	0,0005	0,108	0,0274	0,0007
86	"	"	0,0010	0,0005	0,315	0,0152	0,0101
87	"	"	0,0009	0,0006	0,099	0,0395	0,0017
88	"	"	0,0012	—	0,037	0,0210	0,0008
89	"	"	—	—	0,057	0,0225	0,0006
90	"	"	—	0,0011	0,044	0,0208	0,0023
91 <sup>x</sup>	"	"	—	—	0,119	0,0105	0,0002
92	"	"	—	0,0005	0,061	0,0285	0,0012
93 <sup>x</sup>	"	"	0,0034	0,0003	0,146	0,0100	0,0017
94	"	"	0,0022	0,0010	0,642	0,0075	0,0094
95	"	"	—	0,0002	0,063	0,0123	0,0062
96	"	"	—	сл.	0,027	0,0155	0,0014
среднее по 2 генерации			0,0008	0,0010	0,147	0,0217	0,0030
" по 1 "			0,0017	0,0002	0,132	0,0102	0,0010
60	гранит	240	—	0,0008	0,078	0,0150	0,0011
61	"	"	—	—	0,038	0,0091	0,0011
62	"	"	сл.	0,0009	0,078	0,0320	0,0012
63 <sup>x</sup>	"	"	сл.	0,0002	0,061	0,0160	0,0001
64	"	"	—	0,0004	0,120	0,0200	0,0006
65 <sup>x</sup>	"	"	—	0,0003	0,097	0,0140	0,0002
66	"	"	—	0,0005	0,100	0,0250	0,0011
67	"	"	—	0,0007	0,030	0,0380	0,0010
68	"	"	—	—	0,021	0,0190	0,0004
69	"	"	сл.	0,0008	0,082	0,0330	0,0009
70	"	"	—	—	0,070	0,0240	0,0004

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
0,0004	0,000 027	0,280	0,015	0,32	0,006	0,0220	0,0005
—	0,000 031	0,160	0,008	0,53	0,012	0,0082	0,0003
—	0,000 097	0,350	0,026	0,49	—	0,0074	0,0008
—	0,000 150	0,240	0,019	0,32	—	0,0140	—
—	0,000 043	0,370	0,017	0,65	0,014	0,0027	—
—	0,000 057	0,160	0,012	0,66	—	—	—
—	0,000 075	0,250	0,018	0,55	—	0,0011	—
—	0,000 110	0,086	0,006	0,27	—	—	0,0008
0,0004	0,000 073	0,310	0,026	0,61	0,003	0,0076	0,0003
0,0004	0,000 072	0,127	0,008	0,47	0,001	0,0014	0,0002
0,0004	0,000 133	0,108	0,004	0,26	—	—	—
0,0018	0,000 204	0,076	—	1,67	—	0,0013	0,0046
0,0003	0,000 361	0,124	0,008	0,69	сл.	0,0021	—
—	0,000 066	0,110	0,004	0,39	—	0,0013	—
0,0011	0,000 079	0,212	0,019	0,23	—	—	—
0,0031	0,000 272	0,647	0,005	1,56	—	—	0,0047
0,0006	0,000 102	0,172	0,019	0,48	—	—	—
сл.	0,000 130	0,317	0,009	1,04	—	0,0005	—
0,0038	0,000 317	0,223	0,052	2,11	—	0,0145	0,0020
0,0008	0,000 130	0,387	0,010	1,19	—	0,0100	—
—	0,000 164	0,152	0,010	0,62	0,002	0,0010	—
0,0012	0,000 213	0,145	0,108	0,65	—	—	—
—	0,000 246	0,231	0,151	1,01	—	сл.	—
—	0,000 064	0,223	0,018	0,90	0,006	—	—
0,0008	0,000 112	0,257	0,017	1,35	сл.	0,0034	0,0006
сл.	0,000 047	0,150	0,006	0,28	—	—	—
0,0006	0,000 063	0,336	0,030	1,38	—	сл.	—
0,0018	0,000 717	0,127	—	0,28	0,069	0,0032	—
0,0064	0,000 181	0,151	—	2,41	сл.	0,0006	—
0,0005	0,000 070	0,234	0,012	0,24	—	—	—
—	—	0,214	0,023	0,13	—	—	—
0,0011	0,000 157	0,228	0,026	1,00	—	0,0017	0,0007
0,0009	0,000 382	0,138	0,003	0,28	0,035	0,0016	—
0,0024	0,000 052	0,335	0,073	0,34	0,005	—	—
—	0,000 120	0,210	0,015	0,39	0,002	—	—
0,0008	0,000 150	0,880	0,017	0,28	—	0,0007	0,0005
—	0,000 042	0,110	0,011	0,19	—	—	0,0008
0,0004	0,000 053	0,230	0,073	0,50	0,010	0,0039	—
0,0006	0,000 024	0,090	0,010	0,21	0,005	0,0045	—
0,0006	0,000 100	0,260	0,140	0,35	0,014	0,0069	—
0,0050	0,000 090	0,150	0,074	1,38	0,017	0,0100	0,0024
—	0,000 042	0,170	0,019	0,55	0,015	0,0120	—
—	0,000 160	0,210	0,017	0,38	0,010	0,0029	—
0,0006	0,000 160	0,089	0,036	0,36	0,010	0,0045	—

Приложение 8 (окончание)

№ пробы	Порода	Горизонт	In	Sc	W	Nb	V
71 <sup>x</sup>	гранит	240	—	—	0,690	0,0140	0,0005
72 <sup>xx</sup>	"	"	—	0,0010	0,350	0,0620	0,0007
73	"	"	—	—	0,040	0,0480	0,0010
74 <sup>xx</sup>	"	"	—	0,0011	0,150	0,0320	0,0013
75 <sup>xx</sup>	"	"	сл.	0,0035	0,093	0,0730	0,0038
среднее по 2 генерации			—	0,0004	0,066	0,0260	0,0009
" по 1 "			—	0,0002	0,283	0,0150	0,0003

П р и м е ч а н и е. Один крестик — касситерит первой генерации, два крестика — касситерит смешанной генерации.

Приложение 9

Средние содержания элементов-примесей (% массы) в касситеритах разных генераций из различных горизонтов рудного тела Опытного Трудового месторождения

Горизонт	Генерация	Количество проб	In	Sc	W	Nb	V
0	1	4	—	—	0,117	0,0130	0,0004
	2	9	—	0,0001	0,066	0,0270	0,0011
80	1	6	0,0005	0,0006	0,105	0,0254	0,0006
	2	16	0,0003	0,0002	0,070	0,0229	0,0016
160	1	5	—	0,0004	0,051	0,0180	0,0003
	2	19	—	0,0002	0,036	0,0320	0,0007
200	1	2	0,0017	0,0002	0,132	0,0100	0,0010
	2	18	0,0008	0,0010	0,147	0,0220	0,0030
240	1	3	—	0,0002	0,283	0,0150	0,0003
	2	10	—	0,0004	0,066	0,0260	0,0009

Приложение 10

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите одного из рудных тел месторождения Учкошкон

№ пробы	Горизонт (м), номер жилы	In	Sc	W	Nb	V
1	80, жила 1	—	сл.	0,016	0,0063	0,0027
2	"	сл.	0,0007	0,018	0,0018	0,0036
3	"	—	0,0002	0,025	0,0112	0,0026
4	"	0,0005	0,0019	0,054	0,0057	0,0009
5	"	—	0,0004	0,041	0,0041	0,0017
6	"	—	0,0002	0,009	0,0143	0,0010
7	"	0,0231	0,0020	0,027	0,0093	0,0013
Среднее по жиле 1		0,0033	0,0008	0,027	0,0075	0,0019

