

ОКОЛОРУДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА НЕКОТОРЫХ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

В. Н. ТРОЩЕНКО

(Представлено научным семинаром кафедр минералогии, петрографии и полезных ископаемых)

Околорудными называют те гидротермальные изменения, которые происходят в процессе оруденения в результате реакций с боковыми породами рудообразующих растворов. Более поздние, в частности, продуктивные стадии минерализации могут происходить среди уже измененных пород [2].

Наиболее типичными околорудными изменениями на ртутных месторождениях являются окремнение и карбонатизация [11, 13]. Кроме того, для ряда ртутных месторождений, размещающихся среди основных или ультраосновных пород, отмечается околорудная лиственитизация [11].

Все эти изменения наблюдаются и на ртутных месторождениях Горного Алтая. Однако тесно ассоциирующие с ртутными рудами на некоторых месторождениях листвениты в настоящее время рассматривают не как околорудные измененные породы, а как дорудные образования, не связанные с процессами формирования руд [8]. Бесспорными околорудными изменениями признаются лишь доломитизация и окремнение [8].

Излагаемый ниже материал свидетельствует о тесной связи лиственитизации с процессами рудообразования.

Среди ртутных месторождений Горного Алтая территориально может быть выделена группа их, расположенная по северной окраине Чуйской степи и включающая известное Чаган-Узунское месторождение. Это месторождение и расположенные поблизости от него менее крупные имеют много общих черт в минералогическом составе, околорудных изменениях и в связи оруденения с тектоническими структурами.

Район распространения месторождений этой группы находится на стыке крупных структурных элементов Горного Алтая — Алтае-Саянской структурно-фациальной зоны, Баратальского горста и Чуйско-Ануйского синклинория. Этим обусловлено нахождение здесь в сопряжении на сравнительно небольшой площади многих и разнообразных стратиграфических комплексов. Здесь выступают на поверхность толщи известняков с силицилитами баратальской свиты синия, перемежающиеся с известняками порфириты и пирокласты древнепорфировой формации нижнего кембрия, граувакки, конгломераты и известняки курайской свиты ($Ст_3—O_1$), кристаллические сланцы и гнейсы метаморфической толщи, возможно возникшей за счет метаморфиз-

ма песчано-глинистых отложений кембро-ордовика [6], преимущественно туфогеновые отложения онгудайской (D_2^1) и аккаинской (D_3^1) свит, песчано-сланцевые толщи среднекуратинской (D_2^2) и чаган-узунской (D_2^2 — D_3^1) свит. Наконец, незначительным развитием пользуются угленосные отложения (C_3 — P_1) и песчано-глинистые с прослоями бурых углей третичные отложения. Зоны разломов содержат тектонические блоки серпентинизированных перидотитов.

Ртутные месторождения группируются в пределах неширокой полосы, огибающей с севера наложенную на Чуйско-Ануйский синклинирий межгорную депрессию Чуйской степи. Общий план расположения месторождений контролируется крупными дизъюнктивными структурами — Курайской зоной разломов северо-западного направления и пересекающей ее более молодой околоширотной зоной разломов, окаймляющей Чуйскую степь с севера. Рудные тела месторождений размещаются в зонах дробления, трещиноватости, узлах пересечений тектонических нарушений.

Рудные жилы ртутных месторождений описываемой группы размещаются во многих литологических разностях слагающих пород: в серпентинитах, известняках баратальской и курайской формаций, в порфиритах и пирокластах древнепорфиритовой формации, в туффитах онгудайской и аккаинской свит.

Минералогический состав руд, как это вообще характерно для ртутных месторождений, не отличается сложностью.

Рудным минералом является киноварь. Широко развит пирит, несколько менее марказит и арсенопирит, и в отдельных случаях отмечаются халькопирит, борнит, халькозин, галенит. На Чаган-Узунском месторождении тесно ассоциируют с киноварью, кроме того, незначительные количества антимонита, блеклых руд, аурипигмента и реальгара. Среди жильных минералов доминирующими являются карбонаты и кварц; причем кварц преобладает в жилах, размещающихся среди туффитов, порфиритов и силицилитов, а карбонаты доминируют в жилах, секущих существенно карбонатные породы. Подобные закономерности отмечаются также и на многих других ртутных месторождениях [13]. В одном случае значительным развитием пользуются баритовые жилы, в которых киноварь отложена по трещинкам. В остальных месторождениях барит или отсутствует или, как на Чаган-Узуне, пользуется незначительным развитием. Часто встречается халцедон.

