

Ә.Б. БАЙБАТША¹, К.Ш.ДУЙСЕМБАЕВА²

АЛТЫН КЕНОРНЫН МИКРОМИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Әртүрлі генетикалық типті руда кенорындарын зерделеумен байланысты руда микроскопиясы өдісімен алынған минералогиялық жұмыс нәтижелері келтірілген. Микроскоптық әдісті пайдалану руданы технологиялық өндеу үшін айрықша үлкен мөнге ие. Технолог руданың сапалық және сандық минералдық құрамын, түйірлер өлшемін және олардың кіргізу сипаттын білуи тиіс. Бұл деректер ұсақтаудың қажет ірілігін анықтауды және байытудың үтимдес сұлбасын таңдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар микроскопиялық зерттеу әдісі техногендік енімдерді зерделеген кезде руданы байыту үрдісінің барысын және алтынды айрып алууды бақылау үшін қажет.

Приведены результаты минералогической работы, связанной с изучением руд месторождений различных генетических типов методом рудной микроскопии. Исключительно большое значение имеет использование микроскопического метода при технологической переработке руд. Технолог должен знать качественный и количественный минеральный состав руд, размеры зерен и характер их срастания. Эти данные позволяют устанавливать требуемую крупность измельчения и выбор рациональной схемы обогащения. Кроме того, микроскопический метод исследования необходим при изучении техногенных продуктов для контроля хода процесса обогащения руд и извлечения золота.

The results of the mineralogical work is related to the study of ore deposits of different genetic types by ore microscopy. The use of microscopic method is important in the study of technological properties of ores. Technologist needs to know the qualitative and quantitative mineral composition of ores, grain size and nature of their accretion. These data allow us to set the required fineness of grinding and the choice of a rational scheme of enrichment. In addition, the microscopic method needs to study man-made products for the control of the process of ore enrichment and extract gold.

Қазақстанда алтын өндіру дербес алтынрудалы және мыс пен полиметалдардың кешенді алтынұстамды кенорындарын пайдалану есебінен қамтамасыз етіледі. Мембалаңска алтынның 237 нысан бойынша бекітілген қоры алынған. Өндірістегі ең ірі дербес алтын кенорындары – Алтынтау (Васильковка), Бакыршық, Ақбакай. Алтын бойынша ресурстық өлеуettі айтартылған арттыруға кешенді кенорындарды барлаған кезде, ең алдымен алтын-мысты порфир кенорындарын, сондай-ақ өндіру үшін тиімді дербес алтынрудалы кенорындар шенберін кенектуді бейсалттық технологияларды пайдалану арқылы қол жеткізуге болады [9].

Баланска алынған рудалар пайдалы компонент мөлшері бойынша біршама жоғары сапасымен айрықшаланады. Құрамындағы алтынның орташа мөлшері 6 г/т шамасынан асатын руданың қоры бойынша Қазақстан өлемде жетекші орындардың бірін иемденеді. Дегенмен мұнда алтынұстамды рудалардың жартысынан астамы қызын байытылатындар санатына жатады.

Табиғи нысандардағы бағалы металл мөлшері ете төмен болуына қарамай, барша өлемде жана кенорындарды барлауға, әртүрлі кен өндіру жұмыстарына, байытуға, өнім алу металлургиясына және технологияға орасан қаржы жұмысалады. Бұл шығындар бағалы металдардың жоғары құнымен ғана емес, сондай-ақ техника мен технологиялардың бірқатар басым салаларында пайдалануымен де өтеледі. Жалпы алғанда өндірістің байыту және металлургия бөліктегі айрықша орын алады. Біріншіден, өндеуге бағалы металдар мөлшері бойынша жұтандау рудалар және құрамы бойынша қурделі концентраттар түседі. Екіншіден, металл алу технологиясының қызын атаптары біртінде арта түсude.

Қазақстан өнеркәсіптік алтын кенорындарының негізгі генетикалық типтеріне мыналар жатады: 1) скарндық; 2) плутоногендік гидротермалық; 3) вулканогендік гидротермалық; 4) метаморфогендік; 3) шашылымдық [2, 3].

^{1,2}Қазақстан, 050013, Алматы қ., Сәтбаев көш., 22, К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Алтынрудалы кенорындарды жүйелеу, көpte-ген жіктелімдер жасалғанына қарамай қазіргі кезге дейін ұдайы жетілдірілуде.

