

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА И МАЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕЛАЯ ГОРА (НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)

В. Д. МЕЛЬНИКОВ, Л. В. МЕЛЬНИКОВА (ДВГИ СО АН СССР)

Золоторудное месторождение Белая Гора располагается на северной окраине Приморского верхнемезозойско-кайнозойского вулканического пояса. В пределах Белогорского рудного поля андезито-базальтовый и базальтовый покров эоцена прорван эоцен-олигоценным экструзивным телом и дайками пород кислого состава, сопровождающимися лавовым потоком.

Вмещающее экструзивное тело породы представлены базальтами и андезито-базальтами, пористыми в приповерхностных участках, массивными и миндалекаменными на глубине. По химическому составу андезито-базальты близки к андезито-базальтам среднего состава по Дэли. Породы экструзии и потока представлены фельзит-порфирами, липаритами, трахилипаритами и дацитами. Они пересыщены глиноземом и по своим числовым характеристикам близки к дацитам, липаритам и трахитам по Дэли, отличаясь несколько меньшим количеством феррических компонентов и повышенным содержанием щелочей.

Породы в пределах Белогорского месторождения подвержены гидротермальным изменениям двух типов — дорудным площадным и трещинным, связанным с золотым оруденением. Площадные гидротермальные изменения представлены окварцеванием, окремнением, серицитизацией, каолинизацией, пиритизацией, хлоритизацией и карбонатизацией. Особенно интенсивны изменения пород на контакте андезито-базальтов с кислыми породами экструзии, усиливаясь в зонах разломов и нарушений. Андезито-базальты интенсивно пропилитизированы с новообразованиями кварца, серицита, хлорита, карбоната, эпидота. В них наблюдается последовательная смена сверху вниз следующих фаций: а) каолин-серицит-кварцевой, б) кварц-серицит-хлоритовой, в) карбонат-хлоритовой.

Кислые породы превращены в серицит-кварцевые, гидрослюдисто-серицит-кварцевые, каолинит-(диксит)-кварцевые породы и монокварциты. До глубины 150—200 м распространена зона серицит-кварцевых пород с каолинитом, дикситом и галлуазитом. В этой зоне встречаются линзы монокварцитов и породы часто настолько изменены, что почти не содержат реликтов первичной структуры. Ниже распространяется зона серицит-гидрослюдисто-кварцевых и гидрослюдисто-кварцевых пород.

Во всех перечисленных выше группах пород определялось содержание золота и малых элементов. Золото определялось пробирным анализом и высокочувствительным химико-спектральным методом (Воскресенская и др., 1960). Медь, цинк, свинец определялись химическим методом с дитизоном, остальные элементы — спектрально. Всего было проанализировано 196 проб.

Неизмененные андезито-базальты содержат золото от 0,02 г/т до 0,005 г/т, в среднем 0,01 г/т. В пропилитизированных андезито-базальтах содержание золота повышается до 0,02 г/т, а в серицитизированных андезито-базальтах — до 0,23 г/т. Содержание золота в каолинит-серицит-кварцевых породах, развитых по андезито-базальтам, достигает 0,06 г/т. Золото в виде микроскопических частиц входит в состав сульфидов, поэтому андезито-базальты, обогащенные сульфидами (например, пропилитизированные и особенно серицитизированные разности), содержат золото в количествах выше кларковых. Содержание сульфидов увеличивается на контакте серицитовых и карбонат-эпидот-хлоритовых разностей андезито-базальтов до 20—30%. Здесь содержание золота достигает 0,23 г/т. Из сульфидов наибольшее распространение имеет пирит, который часто замещает фемические минералы исходной породы. По данным лоткового опробования и обогащения протоколов содержание сульфидов в пропилитизированных андезито-базальтах достигает 30 кг/т. По данным химического анализа содержание золота в пирите достигает 300 г/т. Спектральным анализом в пирите также устанавливается наличие золота в количестве 150—250 г/т. Наиболее золотоносными среди гидротермально измененных разностей кислых пород являются серицит-кварцевые и диксит-кварцевые породы с содержанием золота от 0,3 до 0,8 г/т. Минимальное содержание золота (0,2—0,3 г/т) установлено в гидрослюдисто-кварцевых и в серицит-гидрослюдисто-кварцевых породах.