Околорудные изменения вмещающих пород пользуются широким развитием, значительно превосходящим распространение собственно рудной минерализации и включают процессы доломитизации, кремнения, лиственитизации. Следует отметить, что наряду с околорудным кремнением теми же тектоническими структурами контролируется гораздо шире развитое более раннее кремнение. При этом сопровождающие ртутные руды околорудные изменения иногда налагаются на брекчированные кремнелые породы.

Рудные прожилки и вкрапленность в подавляющем большинстве случаев размещаются в глубоко измененных породах.

Как уже упоминалось, ртутные руды часто размещаются в дизъюнктивах, пересекающих серпентиниты, которые при этом подвергаются лиственитизации. Неизмененные серпентиниты сложены почти целиком серпентином и обычно обладают петельчатой структурой. Имеются скопления мелких зерен магнетита и хромита, попадаются редкие прожилки хризотиласбеста и отдельные чешуйки прохлорита. С приближением к зоне лиственитизации сначала появляются отдельные прожилки и скопления мелкозернистого доломита, замещающего серпентин, затем карбонатизация нарастает и одновременно начинают появляться все ча-

ще отдельные чешуйки и скопления мелкочешуйчатого талька. Параллельно с этими изменениями появляются во все возрастающих количествах пирит, фуксит, арсенопирит. Возрастание числа новообразованных минералов приводит к тому, что серпентин среди них сохраняется лишь в виде изолированных реликтов, густо пронизываемых тонкими проникновениями карбонатов и талька. Наконец, серпентинит полностью превращается в белый, серовато-белый, иногда зеленоватый лиственит, состоящий в основном из брейнерита, доломита, кальцита, кварца с вкрапленностью пирита, фуксита, арсенопирита с небольшой примесью талька.

Гипергенное разложение железосодержащих брейнерита и доломита с образованием лимонита приводит к окрашиванию выходов лиственитов в красновато-коричневые и желтовато-коричневые тона, густота которых зависит от соотношений доломита и брейнерита в составе породы — обогащенные брейнеритом разности окрашены гуще, чем доломитовые, что, видимо, связано с большим содержанием железа в брейнерите. Под микроскопом хорошо видны выделения лимонита по трещинкам в породе, по границам зерен и по спайности карбонатов.

При микроскопическом изучении лиственитов часто наблюдается сохранившаяся от замещенного серпентинита петельчатая структура, в строении которой участвуют брейнерит и доломит с мелкими зернами кварца и чешуйками талька. Часто можно наблюдать, как реликтовая петельчатая структура, сложенная брейнеритом, уничтожается при замещении его гипидиоморфнозернистым доломитом, что указывает на несколько более раннее выделение брейнерита. Это не противоречит обычному порядку выделения карбонатов от богатых железом к менее железистым [14]. Карбонатные агрегаты лиственитов пересекаются прожилками в основном кварцевого или карбонатного же составов, по взаимопересечениям которых устанавливается несколько стадий их образования. Наиболее ранними являются доломитовые прожилки, в центральных частях которых иногда появляется мелкозернистый кварц, сильно загрязненный мелкими включениями. Их пересекают кварцево-доломитовые прожилки, сложенные мелкозернистым кварцем с обильными загрязняющими включениями. Доломитовые зерна здесь тяготеют к периферическим частям жилков. Иногда в центральных частях этих прожилков появляются агрегаты изометрично-мозаичного кварца, свободного от включений. У стенок жилков можно наблюдать в кварцевой массе отдельные включения брейнеритового или доломитового составов, содержащие иногда зерна пирита. Эти включения служат указанием на замещение жильными минералами материала стенок [12]. Еще более молодые жилки, пересекающие доломитовые и кварцево-доломитовые, сложены сравнительно чистым от включений мозаичным кварцем с халцедоном, кальцитом и киноварью. Киноварь и кальцит выполняют небольшие остаточные пустотки в центральных частях этих жилков. Иногда киноварь и кальцит замещают кварц, о чем свидетельствуют следы коррозии кварцевых зерен. Киноварь часто замещает и кальцит. Кальцит образует иногда и самостоятельные прожилки, содержащие ксеноморфную по отношению к нему киноварь. Имеются случаи выделения киновари и по трещинкам в кальцитовых жилках (рис. 1). При этом киноварь сопровождается кварцем и замещает тонкораздробленный кальцит, оставляя лишь более или менее крупные обломки в виде «неподдерживаемых включений».