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
	0,0005	0,000 290	0,023	0,047	0,56	0,076	0,0038	0,0011
	0,0003	0,000 086	0,750	0,110	0,36	—	0,0037	—
	0,0012	0,000 210	0,530	0,100	0,64	0,014	0,0030	—
	0,0017	0,000 480	0,220	0,063	0,52	0,006	0,0028	—
	0,0012	0,000 130	2,010	0,100	1,00	0,018	0,0026	—
	0,0011	0,000 114	0,306	0,056	0,52	0,010	0,0044	0,0004
	0,0004	0,000 119	0,074	0,023	0,32	0,027	0,0028	0,0006

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
	0,0009	0,000 062	0,202	0,009	0,44	0,006	0,0068	0,0007
	0,0006	0,000 071	0,290	0,025	0,53	0,007	0,0039	—
	0,0007	0,000 098	0,103	0,009	0,49	—	0,0005	0,0005
	0,0014	0,000 248	0,166	0,015	0,40	—	0,0009	0,0004
	0,0004	0,000 072	0,127	0,008	0,47	0,001	0,0014	0,0002
	0,0004	0,000 073	0,310	0,026	0,61	0,003	0,0076	0,0003
	0,0009	0,000 382	0,138	0,003	0,28	0,035	0,0016	—
	0,0011	0,000 157	0,228	0,026	1,00	—	0,0017	0,0007
	0,0004	0,000 119	0,074	0,023	0,32	0,027	0,0028	0,0006
	0,0011	0,000 114	0,306	0,056	0,52	0,010	0,0044	0,0004

	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
	0,0013	0,000 121	0,089	0,118	0,45	—	—	—
	0,0024	0,000 227	0,077	0,098	0,27	—	—	—
	0,0006	0,000 051	0,085	0,009	0,26	—	—	—
	0,0022	0,000 360	0,142	0,011	0,28	—	0,0008	—
	0,0018	0,000 132	0,108	0,009	0,28	—	—	—
	0,0007	—	0,154	0,012	0,58	—	—	—
	—	0,000 652	0,083	0,013	1,57	—	—	—
	0,0013	0,000 220	0,105	0,038	0,53	—	—	—

Приложение 10 (окончание)

№ пробы	Горизонт (м), номер жилы	In	Sc	W	Nb	V
8	80, жила 2	—	0,0003	0,029	0,0202	0,0020
9	"	—	0,0009	0,064	0,0169	0,0009
10	"	—	0,0007	0,026	0,0144	0,0021
среднее по жиле 2		—	0,0006	0,039	0,0171	0,0016
11	80, жила 3	0,0009	0,0024	0,063	0,0045	0,0010
12	"	0,0005	0,0011	0,059	0,0104	0,0038
13	"	—	0,0018	0,061	0,0057	0,0016
среднее по жиле 3		0,0005	0,0018	0,061	0,0068	0,0021
14	80, жила 4	0,0017	—	0,160	0,0101	0,0003
15	"	0,0112	0,0001	0,115	0,0059	0,0011
среднее по жиле 4		0,0064	0,0001	0,137	0,0080	0,0007
16	80, жила 5	0,0155	0,0006	0,126	0,0020	0,0001
17	"	0,0025	0,0002	0,172	0,0034	0,0007
18	"	0,0257	—	0,159	—	0,0007
среднее по жиле 5		0,0146	0,0003	0,152	0,0018	0,0005
19	80, жила 6	0,0024	0,0010	0,106	0,0244	0,0028
20	"	0,0155	0,0009	0,138	0,0268	0,0009
среднее по жиле 6		0,0089	0,0010	0,122	0,0256	0,0018
21	80, жила 7	0,0076	0,0086	0,187	0,0158	0,0093
22	80, жила 8	0,0092	0,0035	0,159	0,0059	0,0079
23	80, жила 9	0,0053	0,0028	0,145	0,0113	0,0083
24	"	0,0023	0,0014	0,160	0,0071	0,0028
25	"	0,0082	0,0022	0,094	0,0043	0,0059
среднее по жиле 9		0,0053	0,0021	0,133	0,0076	0,0057
26	80, жила 10	0,0014	0,0020	0,089	0,0079	0,0035
27	80, жила 11	0,0021	0,0007	0,073	0,0033	0,0028
среднее по всему горизон- ту 80		0,0050	0,0014	0,086	0,0094	0,0027
28	160	0,0010	0,0031	0,072	0,0457	0,0058
29	"	0,0011	0,0023	0,037	0,0026	0,0014
30	"	0,0007	0,0023	0,034	—	0,0020
31	"	0,0023	0,0033	0,062	0,0058	0,0055
32	"	0,0099	0,0019	0,077	0,0009	0,0037
33	"	0,0044	0,0015	0,038	0,0065	0,0040
34	"	0,0044	0,0010	0,050	0,0077	0,0063
35	"	0,0021	0,0024	0,032	0,0038	0,0051
36	"	0,0006	0,0011	0,027	—	0,0017
37	"	0,0044	0,0014	0,041	0,0039	0,0062
38	"	сл.	0,0017	0,024	0,0018	0,0016
39	"	0,0014	0,0010	0,074	0,0086	0,0049
40	"	0,0050	0,0034	0,071	0,0059	0,0077
41	"	0,0024	0,0018	0,039	0,0022	0,0044
42	"	0,0029	0,0055	0,110	0,0156	0,0149
среднее по горизонту 160		0,0028	0,0022	0,052	0,0074	0,0050

Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
0,0012	0,000 114	0,220	0,066	0,45	—	—	—
0,0008	0,000 068	0,141	0,044	0,34	—	—	—
0,0004	0,000 070	0,103	0,044	0,33	—	—	—
0,0008	0,000 084	0,154	0,052	0,17	—	—	—
0,0006	0,000 130	0,047	0,013	0,39	—	—	—
0,0020	0,000 194	0,050	0,012	0,27	—	—	—
—	0,000 100	0,077	0,086	0,38	—	—	—
0,0009	0,000 141	0,058	0,037	0,35	—	—	—
сл.	0,000 981	0,142	0,012	0,60	—	—	—
0,0007	0,000 586	0,047	0,008	0,57	—	сл.	—
0,0003	0,000 783	0,095	0,010	0,58	—	—	—
0,0011	0,001 500	0,037	0,004	0,55	—	0,0098	0,0027
0,0012	0,000 930	0,040	0,003	0,49	—	сл.	—
сл.	0,001 516	0,013	0,003	1,12	—	—	—
0,0077	0,001 315	0,030	0,003	0,72	—	0,0032	0,0009
0,0008	0,000 410	0,056	0,003	0,85	0,052	0,0115	—
0,0020	0,001 300	0,084	0,007	0,88	—	сл.	—
0,0014	0,000 855	0,070	0,005	0,86	—	0,0061	—
0,0048	0,001 500	0,180	0,005	1,23	—	—	—
0,0019	0,002 086	0,115	0,006	0,85	—	—	—
0,0055	0,001 200	0,207	0,007	0,91	—	—	—
0,0014	0,000 333	0,095	0,008	0,43	—	0,0014	—
0,0067	0,001 090	0,112	0,003	1,05	—	0,0007	—
0,0045	0,000 874	0,138	0,006	0,80	—	0,0007	—
0,0040	0,001 090	0,134	0,008	0,61	—	0,0008	0,0009
0,0019	0,001 000	0,129	0,005	0,39	—	—	—
0,0017	0,000 660	0,102	0,023	0,62	—	0,0009	0,0001
0,0061	0,000 395	0,253	0,132	4,07	—	—	—
0,0034	0,000 143	0,145	0,017	0,67	—	—	—
0,0038	0,000 102	0,105	0,020	0,63	—	—	—
0,0059	0,000 622	0,102	0,014	0,87	—	0,0044	0,0020
0,0050	0,001 200	0,085	0,010	0,52	—	0,0187	0,0023
0,0038	0,001 051	0,081	0,014	0,78	—	—	—
0,0071	0,001 700	0,062	—	1,16	0,007	—	—
0,0046	0,000 484	0,111	0,016	0,54	—	—	0,0023
0,0032	0,000 299	0,011	0,006	0,40	—	—	—
0,0064	0,000 830	0,195	0,030	0,48	—	0,0029	—
0,0054	0,000 121	0,088	0,007	0,33	—	—	—
0,0021	0,000 414	0,070	—	0,89	—	—	—
0,0052	0,001 400	0,104	0,006	0,97	—	—	0,0009
0,0082	0,000 382	0,100	0,015	0,36	—	—	—
0,0054	0,000 820	0,176	0,009	1,48	—	—	0,0020
0,0050	0,000 664	0,112	0,020	0,94	—	0,0017	0,0006