Кейбір кенорындардағы алтын рудасын микроскоптық зерттеу

Рудалардағы алтынды микроскоптық зерде-леу деректері Әртүрлі типті Абыз, Ақбақай, Ал-тынтау (Васильковка), Риддер-Сокольное, Саяк IV және басқа кенорындарды зерттеу кезінде алынған. Төменде қарастырылатын кенорындардың әркайсысы бойынша негізінен рудалардағы алтынды микроскоптық зерделеу нәтижелері келтірілген. Мұнда кенді аудан мен кенорынның геологиялық құрылышы, кен денелерінің толық сипаты берілмейді, ойткені мақаланың максаты микроскоптық зерттеулер нәтижелерін ғана көрсету болып табылады.

Абыз кенорынның рудалары алтын-колчедан-мыс-мырышты, мыстың мырышқа және қорғасынға катынасы 4,4:11:1. Кенорында минералдық құрамы бойынша рудалардың алты типі бөлінеді: құкірт-колчеданды; мыс-колчеданды; колчедан-мырышты немесе елеулі мырышты; колчедан-мыс-мырышты; колчедан-полиметалды; қорғасын-мырышты. Рудалар негізінен тұтас түрлестерінен тұрады; бағынышты мәнгे желішікті-сеппелі және сеппелілер ие (1-кесте).

Әдетте, кен денелері минералтарлардың ең соңғы сатысында қалыптасқан колчедан-мыс-мырышты және колчедан-полиметалды рудалардан тұрады. Олар құрамы бойынша қарапайым құкірт-колчеданды, мыс-колчеданды және кол-

чедан-мырышты рудаларға үстіленіп, жұқа линзалар түрінде денелердің аспалы немесе жатқан қапталында сақталады. Жалпы айтқанда, кенорында теренге карай құрамы бойынша күрделі рудалардың қарапайымдаулармен алмасуы орын алады. Батыс жағының төменгі горизонттарындағы құкірт- және мыс-колчеданды, колчедан-мыс-мырышты рудалар шығыс жағындағы жоғарғы горизонттардың колчедан-полиметалды және қорғасын-мырышты рудаларына қарағанда ертелеу сатыларда қалыптасқандықтан және текtonикалық жылжуулармен ажырағандықтан, келтірілген руда типтерінің орналасуы оларды сатыланған (сатыланған зоналылық) ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

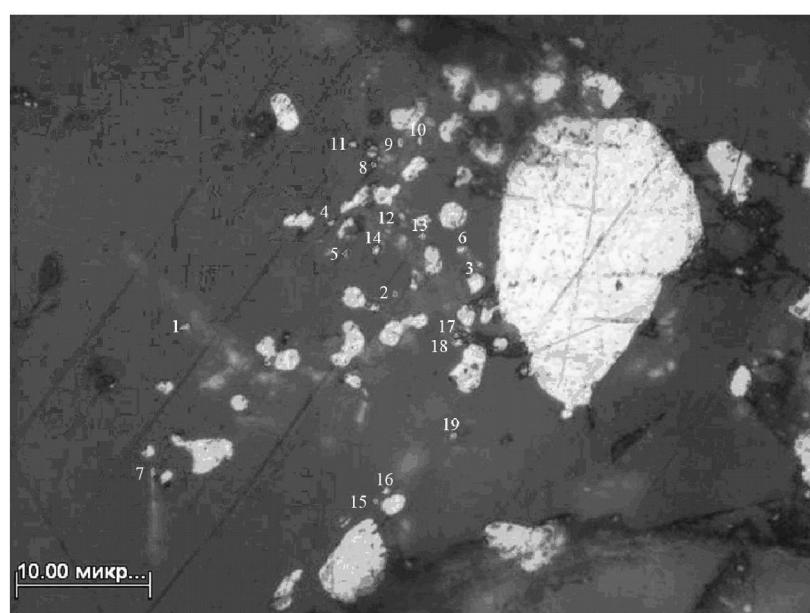
Руда типтерін зерттеу көрсеткендей, Абыз кенорны үшін рудалардың барлық типтері бір өнеркәсіптік сортқа – колчедан-полиметалдыға біріккен. Бұл жағдай рудалардың түрлі типтерінен тұратын кен денелерінің қеңістікте тығыз орналасуымен және де бір кен денесі ауқымында руданың бір типтерінің басқалармен жиі алмасуымен түсіндіріледі.