Сопутствующий киновари антимонит обычно ею замещается.

Кроме тонких секущих жилков, кварцевые и кварцево-халцедоновые киноварьсодержащие агрегаты образуют изометричные скопления в массе карбонатов лиственита, возникшие, вероятно, путем замещения.

Наряду с жилками простого строения встречаются и зональные жилки, в которых в направлении от стенок к осевой части симметрично располагаются зоны: доломитовая, затем кварцево-доломитовая, наконец, кварцевая с халцедоном.

В осевой части таких жилок можно наблюдать остаточные пустотки, окаймленные друзовидными агрегатами кварца и выполненные кальцитом и киноварью с антимонитом.

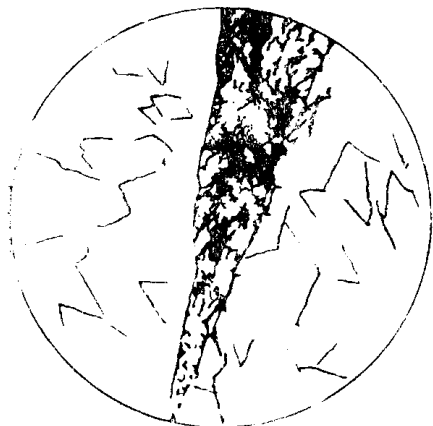


Рис. 1. Зарисовка шлифа. Киноварь (черное) замещает карбонат в кальцитовой жиле по зоне дробления. X 54.

Иногда можно наблюдать, как одна из центральных зон или выполнение центральной пустотки жилы дает ответвление, которое в виде самостоятельного прожилка пересекает периферические зоны и уходит во вмещающую породу.

Приведенные наблюдения говорят о том, что образование руд происходило одновременно с тектоническими движениями, раскрытием все новых трещин, служивших путями проникновения рудообразующих растворов. Последние на всем протяжении времени формирования рудоносных лиственитов, по-видимому, не прекращали своей

циркуляции на продолжительное время и испытывали непрерывный ряд химических изменений. Это нашло отражение в последовательной смене одних минеральных ассоциаций другими, в составе которых наблюдается преемственность от ранних выделений к поздним.

Ассоциация киновари с кварцем в лиственитах еще раз подчеркивает тесную связь лиственитизации и рудоотложения, так как выделение кварца на заключительных этапах процесса вообще характерно для лиственитизации [9]. Таким образом, эти наблюдения говорят о том, что листвениты следует в данном случае рассматривать как тесно связанные с рудообразованием околорудные, а не как не имеющие связи с рудоотложением дорудные образования [8].

Околорудной доломитизации подвергаются породы самого различного состава почти на всем протяжении рудоконтролирующих дизъюнктивов. Вблизи дизъюнктивных зон породы иногда полностью замещаются железосодержащим доломитом, обнажения которого имеют желтовато-коричневый цвет, благодаря выделению лимонита при выветривании карбоната. С удалением в сторону вмещающих пород доломитизация постепенно ослабевает до полного исчезновения. При микроскопическом изучении устанавливается, что доломит в удалении от контролирующего минерализацию нарушения сперва появляется в виде сетки тонких прожилков и замещающих минералы породы изометричной формы скоплений, густота которых может нарастать вплоть до полного замещения породы доломитом. При этом в кремнистых породах возле таких скоплений наблюдается укрупнение кварцевых зерен. Это явление, видимо, связано с процессом собирательной перекристаллизации, развивавшимся в условиях растворения и выноса кремнезема при замещении доломитом [4, 5].

В доломитизированных породах обычно присутствует заметная вкрапленность пирита. Иногда с доломитом ассоциирует частично замещаемый им анкерит.