Приложение 11

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите из трубчатых рудных тел месторождения Хинган

№ пробы	In	Sc	W	Nb	V	Cr
Трубчатое тело I						
горизонт 0 м						
1.	0,0120	сл.	0,077	—	0,0004	0,0015
2.	0,0350	0,0005	0,160	—	сл.	0,0006
3.	0,0300	0,0007	0,140	—	—	0,0069
4.	0,0088	0,0011	0,090	0,0180	0,0012	—
5.	0,0140	0,0003	0,110	—	0,0002	0,0017
6.	0,0150	0,0016	0,180	0,0072	0,0008	0,0002
7.	0,0130	0,0020	0,210	0,0150	0,0004	0,0013
8.	0,0180	0,0047	0,220	0,0360	0,0012	0,0010
среднее	0,0180	0,0014	0,150	0,0095	0,0006	0,0009
горизонт 120 м						
9.	0,0100	0,0012	0,230	0,0095	0,0006	0,0031
10.	0,0140	0,0029	0,170	0,0190	0,0016	0,0036
11.	0,0180	0,0011	0,260	0,0065	0,0008	0,0016
12.	0,0240	0,0009	0,300	—	0,0007	0,0022
13.	0,0220	0,0021	0,300	0,0430	0,0013	0,0024
14.	0,0230	0,0007	0,200	—	0,0005	0,0023
15.	0,0140	0,0014	0,150	0,0120	0,0008	0,0030
16.	0,0250	0,0006	0,190	0,0043	0,0009	0,0012
17.	0,0130	0,0007	0,090	—	0,0009	0,0018
18.	0,0160	0,0004	0,200	сл.	0,0007	0,0023
среднее	0,0188	0,0012	0,210	0,0095	0,0009	0,0024
Трубчатое тело II						
горизонт 0 м						
19.	0,0260	0,0008	0,310	сл.	0,0001	0,0008
20.	0,0240	0,0007	0,280	—	0,0002	0,0008
21.	0,0240	0,0008	0,330	—	0,0003	0,0008
среднее	0,0240	0,0008	0,310	—	0,0002	0,0008
горизонт 25 м						
22.	0,0220	сл.	0,183	сл.	—	0,0018
23.	0,0217	—	0,233	—	—	0,0021
24.	0,0183	сл.	0,200	—	—	0,0021
25.	0,0227	0,0006	0,273	—	—	0,0018
среднее	0,0212	0,0002	0,222	—	—	0,0020
горизонт 70 м						
26.	0,0200	0,0015	0,170	0,0013	сл.	0,0015
27.	0,0190	0,0004	0,163	—	—	0,0036
28.	0,0193	—	0,253	—	сл.	0,0020
29.	0,0167	0,0019	0,197	0,0096	0,0005	0,0020

	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
Трубчатое тело I							
горизонт 0 м							
0,000 060	0,021	сл.	1,33	сл.	0,0016	0,0050	—
0,000 220	0,017	0,004	1,77	—	0,0004	—	—
0,000 170	0,018	—	1,52	0,003	0,0100	0,0016	—
0,000 040	0,170	0,009	1,19	0,003	0,0014	0,0004	—
0,000 070	0,039	0,001	1,25	0,004	0,0004	0,0009	—
0,000 070	0,084	0,004	1,82	—	—	—	—
0,000 096	0,093	0,003	2,15	0,005	0,0008	—	—
0,000 150	0,520	0,038	2,75	0,002	сл.	—	—
0,000 110	0,120	0,008	1,72	0,002	0,0019	0,0010	—
горизонт 120 м							
0,000 100	0,061	—	2,00	0,004	0,0140	—	—
0,000 380	0,095	—	3,38	0,007	0,0190	0,0007	—
0,000 140	0,045	—	2,28	0,001	0,0100	—	—
0,000 200	0,017	—	2,51	—	—	—	—
0,000 130	0,170	0,032	1,89	0,003	0,0030	—	—
0,000 140	0,034	—	2,24	0,001	0,0130	—	—
0,000 120	0,120	—	1,85	—	0,0040	—	—
0,000 060	0,051	—	1,57	—	сл.	—	—
0,000 080	0,043	—	1,50	0,004	0,0100	—	—
0,000 190	0,044	—	2,87	сл.	0,0210	—	—
0,000 150	0,068	0,003	2,21	0,002	0,0100	—	—
Трубчатое тело II							
горизонт 0 м							
0,000 320	0,037	—	3,16	0,002	сл.	—	—
0,000 300	0,020	0,004	3,31	0,003	—	0,0044	—
0,000 360	0,020	—	3,54	0,004	—	0,0160	—
0,000 330	0,026	0,001	3,34	0,004	—	0,0061	—
горизонт 25 м							
0,000 200	0,029	—	2,28	—	0,0044	0,0006	—
0,000 283	0,041	—	2,59	0,008	—	0,0061	—
0,000 310	0,028	—	2,99	0,005	—	0,0013	—
0,000 227	0,023	—	2,28	0,014	0,0021	0,0018	—
0,000 255	0,030	—	2,54	0,007	0,0016	0,0024	—
горизонт 70 м							
0,000 240	0,066	—	2,52	—	сл.	—	—
0,000 327	0,031	—	2,96	сл.	—	—	—
0,000 343	0,028	—	3,09	—	—	—	—
0,000 120	0,080	—	1,83	—	—	сл.	—
0,000 310	0,031	—	2,66	—	—	0,0032	—

Приложение 11 (продолжение)