В гидротермально измененных породах устанавливается связь золота с содержанием в них кремнезема. В серицитизированных андезито-базальтах, содержащих 0,23 г/т золота, количество кремнезема достигает 83,83% против 55,26% в пропилитизированных разностях, содержащих 0,02 г/т золота. В серицит-кварцевых и диксит-(каолинит)-серицит-кварцевых породах, содержащих наибольшее количество золота, количество кремнезема составляет 73,02—81,58% против 71,86% в серицит-гидрослюдисто-кварцевых породах (табл. I). Кроме того, в гидротермально измененных кислых породах наблюдается связь золота с содержанием в них калия. Породы, содержащие наибольшее количество калия (серицит-кварцевые, диксит-серицит-кварцевые), содержат и больше золота. Наблюдается обогащение этих пород калием за счет развития адуляра и серицита, обладающих высокосорбирующими свойствами по отношению к золоту и способствующих его осаждению. Осаждающее влияние на золотоносные растворы оказывал также диксит. Наблюдается приуроченность золота на Белой Горе к дикситу. Некоторая часть золота в гидротермально измененных кислых породах связана с пиритом, образующим в них мелкую рассеянную вкрапленность.

Серебро наблюдается во всех гидротермально измененных кислых породах (от 1 до 3 г/т), а также в серицитизированных и в каолин-серицит-кварцевых разностях андезито-базальтов (4—5 г/т). Пропилитизированные и неизмененные андезито-базальты содержат серебро в незначительных количествах (менее 0,1 г/т). Все гидротермально измененные породы, содержащие золото, содержат и серебро. Лишь для небольшой части элементов (галлий, бериллий) среднее содержание во всех выделенных группах пород более или менее постоянно. Содержа-

ния же остальных элементов испытывают значительные колебания. Максимальные содержания никеля, кобальта, ванадия и хрома обнаружены в андезито-базальтах. Содержание этих элементов изменяется, уменьшаясь от пропилитизированных разностей к серицитизированным, с минимальным содержанием в каолинит-серицит-кварцевых породах, развитых по андезито-базальтам. В кислых породах эти элементы обнаружены в очень незначительных количествах. Присутствие никеля, кобальта, ванадия и хрома в андезито-базальтах и их пропилитизированных разностях, вероятно, связано с наличием в этих породах большого количества породообразующих темноцветных минералов и эпидота. Содержание бария понижается от 210 γ /г в пропилитизированных андезито-базальтах до 43 γ /г в каолинит-серицит-кварцевых породах, стронция — соответственно от 218 до 70 γ /г. Среди кислых пород монокварцита содержат барий в количестве — 114 γ /г, стронций 113 γ /г, в остальных группах пород содержание бария равно 40—60 γ /г, стронция — 60—96 γ /г. Содержание стронция резко увеличивается в серицит-кварцевых породах (до 230 γ /г). Увеличение бария и стронция в этих породах, так же как и в пропилитизированных андезито-базальтах, вероятно, можно объяснить наличием в них калиевого полевого шпата.

Содержание титана и марганца в пропилитизированных и неизменных андезито-базальтах выше, чем в их каолин-серицит-кварцевых разностях. В шлифах пород Бологурского рудного поля из титанистых минералов встречены сфен, лейкоксен, рутил, ильменит, количество которых больше в андезито-базальтах и их пропилитизированных разностях, чем в остальных группах пород. Кроме того, титан, как и марганец, присутствует в виде изоморфной примеси во многих акцессорных минералах и в сульфидах. Особенно увеличивается количество титана и марганца в зоне перехода от каолинит-серицит-кварцевых пород к серицитизированным андезито-базальтам. Содержание марганца здесь достигает 1000 γ /г, титана — 5000 γ /г. против среднего содержания в пропилитизированных андезито-базальтах соответственно 518 и 3840 γ /г.