Киноварьсодержащие жилки, секущие доломитизированные породы, обычно имеют кварцево-халцедоновый, иногда кварцево-кальцитовый со-

став. Если оруденение размещается в известняках, кварца может совсем не быть, а основным жильным минералом становится кальцит. В туфогенных породах основная масса киновари сосредоточивается не в жилах, а распределяется в зальбандах в виде вкрапленности. При этом вкрапленники киновари тесно ассоциируют с изометричными скоплениями мелкозернистого мозаичного кварца и халцедона.

В подобных случаях удается часто наблюдать следы перекристаллизации мелкозернистого кварца окружающей основной массы породы с укрупнением зерна, из чего следует заключить, что эти киновареносные скопления образовались путем выполнения пустот выщелачивания.

С другой стороны, наличие псевдоморфных по крупным зернам породы скоплений мелкозернистых кварца и киновари (рис. 2) указывает на происходившее, кроме того, рудоотложение путем замещения.

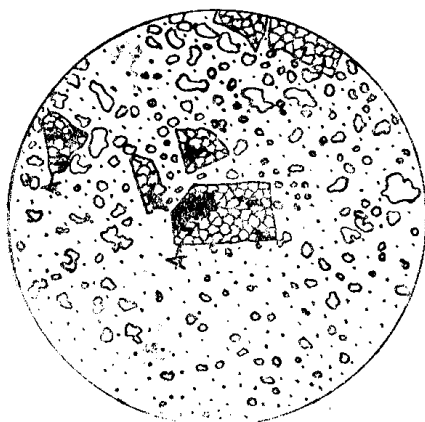


Рис. 2. Зарисовка шлифа. Псевдоморфные скопления (А) мелких зерен кварца и киновари. X 54.

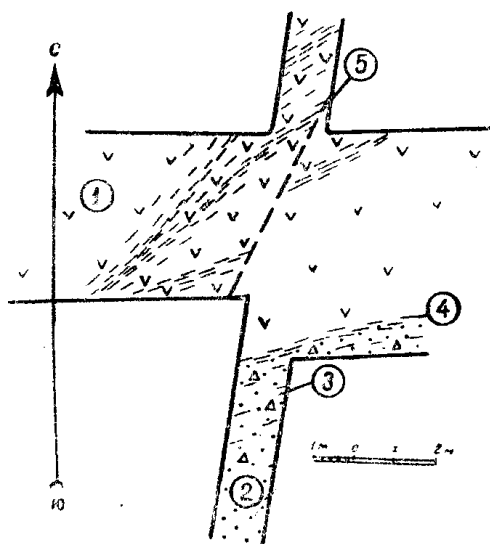


Рис. 3. Зарисовка забоя расчистки. 1—лиственнитизированный серпентинит, 2—туфопесчаник, 3—доломитизированный туфопесчаник, 4—зоны рассланцевания, 5—послеминерализационный дизъюнктив.

Киноварь обычно ксеноморфна по отношению к ассоциирующему с ней кварцу и иногда его замещает. Кальцит по времени выделения моложе кварца, так как его жилки пересекают кварцевые. Киноварь же в кальцитовых жилах в большинстве случаев ксеноморфна по отношению к кальциту и иногда замещает его.

Как показало изучение различных ртутных месторождений описываемой группы, парагенетические схемы формирования их руд несколько отличаются в деталях, но для всех них в первом приближении сохраняется общая последовательность минералообразования — железистые карбонаты с пиритом — доломит — кварц — кальцит, киноварь.

Приведенные данные говорят также, что при формировании ртутных руд наших месторождений процессы выполнения пустот не играли той большой роли, какая им обычно отводится [8], но сильно уступали по степени развития процессам замещения.

По рудоконтролирующим дизъюнктивам часто приводятся в соприкосновение разнородные породы, в которых околорудные изменения, очевидно, в зависимости от первоначального состава пород, проявились по-разному, и их продукты связаны взаимопереходами. Один из таких случаев изображен на рис. 3, где показан переход от лиственитов, возникших за счет изменения серпентинитов к доломитам и, далее, к доломитизированным туфопесчаникам аккаинской свиты, которые через рудоконтролирующий дизъюнктив контактируют с серпентинитами. Лист-

вениты здесь имеют брейнерито-доломитовый состав и для невооруженного глаза незаметно переходят в почти нацело замещенный доломитом туфопесчаник. Далее степень доломитизации ослабевает и, таким образом, получается постепенный переход к неизменным туфопесчаникам. При микроскопическом изучении контакт между лиственитами и доломитизированными туфопесчаниками различается четко, так как доломиты, заместившие туфопесчаник, содержат включения реликтовых кварцевых зерен и загрязнены тонкими включениями глинистых частиц.