№ пробы	In	Sc	W	Nb	V	Cr
30.	0,0250	—	0,263	—	—	0,0026
среднее	0,0200	0,0008	0,209	0,0022	0,0001	0,0023
Трубчатое тело III						
горизонт 10 м						
31.	0,0210	0,0011	0,150	сл.	0,0009	0,0011
32.	0,0350	0,0012	0,160	0,0056	0,0013	0,0011
33.	0,0180	0,0006	0,270	0,0060	0,0009	0,0015
34.	0,0100	0,0009	0,260	сл.	0,0008	0,0027
35.	0,0230	0,0009	0,470	0,0045	0,0013	0,0012
36.	0,0420	0,0020	0,250	сл.	0,0013	0,0015
37.	0,0220	0,0023	0,230	0,0380	0,0023	0,0031
38.	0,0200	0,0021	0,120	—	0,0011	0,0021
39.	0,0390	0,0012	0,460	сл.	0,0010	0,0015
40.	0,0610	0,0012	0,380	—	0,0006	0,0029
среднее	0,0290	0,0014	0,280	0,0056	0,0012	0,0019
Трубчатое тело IV						
горизонт 60 м						
41.	0,0170	0,0024	0,150	0,0260	0,0013	0,0028
42.	0,0340	0,0022	0,140	0,0210	0,0013	0,0040
43.	0,0270	0,0016	0,170	сл.	0,0008	0,0019
44.	0,0280	0,0023	0,090	0,0100	0,0008	0,0007
45.	0,0190	0,0022	0,150	0,0210	0,0011	0,0024
46.	0,0160	0,0005	0,350	сл.	0,0006	0,0010
47.	0,0260	0,0014	0,210	0,0110	0,0007	0,0006
48.	0,0510	0,0002	0,160	—	0,0003	0,0008
49.	0,0210	0,0032	0,120	0,0330	0,0034	0,0007
50.	0,0185	0,0007	0,110	0,0030	0,0006	0,0007
51.	0,0113	0,0014	0,260	0,0430	0,0013	0,0037
52.	0,0092	0,0026	0,130	0,0470	0,0023	0,0021
53.	0,0170	0,0022	0,180	0,0190	0,0022	0,0017
среднее	0,0230	0,0018	0,170	0,0180	0,0013	0,0018
горизонт 85 м						
54.	0,0167	0,0022	0,253	0,0143	0,0010	0,0037
55.	0,0167	0,0021	0,193	0,0056	0,0089	0,0014
56.	0,0200	0,0002	0,022	—	—	0,0009
среднее	0,0178	0,0015	0,156	0,0066	0,0033	0,0020
горизонт 110 м						
57.	0,0163	0,0038	0,140	0,0110	0,0018	0,0052
58.	0,0097	0,0037	0,092	0,0090	0,0016	0,0016
59.	0,0115	0,0033	0,100	0,0124	0,0016	0,0023
60.	0,0167	0,0054	0,117	0,0150	0,0042	0,0010
среднее	0,0136	0,0040	0,112	0,0118	0,0023	0,0025

	Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
	0,000 310	0,031	—	2,66	—	—	0,0032
	0,000 268	0,047	—	2,61	—	—	0,0006
Трубчатое тело III							
горизонт 10 м							
	0,000 110	0,030	0,004	3,60	0,004	0,0160	—
	0,000 097	0,039	0,007	1,57	0,006	—	—
	0,000 160	0,071	0,010	2,38	0,003	—	—
	0,000 100	0,059	0,007	2,30	0,005	сл.	—
	0,000 070	0,060	—	2,37	0,002	0,0024	—
	0,000 120	0,053	—	2,46	—	0,0015	0,0021
	0,000 061	0,410	0,002	1,46	сл.	0,0018	0,0016
	0,000 110	0,048	0,002	2,76	0,006	0,0170	0,0018
	0,000 074	0,053	—	1,20	0,011	0,0120	—
	0,000 110	0,018	—	1,72	0,010	сл.	—
	0,000 110	0,084	0,003	2,18	0,005	0,0040	0,0006
Трубчатое тело IV							
горизонт 60 м							
	0,000 070	0,250	0,030	2,23	0,010	0,0050	0,0008
	0,000 110	0,190	0,011	2,41	0,013	0,0080	0,0007
	0,000 090	0,044	0,090	2,24	0,001	0,0180	0,0018
	0,000 160	0,097	0,002	2,17	сл.	0,0009	сл.
	0,000 080	0,210	0,028	2,21	0,010	0,0046	0,0010
	0,000 070	0,090	0,005	1,56	0,009	0,0120	0,0003
	0,000 090	0,120	0,020	1,59	сл.	0,0006	0,0010
	0,000 140	0,014	0,009	1,46	—	0,0043	0,0009
	0,000 180	0,500	0,024	2,46	0,013	0,0130	0,0059
	0,000 200	0,026	—	3,63	0,002	—	—
	0,000 090	0,300	0,039	2,20	0,004	0,0052	—
	0,000 700	0,480	0,044	2,20	0,006	0,0085	—
	0,000 090	0,330	—	2,42	0,002	0,0160	—
	0,000 160	0,200	0,023	2,22	0,005	0,0071	0,0010
горизонт 85 м							
	0,000 119	0,143	—	1,89	—	—	—
	0,000 127	0,102	—	2,05	сл.	—	0,0034
	0,000 337	0,074	—	2,98	—	0,0143	0,0005
	0,000 194	0,106	—	2,31	—	0,0048	0,0013
горизонт 110 м							
	0,000 253	0,160	—	3,59	—	—	0,0044
	0,000 170	0,180	—	2,86	—	—	—
	0,000 267	0,200	—	2,54	—	сл.	сл.
	0,000 327	0,099	—	2,30	—	—	—
	0,000 254	0,160	—	2,82	—	—	0,0011

Приложение 11. (окончание)

№ пробы	In	Sc	W	Nb	V	Cr
Трубочатое тело V						
горизонт 10 м						
61.	0,0130	—	0,383	—	0,0003	0,0013
62.	0,0073	0,0006	0,327	—	0,0003	0,0042
63.	0,0088	0,0003	0,423	—	0,0003	0,0038
64.	0,0069	сл.	0,417	—	0,0003	0,0032
65.	0,0085	0,0003	0,270	—	сл.	0,0045
среднее	0,0089	0,0002	0,364	—	0,0003	0,0034
горизонт 70 м						
66.	0,0123	0,0021	0,233	0,0145	0,0013	0,0021
67.	0,0126	0,0046	0,167	0,0054	0,0025	0,0046
68.	0,0157	0,0008	0,270	—	сл.	0,0008
69.	0,0142	0,0096	0,630	0,0003	0,0004	0,0010
70.	0,0081	0,0027	0,330	0,0133	0,0003	0,0027
среднее	0,0126	0,0040	0,326	0,0067	0,0009	0,0022

Примечание. Аналитики Л.И. Азарова и Л.А. Бутенко (ДВГИ).

Приложение 12

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите различного цвета и модификации (жила Январская Смирновского месторождения)

Цвет	Модификация	In	Sc
Черный	Кристаллический (3)	0,0050—0,0055	0,0057—0,0125
		0,0053	0,0088
Темно-коричневый	Кристаллический (4)	0—0,0114	0—0,0054
		0,0047	0,0019
Коричневый	Кристаллический (3)	0,0014—0,0028	0—0,0040
		0,0022	0,0015
Светло-коричневый	Кристаллический (7)	0—0,0045	0—0,0018
		0,0010	0,0009
Коричневый	Смешанный (1)	0	0,0024
Серо-коричневый	Кристаллический (4)	0—0,0017	0,0012—0,0071
		0,0004	0,0038
—	Смешанный (5)	0—0,0046	0,0038—0,0076
		0,0018	0,0053
Серый	Кристаллический (3)	0	0,0078—0,0170
			0,0124
—	Криптокристаллический (4)	0—0,0036	0,0048—0,0070
		0,0026	0,0056

Be	Ti	Zr	Fe	Mn	Zn	Pb
Трубочатое тело V						
горизонт 10 м						
0,000 068	0,050	0,004	1,35	—	0,0025	—
0,000 049	0,097	0,005	1,35	—	0,0009	—
0,000 079	0,117	0,010	1,54	0,001	сл.	0,0015
0,000 041	0,117	0,006	1,36	—	0,0066	—
0,000 072	0,130	0,006	1,31	—	сл.	—
0,000 062	0,102	0,006	1,38	—	0,0020	0,0003
горизонт 70 м						
0,000 120	0,223	—	2,10	0,004	сл.	0,0010
0,000 157	0,157	—	2,24	—	0,0061	0,0004
0,000 103	0,065	—	2,24	0,014	0,0019	сл.
0,000 098	0,163	0,006	1,95	сл.	0,0014	—
0,000 068	0,277	0,011	1,66	—	—	0,0014
0,000 109	0,177	0,004	2,04	0,001	0,0019	0,0006