Литий содержится в серицит-кварцевых породах и в монокварцитах. Остальные группы гидротермально измененных кислых пород и андезито-базальты содержат литий в незначительных количествах. Особенно увеличивается содержание лития (до 300 γ /г) в серицит-кварцевых породах и в отдельных пробах каолинит-серицит-кварцевых пород. Эти данные говорят о нахождении лития в слюдистых минералах этих разностей пород. Лантан содержится лишь в зоне перехода от серицитизированных андезито-базальтов к пропилитизированным, а в кислых породах лишь в некоторых пробах каолинит-серицит-кварцевых и серицит-гидрослюдисто-кварцевых пород (до 100 γ /г). По-видимому, редкие земли в виде изоморфных примесей содержатся в некоторых акцессорных минералах этих разностей породы. Цирконий входит в состав акцессорного минерала — циркона, количество которого, как показывают данные изучения протолок, больше в гидротермально измененных разностях кислых пород. В них среднее содержание циркония равно 80—100 γ /г по сравнению со средним содержанием в андезито-базальтах — 23—46 γ /г.

Для андезито-базальтов вычислены величины отношений элементов-индикаторов. Для неизменных андезито-базальтов и базальтов эти величины составляют: $Cr:Ba=0,12$; $Cr:Sr=0,14$; $Cr:Ti=0,007$; $Ni:Ba=0,08$; $Ni:Sr=0,066$; $Ni:Ti=0,005$. Почти идентичные величины этих отношений установлены и для пропилитизированных андезито-базальтов: $Cr:Ba=0,13$; $Cr:Sr=0,13$; $Cr:Ti=0,007$; $Ni:Ba=0,10$; $Ni:Sr=0,10$; $Ni:Ti=0,006$, а в серицитизированных андезито-базальтах эти отношения уменьшаются: $Cr:Ba=0,13$; $Cr:Sr=0,08$; $Cr:Ti=$

СХЕМА СТАДИЙНОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

ТАБЛИЦА 1

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТИП	МЕСТОРОЖДЕНИЯ В БЛИЖАЙШЕЙ ВРЕМЕННОЙ СВЯЗИ СО СРЕДНИМИ И ОСНОВНЫМИ ИНТРУЗИВНЫМИ И СУБВУЛКАНИЧЕС- КИМИ ТЕЛАМИ.					МЕСТОРОЖДЕНИЯ В БЛИЖАЙШЕЙ ВРЕМЕННОЙ СВЯЗИ С КИСЛЫМИ И ЩЕЛОЧНЫМИ ИНТРУЗИВНЫМИ И СУБ- ВУЛКАНИЧЕСКИМИ ТЕЛАМИ.					ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТИП
	НАЗВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ	СОСТАВ БОКОВЫХ ПОРОД	СОБСТВЕННО РУДНАЯ СТАДИЯ	ПРЕДРУДНАЯ СТАДИЯ	ДОРУДНАЯ СТАДИЯ	ДОРУДНАЯ СТАДИЯ	ПРЕДРУДНАЯ СТАДИЯ	СОБСТВЕННО РУДНАЯ СТАДИЯ	СОСТАВ БОКОВЫХ ПОРОД	НАЗВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
ЗОЛОТОЙ Au:Ag > 1:10	МНОГОВЕРШИННОЕ	+ + + + + L L L L L	СЛАБОЕ ОКВАРЦЕВАНИЕ, АДУЛЯРИЗАЦИЯ, СЕРИЦИТИЗАЦИЯ, ГИДРОСАУДИЗАЦИЯ, СУЛЬФИДИЗАЦИЯ.	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	НИЗКО-СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНАЯ ПРОПИЛИТИЗАЦИЯ.	W	П	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	+ + + + + L L L L L	БЕЛАЯ ГОРА	ЗОЛОТОЙ Au:Ag > 1:10
	ОГАНЧИНСКОЕ	+ + + + + L L L L L									
	БУХТЯНКА	v v v v v L L L L L									
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЙ Au:Ag < 1:10	ВАЛУНИСТОЕ	L L L L L L L L L L	СЛАБОЕ ОКВАРЦЕВАНИЕ, АДУЛЯРИЗАЦИЯ, СЕРИЦИТИЗАЦИЯ, ГИДРОСАУДИЗАЦИЯ, СУЛЬФИДИЗАЦИЯ.	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	НИЗКО-СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНАЯ ПРОПИЛИТИЗАЦИЯ.	W	П	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	+ + + + + L L L L L	КАВРАЛЬЯНСКИЕ	ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЙ Au:Ag < 1:10
	ХАКАНДЖА	+ + + + + L L L L L									
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЙ Au:Ag < 1:10	УТЕСНОЕ	v v v v v L L L L L	СЛАБОЕ ОКВАРЦЕВАНИЕ, АДУЛЯРИЗАЦИЯ, СЕРИЦИТИЗАЦИЯ, ГИДРОСАУДИЗАЦИЯ, СУЛЬФИДИЗАЦИЯ.	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	НИЗКО-СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНАЯ ПРОПИЛИТИЗАЦИЯ.	W	П	ОБРАЗОВАНИЕ МОНОКВАРЦЕВЫХ, КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ, КВАРЦ-ГИДРОСАУДИСТЫХ И ДРУГИХ МЕТАСОМАТИТОВ.	+ + + + + L L L L L	КАВРАЛЬЯНСКИЕ	ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЙ Au:Ag < 1:10
	КАВРАЛЬЯНСКИЕ	+ + + + + L L L L L									