На другом рисунке показан случай перехода лиственитов через зону окремнения в доломитизированные известняки (рис. 4). Очевидно, здесь имеется случай взаимодействия обрабатываемых гидротермальными растворами известняка и серпентинита [2].

Макроскопическое изучение, так же как и микроскопическое, не позволило отметить отчетливых границ между неизменным и доломитизированным известняком, между доломитизированным известняком и зоной окремнения и между последней и лиственитами. Известняки почти полностью замещаются гипидиоморфно-зернистым агрегатом доломита, в котором содержатся отдельные зерна частично замещаемого доломитом анкерита. Имеется, кроме того, вкрапленность пирита.

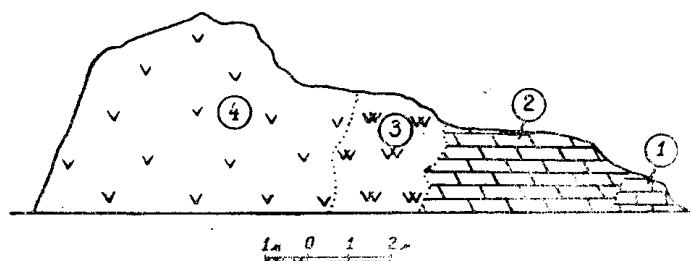


Рис. 4. Зарисовка обнажения.
1—известняк, 2—доломитизированный известняк, 3—зона окремнения, 4—лиственит.

В зоне окремнения доломитизированный известняк подвергается частичному замещению кварцем, развивающимся в виде изометрично-заичных скоплений, в составе которых имеется и халцедон. Порода расщелена сетью кварцевых и кварц-кальцитовых прожилков. Вместе с окремнением увеличивается количество вкрапленного пирита и появляются иногда тонкие его прожилки. Зона окремненных доломитизированных известняков постепенно сливается с лиственитом. Разделение можно произвести лишь по присутствию в лиственитах брейнерита, талька и фуксита и по текстурным признакам (реликтовые петельчатые узоры).

Для суждения о химических изменениях, происшедших с породами, подвергнутыми обработке рудообразующими растворами, были произведены в химлаборатории ЗСГУ в г. Новокузнецке химические анализы образцов туфопесчаников, лиственитов и серпентинитов, а также использованы результаты анализов, содержащиеся в отчете геолога Ю. Ф. Сечкина. Эти последние анализы выполнены для образцов измененных и неизмененных известняков, отобранных из обнажения, изображенного на рис. 4. Петрохимический пересчет анализов выполнен с учетом пористости измененных и неизмененных пород [10] для различных видов окolorудных изменений — доломитизации туфопесчаников (табл. 1), лиственитизации серпентинитов (табл. 2), доломитизации и окремнения известняков (табл. 3).

Сравнение результатов пересчета показывает, что в случае гидротермальной окolorудной обработки туфопесчаников происходит вынос

Таблица 1

Компоненты	Состав неизмененного туфопесчаника. Объемный вес = 2,82	Состав доломитизированного туфопесчаника. Объемный вес = 2,61	Количество г в 100 см ³		Вынос (-) и привнос (+) в г каждого окисла в 100 см ³ породы при доломитизации
			свежего туфопесчаника	доломитизированного туфопесчаника	
SiO ₂	61,05	52,47	172,16	136,73	-35,42
TiO ₂	0,26	0,75	0,73	1,95	+ 1,22
Al ₂ O ₃	14,90	14,23	42,02	36,93	- 5,09
Fe ₂ O ₃	1,57	1,12	4,43	2,92	- 1,51
FeO	1,84	1,89	5,19	4,93	- 0,26
CaO	10,99	16,09	30,99	41,78	+ 10,79
MgO	0,16	0,21	0,45	0,54	+ 0,09
MnO	0,04	0,07	0,11	0,17	+ 0,06
K ₂ O	0,12	0,59	0,34	1,54	+ 1,20
Na ₂ O	0,20	0,16	0,56	0,42	- 0,14
P ₂ O ₅	0,11	0,122	0,31	0,32	0,01
H ₂ O	0,30	0,42	0,85	1,08	+ 0,23
CO ₂	8,44	11,85	23,80	30,72	+ 6,92
S	0,02	0,03	0,06	0,078	+ 0,018
Сумма	100,00 %	100,00 %	282,00	261,00	-21,01