W	Nb	V
5,35—7,03	0—0,0111	0,0031—0,0165
5,94	0,0037	0,0081
0,071—3,047	0—0,0110	0,0002—0,0200
0,961	0,0052	0,0067
0—0,075	0—0,0028	0,0010—0,0075
0,037	0,0009	0,0033
0—0,144	0—0,0139	0—0,0268
0,035	0,0027	0,0049
0,136	0,0026	0,0136
0,131—0,317	0—0,0060	0,0093—0,0174
0,253	0,0026	0,0142
0,049—1,659	0—0,0130	0,0069—0,0680
0,498	0,0038	0,0224
0,177—4,227	0—0,0858	0,0049—0,0159
2,663	0,0291	0,0111
0,096—3,347	0—0,0200	0,0020—0,0548
1,148	0,0104	0,0289

Приложение 12 (продолжение)

Цвет	Модификация	In	Sc
Серый	Смешанный (6)	0—0,0040	0,0009—0,0208
		0,0020	0,0102
Бледно-розовый	Кристаллический (4)	0	0,0021—0,0038
			0,0029
Бесцветный	Кристаллический (7)	0	0—0,0009
			0,0004

Приложение 12 (окончание)

Цвет	Модификация	Cr	Be
Черный	Кристаллический (3)	0—0,0290	0—0,00006
		0,0096	0,00003
Темно-коричневый	Кристаллический (4)	0—0,0186	0,00003—0,0011
		0,0082	0,00039
Коричневый	Кристаллический (3)	0,0023—0,0068	0,000003—0,00023
		0,0038	0,000084
Светло-коричневый	Кристаллический (7)	0—0,0038	0,000004—0,000025
		0,0012	0,000018
" "	Смешанный (1)	0	0,00120
Серо-коричневый	Кристаллический (4)	0—0,600	0,000007—0,0060
		0,0184	0,00173
" "	Смешанный (5)	0—0,0149	0,00006—0,00216
		0,0041	0,00063
Серый	Кристаллический (3)	0—0,0076	0,00002—0,0079
		0,0032	0,0027
" "	Криптокристаллический (4)	0—0,0066	0,000010—0,0050
		0,0025	0,0015
" "	Смешанный (6)	0—0,0259	0,00004—0,0023
		0,0051	0,0007
Бледно-розовый	Кристаллический (4)	0	0,000004—0,000011
			0,000006
Бесцветный	Кристаллический (7)	0—0,0327	0—0,00007
		0,0105	0,0000025

Примечание. В числителе — минимальное и максимальное содержание элемента; в знаменателе — среднее значение; в скобках — количество проб. Аналитики Л.И. Азарова и Л.А. Бутенко (ДВГИ).

W	Nb	V
0,112—2,049	0—0,0653	0,0035—0,2227
0,986	0,0137	0,0478
0,008—0,63	0—0,0319	0,0003—0,0026
0,036	0,0086	0,0012
0	0	0—0,0120
		0,0026

Ti	Zr	Fe	Mn
0,257—1,690	0—0,007	0,28—2,36	0,008—0,014
0,758	0,003	1,05	0,011
0,001—0,587	0	3,54—5,34	0,002—0,012
0,163		4,63	0,006
0,018—0,104	0—0,002	3,00—5,03	0—0,006
0,050	0,001	4,26	0,004
0,010—0,169	0	0,90—1,21	0,003—0,010
0,046		1,08	0,005
0,097	0	1,48	0,008
0,035—0,331	0—0,003	1,06—3,98	0,003—0,008
0,200	0,0007	2,05	0,006
0,084—0,991	0—0,006	0,31—6,04	0,006—0,013
0,373	0,002	2,53	0,010
0,068—3,415	0—0,023	0,49—4,24	0,004—0,207
1,487	0,009	2,30	0,074
0,245—0,894	0—0,010	0,55—2,28	0,002—0,033
0,568	0,004	1,41	0,016
0,070—0,876	0—0,940	0,33—4,24	0,005—0,023
0,337	0,018	2,09	0,011
0,083—0,120	0—0,007	0,49—1,21	0,002—0,006
0,029	0,003	0,82	0,004
0—0,37	0	0,07—1,16	0,003—0,010
0,010		0,45	0,006

Приложение 13

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите различного цвета и модификации (жила № 18 Дубровского месторождения)

Цвет	Модификация	In	Sc
Черный	Кристаллический (9)	$\frac{0^6-0,0015}{0,0007}$	$\frac{0^2-0,0016}{0,0005}$
Темно-коричневый	Кристаллический (20)	$\frac{0^2-0,0143}{0,0043}$	$\frac{0^7-0,0050}{0,0008}$
"	Смешанный (1)	0	0,0006
Коричневый	Кристаллический (41)	$\frac{0,0006-0,014}{0,0047}$	$\frac{0^2-0,0099}{0,0020}$
"	Криптокристаллический (1)	0,0025	0,0023
"	Смешанный (1)	0,0013	0,0003
Светло-коричневый	Кристаллический (34)	$\frac{0^6-0,0080}{0,0021}$	$\frac{0^3-0,0041}{0,0012}$
"	Смешанный (1)	0,0026	0,0004
Серо-коричневый	Кристаллический (30)	$\frac{0^4-0,0067}{0,0024}$	$\frac{0,0001-0,01}{0,0022}$
"	Смешанный (11)	$\frac{0-0,0064}{0,0025}$	$\frac{0-0,0057}{0,0018}$
Серый	Кристаллический (23)	$\frac{0^9-0,0030}{0,0010}$	$\frac{0^2-0,0094}{0,0015}$
"	Смешанный (20)	$\frac{0^6-0,0033}{0,0012}$	$\frac{0^4-0,0060}{0,0010}$
Бледно-розовый	Кристаллический (7)	$\frac{0^5-0,0030}{0,0005}$	$\frac{0^1-0,0096}{0,0026}$
Бесцветный	Кристаллический (10)	0	$\frac{0^{11}-0,0030}{0,0005}$
"	Смешанный (2)	$\frac{0,0038-0,015}{0,0093}$	$\frac{0,0013-0,003}{0,0024}$
Желтый	Смешанный (8)	$\frac{0,0024-0,0525}{0,0140}$	$\frac{0^1-0,0027}{0,0017}$

Примечание:  $0^6, 0^4 \dots$  — количество проб с нулевым содержанием; в числителе — минимальное и максимальное содержание элемента; в знаменателе — среднее значение; в скобках — количество проб. Аналитики Л.И. Азарова и Л.А. Бутенко (ДВГИ).