1  2  3  4  5  6  7 

Табл. 1. Схема стадийности гидротермальных изменений.

Примечание. 1— андезиты, базальты; 2— дациты, их туфы; 3— липариты, кварцевые порфиры, их туфы; 4— трахиты, их туфы; 5— гранитоиды; 6— низкосреднетемпературная пропилиитизация; 7— образование вторичных кварцитов.

$=0,004$; $Ni:Ba=0,05$; $Ni:Sr=0,037$; $Ni:Ti=0,0015$. Величины отношений элементов-индикаторов для неизмененных андезито-базальтов почти равны кларковым для пород среднего состава (Виноградов, 1962). Это говорит об изменении основности андезито-базальтов в процессе гидротермального изменения пород.

В пропилитизированных андезито-базальтах среднее содержание меди равно $32 \gamma/\text{г}$, свинца — $22 \gamma/\text{г}$ и цинка — $50 \gamma/\text{г}$ (по сравнению со средним содержанием в других группах пород соответственно $11-20 \gamma/\text{г}$, $13-20 \gamma/\text{г}$, $18-20 \gamma/\text{г}$). В серицит-гидрослюдисто-кварцевых разностях кислых пород, пользующихся наибольшим развитием с глубины $100-200 \text{ м}$, содержание меди равно $22 \gamma/\text{г}$, свинца — $28 \gamma/\text{г}$, цинка — $35 \gamma/\text{г}$ (по сравнению с $8-15 \gamma/\text{г}$, $7-25 \gamma/\text{г}$ и $0-20 \gamma/\text{г}$).

Андезито-базальты и их пропилитизированные разности характеризуются отношением $Cu:Pb$, равным $0,9-2,6$ (табл. 1), что для пропилитизированных андезито-базальтов почти совпадает с величиной для средних пород земной коры, равной $2,3$ (Виноградов, 1962). Другие же гидротермально измененные разности андезито-базальтов характеризуются пониженными величинами отношения $Cu:Pb$ по соотношению с кларковым. Оно понижается от пропилитизированных к каолинит-серицит-кварцевым разностям, приближаясь к среднему кларковому для кислых пород земной коры. Гидротермально измененные кислые породы характеризуются величинами отношения $Cu:Pb$, равными $0,6-1,1$, что почти равно средней величине для кислых пород земной коры, равной $1,0$ (Виноградов, 1962). Это отношение понижается от серицит-гидрослюдисто-кварцевых ($0,8$) к каолинит-серицит-кварцевым породам ($0,6$) и находится в соответствии с интенсивностью гидротермального изменения.

Таким образом, все выделенные фации гидротермально измененных пород характеризуются значительными различиями в содержании золота и малых элементов, что позволяет использовать их при геохимических поисках субвулканических месторождений золота и оценке их эрозионного среза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. «Геохимия», № 7, 1962.
2. Воскресенская Н. Т., Зверева Н. Ф., Ривкина П. Л. Спектрохимическое определение золота в силикатных породах и минералах. Ж. «Аналитическая химия», т. 20, вып. 12, 1965.