Таблица 2

Компоненты	Состав серпентинита в вес. проц. Объемный вес = 3,18	Состав лиственита в вес. проц. Объемный вес = 2,8	Количество г в 100 см ³		Вынос (-), привнос (+) в г каждого окисла в 100 см ³ породы при лиственитизации серпентинита
			серпентинита	лиственита	
SiO ₂	40,44	34,90	128,59	97,72	-30,87
TiO ₂	—	0,14	—	0,39	+ 0,39
Al ₂ O ₃	0,50	1,67	1,59	4,68	+ 3,09
Fe ₂ O ₃	9,44	0,28	30,02	0,80	-29,22
FeO	2,31	4,97	7,35	13,92	+ 6,57
CaO	0,56	6,62	1,78	18,54	+16,76
MgO	37,70	21,40	119,88	59,92	-59,96
MnO	—	—	—	—	—
K ₂ O	—	0,33	—	0,92	+ 0,92
Na ₂ O	—	—	—	—	—
H ₂ O	0,72	0,18	2,29	0,50	- 1,79
CO ₂	8,32	29,49	26,47	82,57	+56,10
S	0,01	0,02	0,03	0,06	+ 0,03
Сумма	100,00 %	100,00 %	318 г	280 г	- 38 г

значительных количеств кремнезема и привнос кальция и углекислоты. Из исходной породы удаляются также железо, глинозем и натрий. Содержания магния, марганца, фосфора остаются почти неизменными. Привносятся небольшие количества титана и калия.

Таблица 3

Компоненты	Состав неизменного изв-ка Объемный вес = 2,69	Состав доломитизированного изв-ка. Объемный вес = 2,76	Состав окремненного изв-ка. Объемный вес = 2,56	Количество г в 100 см ³			Вынос (-), привнос (+) в г каждого окисла в 100 см ³ породы	
				свежего изв-ка	доломитизированного изв-ка	окремненного изв-ка	при доломитизации	при окремнении
SiO ₂	20,18	5,75	49,72	54,28	15,87	127,28	-38,41	+111,41
TiO ₂	0,06	0,05	сл.	0,16	0,14	—	- 0,02	- 0,14
Al ₂ O ₃	0,29	0,54	1,80	0,78	1,49	4,61	+ 0,71	+ 3,12
Fe ₂ O ₃	0,04	0,87	3,18	0,11	2,40	8,14	+ 2,29	+ 5,74
FeO	1,46	0,86	2,16	3,93	2,37	5,53	- 1,56	+ 3,16
MgO	0,23	20,60	7,04	0,62	55,20	18,02	+54,58	- 37,18
CaO	43,60	28,87	14,20	117,28	79,68	36,35	-37,60	- 43,33
п.п.п.	34,14	43,06	21,90	—	—	—	—	—
Сумма	100 %	100 %	100 %	269 г	276 г	256 г	+7,0 г	-20,0 г

При лиственитизации серпентинитов также удаляются в значительных количествах кремний, железо и, кроме того, магний. Привносятся в больших количествах углекислота и кальций, в значительно меньших количествах глинозем и немного калия и титана.

Изменения известняков, как было показано, происходят в два этапа. Вначале, при доломитизации, почти полностью выносятся те небольшие количества кремния, которые содержатся в неизменном известняке, а также немного кальция. Привносятся в больших количествах магний, в меньших — железо и немного глинозема. На втором этапе — окремнении, продолжается вынос больших количеств кальция и привнос железа, но наряду с этим выносятся в больших количествах магний и привносятся много кремния.