Басты рудажасаушы минералдар: пирит, сфалерит, халькопирит, галенит. Құнды компоненттерге алтын және күміс жатады. Екінші дәрежелі минералдар катарына солғын кен кіреді. Басқа минералдар сирек немесе өте сирек кездеседі. Олардың ішінде висмут пен телтур косылыстары басым. Бейруда минералдардан кварц, хлорит, серицит кен таралған.

Рудалардағы алтын барлық рудажаралу үрдісі ағымында бірнеше дүркін шөккен. Алтын Әртүрлі

1-кесте. Абыз кенорындағы руда типтері және оларды құрайтын парагенетикалық бірлестіктер

Руда типтері	Cu:Zn:Pb катынасы (Pb=1)	Парагенетикалық бірлестіктер (ассоциациялар)
1. Құкірт-колчеданды		Пиритті
2. Мыс-колчеданды:		Пирит-халькопиритті
– тұтас	45:3,87:1	
– сеппелі	13:1,85:1	
3. Колчедан-мырышты:		Пирит-сфалеритті
– тұтас	1,5:36:1	
– сеппелі	1,5:12:1	
4. Колчедан-мыс-мырышты:		Халькопирит-сфалеритті
– тұтас	16:24:1	
– сеппелі	7,5:7,8:1	
5. Колчедан-полиметалды:		Халькопирит-сфалеритті галенит-сфалериттімен біріккен
– тұтас	2,7:8,6:1	
– сеппелі	1,2:2,3:1	
6. Қорғасын-мырышты:		Галенит-сфалеритті
– тұтас	0,09:4,4:1	
– сеппелі	0,13:1:1	
Барлық рудалар бойынша орташасы	4,4:11:1	



N	Түрі	Ауданы	Ұзындығы	Еңі	Орташа өлшемі
*		микрон*мі...	микрон	микрон	микрон
1		0.14	0.46	0.335	0.399
2		0.30	0.68	0.472	0.576
3		0.13	0.39	0.318	0.352
4		0.13	0.49	0.287	0.390
5		0.14	0.41	0.324	0.369
6		0.17	0.43	0.337	0.382
7		0.11	0.33	0.296	0.313
8		0.12	0.39	0.316	0.354
9		0.18	0.59	0.277	0.432
10		0.16	0.66	0.187	0.422
11		0.18	0.50	0.314	0.405
12		0.16	0.50	0.322	0.410
13		0.18	0.53	0.368	0.447
14		0.09	0.29	0.256	0.273
15		0.18	0.56	0.285	0.425
16		0.20	0.67	0.377	0.524
17		0.11	0.37	0.281	0.328
18		0.27	0.63	0.453	0.544
19		0.27	0.60	0.417	0.510
*					
	Саны	19	19	19	19
	Қосындысы	3.21	9.49	6.223	7.855
	Орташасы	0.17	0.50	0.328	0.413

1-сурет. Кварцтағы микроскоптық алтын (Ақбақай кенорны)

типті рудаларды құрайтын барлық минералдық бірлестіктерде бар. Оның кірікпелері барлық сульфидтерде, кварцта және карбонатта байқалған. Құрамында алтын бар мынадай парагенетикалық минералдық бірлестіктер бөлінген: пиритті, пирит-халькопиритті, пирит-сфалеритті, галенит-сфалеритті, дербес алтын-теллуритті және алтын-күмісті. Олардың ішінде өнімділерге екі ең соң-

ғылар – галенит-сфалеритті және алтын-теллуритті бірлестіктер жатады.