W	Nb	V	Cr
$\frac{0,737-3,421}{1,602}$	$\frac{0^2-0,0244}{0,0086}$	$\frac{0,0009-0,0217}{0,0073}$	$\frac{0^6-0,0027}{0,0007}$
$\frac{0^2-0,948}{0,212}$	$\frac{0^{14}-0,0053}{0,0011}$	$\frac{0,00005-0,014}{0,0061}$	$\frac{0^{12}-0,0141}{0,0026}$
0,002	0	0,0016	0
$\frac{0,004-0,070}{0,022}$	$\frac{0^7-0,0132}{0,0033}$	$\frac{0,0009-0,0262}{0,0060}$	$\frac{0,0002-0,001}{0,0004}$
0,031	0,0080	0,0114	0,070
0,028	0,0012	0,0056	0,0068
$\frac{0,002-0,490}{0,070}$	$\frac{0^6-0,0207}{0,0062}$	$\frac{0,0020-0,0656}{0,0180}$	$\frac{0^{18}-0,0154}{0,0023}$
0,005	0,0165	0,0604	0,0012
$\frac{0,011-1,133}{0,211}$	$\frac{0^6-0,0489}{0,0119}$	$\frac{0,0022-0,095}{0,0260}$	$\frac{0^{12}-0,0187}{0,0023}$
$\frac{0-0,485}{0,137}$	$\frac{0-0,0174}{0,0089}$	$\frac{0,0016-0,030}{0,0143}$	$\frac{0^4-0,0260}{0,0048}$
$\frac{0,022-0,824}{0,140}$	$\frac{0^3-0,0291}{0,0143}$	$\frac{0,0011-0,067}{0,0218}$	$\frac{0^8-0,0483}{0,0053}$
$\frac{0,013-3,170}{0,406}$	$\frac{0^3-0,0805}{0,015}$	$\frac{0,0013-0,048}{0,015}$	$\frac{0^1-0,055}{0,0102}$
$\frac{0,005-0,070}{0,019}$	$\frac{0^1-0,030}{0,0119}$	$\frac{0,0011-0,033}{-0,0127}$	$\frac{0^1-0,0092}{0,0039}$
$\frac{0^1-0,082}{0,018}$	$\frac{0^4-0,0067}{0,0025}$	$\frac{0,0001-0,015}{0,0064}$	$\frac{0^4-0,0164}{0,0034}$
$\frac{0,029-0,142}{0,086}$	$\frac{0-0,0083}{0,0042}$	$\frac{0,0031-0,016}{0,0094}$	$\frac{0,0013-0,002}{0,0016}$
$\frac{0,0238-0,198}{0,107}$	$\frac{0^1-0,0440}{0,0141}$	$\frac{0,0033-0,335}{0,0630}$	$\frac{0^1-0,0136}{0,0053}$

Цвет	Модификация	Be	Ti
Черный	Кристаллический (9)	$0^4 - 0,000061$	$0,029 - 0,395$
		$0,000008$	$0,184$
Темно-коричневый	Кристаллический (20)	$0,000003 - 0,0011$	$0,001 - 0,563$
		$0,00022$	$0,126$
"	Смешанный	$0,0004$	$0,067$
Коричневый	Кристаллический (41)	$0,00001 - 0,00025$	$0,004 - 0,543$
		$0,00009$	$0,090$
"	Криптокристаллический (1)	$0,00036$	$0,418$
"	Смешанный (1)	$0,00009$	$0,057$
Светло-коричневый	Кристаллический (34)	$0,000002 - 0,000009$	$0,011 - 0,513$
		$0,000019$	$0,120$
"	Смешанный (1)	$0,00003$	$0,082$
Серо-коричневый	Кристаллический (30)	$0,000016 - 0,0008$	$0,020 - 0,870$
		$0,0002$	$0,267$
"	Смешанный (11)	$0,00002 - 0,0383$	$0,017 - 0,713$
		$0,0219$	$0,225$
Серый	Кристаллический (23)	$0^1 - 0,00088$	$0,015 - 1,385$
		$0,00025$	$0,358$
"	Смешанный (20)	$0,000087 - 0,050$	$0,022 - 6,5$
		$0,0185$	$0,772$
Бледно-розовый	Кристаллический (7)	$0 - 0,00001$	$0,048 - 0,503$
		$0,000005$	$0,310$
Бесцветный	Кристаллический (10)	$0^9 - 0,000002$	$0,006 - 0,229$
		$0$	$0,086$
"	Смешанный (2)	$0,045$	$0,275$
		$0,045$	$0,275$
Желтый	Смешанный (8)	$0,00013 - 0,048$	$0,084 - 0,778$
		$0,0287$	$0,332$

Zr	Fe	Mn	Ga
$0^6 - 0,006$	$0,54 - 2,37$	$0$	$0$
$0,001$	$1,03$		
$0^{12} - 0,008$	$0,42 - 6,41$	$0^{14} - 0,006$	$0^{15} - 0,0022$
$0,001$	$2,37$	$0,001$	$0,0007$
$0$	$2,27$	$0,003$	$0$
$0^{28} - 0,011$	$0,42 - 3,32$	$0^8 - 0,005$	$0^{28} - 0,0050$
$0,003$	$1,63$	$0,002$	$0,0011$
$0,183$	$1,82$	$0,002$	$0$
$0$	$0,34$	$0$	$0$
$0^{23} - 0,012$	$0,19 - 1,42$	$0^{17} - 0,004$	$0^{23} - 0,0146$
$0,002$	$0,64$	$0,001$	$0,0007$
$0$	$1,32$	$0,005$	$0$
$0^{10} - 0,014$	$0,14 - 5,76$	$0^{17} - 0,013$	$0^{27} - 0,0041$
$0,005$	$1,56$	$0,002$	$0,0004$
$0^5 - 0,011$	$0,54 - 4,59$	$0^5 - 0,010$	$0^5 - 0,0014$
$0,004$	$1,96$	$0,004$	$0,0004$
$0^6 - 0,032$	$0,11 - 2,40$	$0^6 - 0,013$	$0^{15} - 0,0148$
$0,006$	$1,01$	$0,005$	$0,0019$
$0^8 - 0,038$	$0,17 - 4,66$	$0^8 - 0,07$	$0^{14} - 0,0036$
$0,006$	$1,67$	$0,010$	$0,0007$
$0^1 - 0,009$	$0,12 - 0,96$	$0^5 - 0,001$	$0^5 - 0,0021$
$0,005$	$0,41$	$0,002$	$0,0005$
$0^9 - 0,009$	$0,07 - 0,68$	$0^8 - 0,006$	$0^7 - 0,0024$
$0,001$	$0,29$	$0,002$	$0,0007$
$0^1 - 0,007$	$0,60 - 2,20$	$0^1 - 0,005$	$0 - 0,0014$
$0,004$	$1,40$	$0,003$	$0,0007$
$0^1 - 0,010$	$0,41 - 3,51$	$0^1 - 0,022$	$0^4 - 0,0075$
$0,002$	$2,20$	$0,006$	$0,0015$

Приложение 14

Содержание элементов-примесей (% массы) в касситерите различного цвета и модификации (жила Оловянная Дубровского месторождения)

Цвет	Модификация	In	Sc
Черный	Кристаллический (11)	$\frac{0^4-0,0101}{0,0029}$	$\frac{0^{10}-0,0001}{0}$
Темно-коричневый	Кристаллический (19)	$\frac{0^1-0,0313}{0,0095}$	$\frac{0^{14}-0,0010}{0,0001}$
Коричневый	Кристаллический (34)	$\frac{0^5-0,0266}{0,0054}$	$\frac{0^{24}-0,0027}{0,0002}$
"	Смешанный (2)	$\frac{0,0037-0,0040}{0,0039}$	0
Светло-коричневый	Кристаллический (28)	$\frac{0^5-0,0087}{0,0035}$	$\frac{0^{16}-0,0048}{0,0006}$
Серо-коричневый	Кристаллический (2)	$\frac{0-0,0019}{0,0010}$	$\frac{0,0005-0,0019}{0,0012}$
Серый	Смешанный (9)	$\frac{0^3-0,0112}{0,0030}$	$\frac{0^5-0,0010}{0,0004}$
Бледно-розовый	Кристаллический (4)	$\frac{0^3-0,0031}{0,0008}$	$\frac{0^2-0,0004}{0,0001}$
Бесцветный	Кристаллический (17)	0	0
Желтый	Криптокристаллический (3)	$\frac{0-0,0074}{0,0045}$	0

Примечание:  $0^{10}, 0^4 \dots$  — количество проб с нулевым содержанием; в числителе — минимальное и максимальное содержание элемента; в знаменателе — среднее значение; в скобках — количество проб. Аналитики Л.И. Азарова и Л.А. Бутенко (ДВГИ).