Эти данные позволяют судить об изменениях состава рудообразующих растворов при прохождении их через различные породы и взаимодействия с ними. Взаимодействие растворов с известняками приводило к обогащению их углекислотой и кальцием, а взаимодействие с силикатными породами основного и среднего составов приводило к насыщению их кремнеземом, магнием, железом. Поступление содержащих углекислоту и кальций растворов в серпентиниты вызывало их лиственитизацию [1, 2]. Присутствием кальция, вероятно, следует объяснить наличие доломита в составе наших лиственитов, чем они несколько отличаются от обычных [3, 1, 9]. Обработка этими же растворами песчано-глинистых, пирокластических пород и известняков приводила к доломитизации. При этом происходило дальнейшее насыщение растворов кремнием, что привело к последующему его выпадению в благоприятной обстановке в виде кварца. В случаях проникновения гидротермальных растворов по

контактам разнородных пород происходил, возможно, диффузионный метасоматоз [7]. Так, в случае соприкосновения серпентинитов с известняками из последних в серпентиниты могли диффундировать кальций и уголекислота, а навстречу — магний, железо, кремнезем, что и привело к лиственитизации, с одной стороны, и доломитизации и окремнению, с другой.

Пиритизация гидротермально измененных пород указывает на насыщенность растворов сероводородом.

Сопоставление количеств веществ, отдаваемых породами растворам и оставляемых растворами в породах при процессах околорудных изменений (табл. 1, 2, 3), позволяет считать, что источниками насыщения растворов кремнием, уголекислотой, кальцием, магнием, железом являются значительные по мощности и разнообразные по составу толщи пород, слагающих этот район.

За счет каких-то более удаленных источников, возможно магматических, очевидно, следует отнести присутствие в них ртути, сурьмы, мышьяка, титана, калия. Последний может служить указанием на связь гидротермальных растворов с кислыми магмами [1].

Образование карбонатов, лиственитизацию и отложение киновари обычно связывают с деятельностью щелочных гидротермальных растворов [2, 11]. Находки марказита и барита в составе руд и тесная ассоциация киновари с кварцем и халцедоном указывают на окисление растворов, что, очевидно, связано с близповерхностными условиями формирования руд [2, 15].

Выводы

Возникновение ртутных руд описываемых месторождений тесно связано с доломитизацией, лиственитизацией и окремнением пород, чем и следует руководствоваться при поисках ртутного оруденения в этом районе.

Образование руд происходило в условиях частых тектонических подвижек при непрекращающейся на длительное время циркуляции рудообразующих растворов. Последние, вероятно, имели щелочную реакцию и вступали в активные химические взаимодействия с вмещающими породами.

При этом большое развитие получили процессы метасоматического замещения и гидротермального выщелачивания, приведшего к повышению пористости измененных пород.

Как это обычно, по крайней мере для большинства ртутных месторождений [13], продуктивные стадии минерализации следовали после предварительной проработки пород гидротермальными растворами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. О метаморфических горных породах, образующихся за счет ультраосновных изверженных пород. Сб. Вопросы петрографии и минералогии, т. 1, 1953.
2. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Сб. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях, 1955.
3. Бородаевская М. Б. О происхождении березитов и некоторых других метасоматических пород Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале. Зап. Вс. Мин. о-ва, вып. 2—3, 1944.
4. Григорьев Д. П. Некоторые явления генезиса минералов в жилах. Зап. Вс. Мин. о-ва, № 3, 1954.
5. Григорьев Д. П. Перекристаллизация минералов. Зап. Вс. Мин. о-ва, № 2, 1956.

6. Ежегодник по результатам работ организаций Министерства геологии и охраны недр СССР, вып. 7, 1956.
 7. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. Сб. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях, 1955.
 8. Кузнецов В. А. Закономерности образования и пространственного размещения ртутных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. Сб. Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 1, 1958.
 9. Михайлов Н. П., Москалева В. Н. О процессах лиственитизации серпентинитов Казахстана. Мат. ВСЕГЕИ, вып. 19, 1956.
 10. Наковник Н. И. Определение количественного изменения вещества при гидротермальном метаморфизме. Зап. Вс. Мин. о-ва, вып. 4, 1958.
 11. Сауков А. А. Геохимия ртути. Тр. ин-та. геол. наук., вып. 78, мин. геохим. сер., № 17, 1946.
 12. Bateman A. M. Angular inclusions and replacement deposits. Econ. Geol., № 6, 1924.
 13. Becker G. F. Geology of the quicksilver deposits of the Pacific Slope. 1888.
 14. Grout F. F. Microscopic characters of vein carbonates. Econ. Geol., № 5, 1946.
 15. Fahey J. J., Fleisher M., Ross C. P. The geochemistry of quicksilver mineralization. Econ. Geol., № 3, 1940.
-