	W	Nb	V
	$\frac{0,205-6,470}{2,526}$	0	$\frac{0,0012-0,0076}{0,0032}$
	$\frac{0,020-0,312}{0,103}$	$\frac{0^{16}-0,0244}{0,0014}$	$\frac{0^7-0,0042}{0,0013}$
	$\frac{0,006-0,097}{0,036}$	$\frac{0^{29}-0,0209}{0,0013}$	$\frac{0^5-0,0512}{0,0040}$
	$\frac{0,033-0,142}{0,088}$	$\frac{0-0,0088}{0,0044}$	$\frac{0,0010-0,0076}{0,0043}$
	$\frac{0^5-0,074}{0,021}$	$\frac{0^{23}-0,0169}{0,0014}$	$\frac{0^4-0,0445}{0,0044}$
	$\frac{0,025-0,142}{0,084}$	$\frac{0-0,0377}{0,0189}$	$\frac{0,0036-0,0953}{0,050}$
	$\frac{0,039-0,600}{0,360}$	$\frac{0^3-0,0354}{0,0145}$	$\frac{0^1-0,0563}{0,0229}$
	$\frac{0,020-0,220}{0,127}$	$\frac{0^2-0,0617}{0,0196}$	$\frac{0^1-0,0318}{0,0122}$
	$\frac{0^3-0,074}{0,027}$	0	$\frac{0^3-0,0167}{0,0025}$
	$\frac{0,040-0,235}{0,112}$	$\frac{0^2-0,0126}{0,0042}$	$\frac{0^1-0,0017}{0,0008}$

Приложение 14 (продолжение)

Цвет	Модификация	Cr	Be
Черный	Кристаллический (11)	$\frac{0^4-0,0058}{0,0021}$	$\frac{0^1-0,00014}{0,00005}$
Темно-коричневый	Кристаллический (19)	0	$\frac{0,000076-0,0019}{0,00044}$
Коричневый	Кристаллический (34)	$\frac{0^{30}-0,0023}{0,0003}$	$\frac{0,000016-0,00033}{0,00012}$
"	Смешанный (2)	$\frac{0-0,010}{0,0050}$	$\frac{0,00003-0,0012}{0,00061}$

	Ti	Zr	Fe	Mn
	$\frac{0,004-0,202}{0,060}$	0	$\frac{0,376-3,019}{1,81}$	$\frac{0^7-0,023}{0,004}$
	$\frac{0,002-0,381}{0,051}$	$\frac{0^{17}-0,012}{0,001}$	$\frac{1,71-5,15}{3,11}$	$\frac{0^8-0,010}{0,003}$
	$\frac{0,002-0,450}{0,048}$	$\frac{0^{30}-0,017}{0,001}$	$\frac{0,61-4,28}{2,30}$	$\frac{0^{19}-0,012}{0,003}$
	$\frac{0,007-0,139}{0,073}$	$\frac{0,002-0,014}{0,008}$	$\frac{1,13-3,07}{2,10}$	$\frac{0,006-0,011}{0,009}$

Приложение 14 (окончание)

Цвет	Модификация	Cr	Be
Светло-коричневый	Кристаллический (28)	$0^{21}-0,0066$	$0^2-0,00013$
		0,0007	0,000033
Серо-коричневый	Кристаллический (2)	$0-0,0008$	$0,00006-0,00011$
		0,0004	0,00009
Серый	Смешанный (9)	$0^3-0,0693$	$0,00002-0,0011$
		0,0133	0,00021
Бледно-розовый	Кристаллический (4)	$0^1-0,0051$	$0^3-0,000021$
		0,0024	0,000005
Бесцветный	Кристаллический (17)	$0^{12}-0,0055$	$0^{13}-0,000094$
		0,0009	0,000007
Желтый	Криптокристаллический (3)	0	$0,00069-0,0013$
			0,00095

Fi	Zr	Fe	Mn
$0,003-0,067$	$0^4-0,010$	$0,15-3,15$	$0^{12}-0,011$
0,026	0,001	1,48	0,003
$0,303-0,923$	$0,007-0,273$	$1,18-2,60$	$0,005-0,008$
0,613	0,140	1,89	0,006
$0,014-3,079$	$0^4-0,054$	$0,39-2,53$	$0^4-0,011$
0,990	0,017	0,99	0,004
$0,004-0,415$	$0^2-0,015$	$0,49-0,73$	$0^2-0,012$
0,211	0,007	0,65	0,005
$0,003-0,145$	0	$0,13-0,79$	$0^{12}-0,006$
0,050		0,48	0,001
$0,016-0,300$	0	$0,97-2,63$	$0,004-0,008$
0,124		1,56	0,005

Приложение 15

Результаты микроспектрального анализа сферолитов касситерита по зонам из различных жил и горизонтов Дубровского месторождения

Горизонт	Образец	Серия	Зона	Цвет, модификация	In	Sc	W
жила 18							
II	1624	I	Внешний тонкопереслаивающийся ободок	Серый, криптокристаллический	—	—	0,73
				Бесцветный	—	0,0020	0,53
III	1718	II	Прослойка	Светло-серо-коричневый, кристаллический	0,0038	0,0002	—
				Светлый мучнистый, кристаллический	—	—	—
			Ядро	Серо-коричневый, кристаллический	0,0161	—	0,54
		III	Внешний ободок	Белый мучнистый, криптокристаллический	—	—	0,06

Nb	V	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
жила 18							
—	0,0007	—	0,04890	0,004	—	3,82	0,0472
—	0,0013	—	0,00110	0,019	—	2,46	0,0150
—	0,0028	—	0,00030	0,173	—	2,88	0,0160
—	0,0037	—	0,00020	0,250	—	0,96	0,0420
—	0,0014	—	0,00250	0,034	—	11,74	0,020
—	0,0008	—	0,00190	0,036	—	3,95	0,014

Приложение 15 (продолжение)

Горизонт	Образец	Серия	Зона	Цвет, модификация	In	Sc	W
			Ядро	Серо-коричневый, кристаллический	0,0439	—	0,42
		IV	Внешний переслаивающийся ободок	Серо-коричневый, кристаллический, белый мучнистый	—	—	0,10
			Ядро	Серо-коричневый, кристаллический	0,0107	—	0,05
			Внешний ободок	Белый мучнистый, кристаллический	0,0090	—	0,29
IX	1601	V	Скорлупка внутри внешнего ободка "Ежик"	Белый фарфоровидный	0,0198	—	0,53
				Бесцветный, кристаллический	0,0126	—	0,24
			"	"	0,0056	—	1,09
			"	"	0,0400	—	0,60
			Ядро	Серо-коричневый, кристаллический	0,0076	—	0,06
		VI	Внутренний ободок	Белый мучнистый, кристаллический	0,0033	0,0013	0,26
IX	1601	VI	Прослойка между ядром и внутренним ободком "Ежик"	Светлый фарфоровидный, кристаллический	0,0016	0,0004	0,16
				Бесцветный	0,0144	—	0,32
			Ядро	Белый мучнистый, кристаллический	—	—	0,08
IX	1598	VII	"Ежик"	Светло-серый, кристаллический	—	—	0,19
			"	Бесцветный, кристаллический	—	—	0,24
			Иголки из "ежиков"	Бесцветный	—	—	0,45

	Nb	V	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
	—	0,0003	—	0,04500	0,024	—	13,62	0,013
	—	0,0009	—	0,04500	0,054	—	4,35	0,018
	—	—	—	0,00190	0,012	—	11,19	0,020
	—	0,0008	—	0,00240	0,031	—	2,73	0,019
	—	0,0007	—	0,04500	0,017	—	4,42	0,019
	—	0,0005	—	0,04500	0,051	—	3,19	0,027
	—	0,0032	—	0,04500	0,144	—	7,25	0,019
	—	0,0007	—	0,04500	0,047	—	6,16	0,008
	—	—	—	0,00120	0,015	—	1,92	0,012
	—	0,0040	0,0006	0,04500	0,044	—	2,39	0,013
	—	0,0011	0,0050	0,04500	0,027	—	3,59	0,016
	—	0,0008	—	0,04500	0,072	—	10,22	0,012
	—	0,0026	—	0,04500	0,051	—	0,86	0,005
	—	0,0020	—	0,00100	0,120	—	3,46	0,005
	—	0,0016	—	0,04500	0,19	—	1,67	0,012
	0,0154	0,0089	—	0,00001	0,24	—	1,81	0,009

Приложение 15 (продолжение)

Горизонт	Образец	Серия	Зона	Цвет, модификация	In	Sc	W
жила Молоковская							
			Ядро	Белый мучнистый, криптокристаллический	—	—	0,06
		VIII	Внешний ободок	Серо-коричневый и бесцветный в равных долях, кристаллический	—	—	0,11
			Ядро	Белый мучнистый, кристаллический	—	—	—
		IX	Внешний ободок	Смесь серо-коричневого, коричневого, светло-коричневого, кристаллического	0,0103	—	0,07
			Ядро	Серо-коричневый, кристаллический	0,0056	—	0,04
		X	Внешний ободок	Белый мучнистый, криптокристаллический	—	—	0,02
VII	378	XI	Внутренний ободок	Белый мучнистый, кристаллический	—	—	0,08
			Внешний ободок	Серо-коричневый, кристаллический	—	—	0,20
			Ядро	Смесь серо-коричневого с белым мучнистым	—	—	0,07
		XII	Внутренний ободок	Серо-коричневый, белый мучнистый	0,0063	—	0,17
			Внешний ободок	Белый мучнистый, криптокристаллический	—	—	—

Nb	V	Cr	Be	Fi	Zn	Fe	Mn
жила Молоковская							
—	0,0024	—	0,00011	0,012	—	0,77	—
—	0,0013	—	0,00040	0,010	—	1,68	—
—	—	—	0,00015	0,008	—	0,26	0,0125
—	—	—	0,00103	0,002	—	2,44	0,0067
—	0,0008	0,0029	0,00210	0,012	—	2,96	0,0055
—	0,0010	—	0,00062	0,023	—	0,41	0,0074
—	0,0012	—	0,00015	0,014	—	0,61	0,005
—	0,0007	—	0,00153	0,005	—	3,02	0,008
—	—	0,0024	0,00374	0,008	—	2,08	0,007
—	0,0009	—	0,00230	0,009	—	1,80	0,011
—	—	—	0,0004	0,015	—	1,01	0,027

Приложение 15 (окончание)

Горизонт	Образец	Серия	Зона	Цвет, модификация	In	Sc	W
		XIII	Внешний ободок	Серо-коричневый, кристаллический	—	—	0,43
			"Ежик"	Бесцветный, кристаллический	0,0047	—	0,26
		XIV	Внешний ободок	Серо-коричневый, кристаллический	—	—	0,04
			"Ежик"	Бесцветный, кристаллический	—	—	0,03
Среднее валовое содержание элементов-примесей в касситерите ж. 18 (8 проб, горизонт III)					0,0038	0,0056	0,37
(11 проб, горизонт IX)					0,0081	0,0009	0,24
Валовое содержание элементов-примесей в касситерите ж. Молоковской (1 проба, горизонт VII)					0,0033	—	0,16
Среднее валовое содержание элементов-примесей из пяти длинно-призматических кристаллов касситерита					0,0015	0,0006	0,25

Примечание. Анализы производились спектроскопистом Л.И. Азаровой и инженером Л.А. Бутенко (ДВГИ).

	Nb	V	Cr	Be	Fi	Zr	Fe	Mn
	—	—	—	0,00140	0,001	—	2,70	0,0023
	—	—	—	0,00100	0,003	—	4,46	0,008
	—	0,0007	—	0,0001	0,008	—	1,34	0,011
	—	0,0010	—	0,0004	0,006	—	0,60	0,010
	0,0130	0,0240	0,0980	0,00052	1,73	0,014	3,31	0,008
	0,0060	0,0045	0,0077	0,00039	0,30	0,114	1,24	0,003
	—	0,0005	0,0018	0,00040	0,006	—	1,83	0,0035
	0,0005	0,0058	0,0013	0,00003	0,181	—	2,16	0,0070

Приложение 16

Результаты микроспектрального анализа по зонам "фестона" из колломорфного касситерита жилы Ноябрьской Дубровского месторождения (горизонт 6)

Образец	Серия	Зона	Цвет, модификация	In
		внутренняя (и)	Серо-коричневый, тонкопереслаивающийся, кристаллический	0,0098
		средняя (к)	Серо-коричневый, веерообразный, кристаллический	0,0066
	I	средняя (л)	Белый мучнистый, криптокристаллический	—
		внешняя (м)	Серо-коричневый (темнее, чем "и", "к"), кристаллический	0,0014
150		чешуйка	Белый фарфоровидный, мощностью 0,01 мм, извлечен из зоны "л"	—
	II	чешуйка	Белый фарфоровидный, мощностью 0,01 мм, извлечен из зоны "л"	—

Примечание. Аналитики Л.И. Азарова и Л.А. Бутенко (ДВГИ).

	Sc	W	Nb	v	Cr	Be	Ti	Zr	Fe	Mn
	—	0,34	—	—	—	0,00034	0,001	—	2,32	0,0079
	—	0,06	—	—	—	0,00039	0,003	—	4,93	0,0071
	—	0,13	—	—	—	0,00140	0,006	—	1,01	0,0047
	—	0,13	—	—	—	0,0022	0,002	—	2,02	0,012
	—	0,01	—	0,00032	—	0,00016	0,003	—	0,41	0,0093
	—	0,01	—	0,00039	—	0,00031	0,002	—	0,47	0,0127

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
К вопросу о зональности рудообразования . . . . .	4
О минералого-геохимических методах прогнозирования . . . . .	7
Г л а в а 1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	8
Специальные исследования . . . . .	10
Выбор эталонных жил . . . . .	10
Вывод геохимических формул глубинности ( $\nu$ ) по эталонным жилам . . . . .	20
Методика работы с геохимическими формулами глубинности ( $\nu_{I-16}$ ) . . . . .	23
Применение геохимических формул ( $\nu_{I-16}$ ) . . . . .	31
Г л а в а 2. ОКРАСКА И МОДИФИКАЦИЯ КАССИТЕРИТА И ФОРМА ВХОЖДЕНИЯ В НЕГО ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ	63
Окраска касситерита . . . . .	63
Модификация касситерита. . . . .	72
К вопросу о форме вхождения элементов-примесей в касситерит. . . . .	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. . . . .	87
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	89
ПРИЛОЖЕНИЯ . . . . .	98

**Галина Андреевна Осипова**

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Утверждено к печати Геологическим институтом ДВНЦ АН СССР*

Редактор издательства *Л.М. Бекасова*

Художественный редактор *С.А. Литвак*

Технические редакторы *Л.А. Куликова, Г.И. Астахова*

ИБ № 17222

Подписано к печати 18.07.80. Т — 08579. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1  
Печать офсетная. Усл.печ.л. 9,3 + 0,1 вкл. Уч.-изд.л. 10,4. Тираж 950 экз. Тип. зак. 1423  
Цена 1 р. 40 к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90  
Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука",  
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

1 р. 40 к.

3279