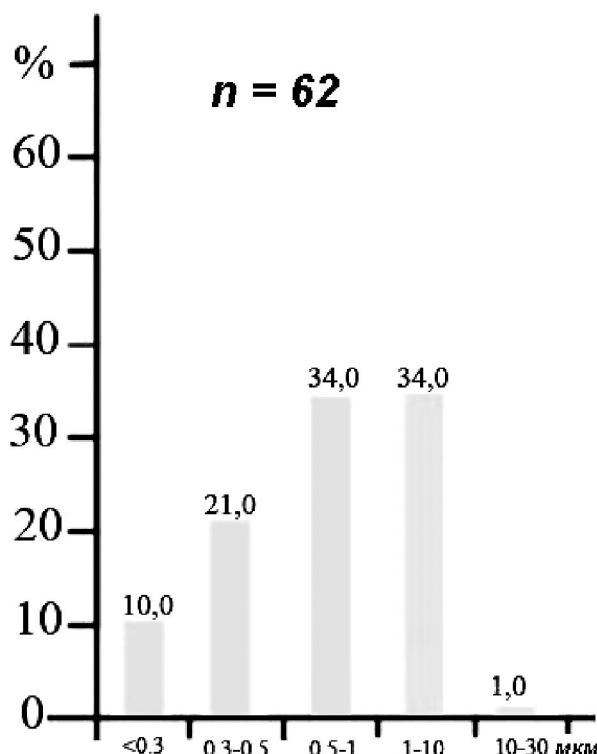
Бастапқы бірлестіктерден соңғыларына қарай алтын сынамының төмендеуі, күмістілігінің артуы, сомтума алтын бөлшектерінің іріленуі аныкталған. Ең таза (сынамы 946-980) алтын тұтас және сеппелі мыс-колчедан рудадағы (пирит-халькопиритті бірлестік) пирит түйірлерінде

анықталған. Соңылау сеппелі-желішікті елеулі мырышты және колчедан-мырышты рудаларда (пирит-сфалеритті бірлестік) бастапкы сфалеритте, пирит түйірлерінде және түйірлер арасында орналасқан алтынның сынамы 875-903 (біршама жоғары сынамды). Соңғы галенит-сфалеритті (полиметалл сатысы) және алтын-теллуридті бірлестіктерде алтын сынамы төмендейді және 610-771 аралығында ауытқиды (төмен сынамды және біршама төмен сынамды). Мұндағы алтын тиісінше галенитпен және теллуридтермен тығыз бірлестікте, кейде басқа сульфидтермен бірге кездеседі және ертелеу минералдық жаралымдарға үстіленеді. Бірлестіктің негізгі минералы электротум болып табылады, оның құрамындағы күмістің мөлшері 18-38 % аралығында ауытқиды. Соңғы алтын-күмісті бірлестік (кварц-карбонат желішіктері) рудатүзілу үрдісін аяқтайды, мұнда электротум кюстелитпен (Ag 80 %) және күмістің сульфотұздарымен бірлестікте болады.

Бастапкы пиритті бірлестіктің алтыны майда дисперсиялық, ол метаколлоид пиритпен байланысты. Алтынның барлық біршама ірі бөлінімдері кейінгі мыс-мырышты, полиметалды және соңғы кварц-карбонат желішіктеріндегі сатыларда жаралған.

Алтын жинақтаушылар (концентраторлар) басты рудажасауши сульфидтер болады. Олардағы алтынның мөлшері пирит-халькопирит-сфалерит-галенит қатарында артады. Алтын бөлінімдерінің пішіні сан қылы – желішікті, үшкір, ілгекше, изометрлі, бірақ көбінесе бұрыс пішінді. Алтынның желішікті бөлінімдері әдетте сфалеритте, тамшы тәрізділері және сопактары – пиритте, үшкірлері – галенитте, бұрыс және изометрлілері – халькопиритте кездеседі. Қазіргі жіктелім [6] бойынша рудада микроскоптық және макроскоптық алтын бар. Ең көп таралған алтын бөлшектері мен шоғырларының өлшемі 0,2-1,0 және 50-100 мкм аралығында, біршама сирек кездесетіндерінің өлшемі 0,1-0,8 мм. Микроскоптық алтынның статистикалық бағамы және тараулу графигі аншлифттерді зерттеу деректері бойынша тиісінше 1- және 2-суреттерде көрсетілген.

Рудаларда алтын өте әркелкі таралған. *Күйкірт-колчедан рудалар алтынға жұтанақ*. Ұсақ алтын бөлінімдері пиритте, сирек соңылау минералдарда – халькопиритте және галенитте орналасқан. *Мыс-колчедан рудаларда* алтын жиірек кездеседі және негізінен халькопиритпен кіріккен және халькопиритте болады, пиритте түйіраалық кеңістікті толтырады, сирек пирит



2-сурет. Аншлифтегі микроскоптық алтынның таралу графигі. Алтын бөлінімдері сфалеритте, кейде пиритпен, халькопиритпен және галенитпен кірікпеде (Абыз кенорны)

түйірлерінде, кварцта және басқа сульфидтерде кездеседі. Алтын сондай-ақ сульфид минералдардың және кварцтың шекаралары бойынша дамиды. Оның галенитпен және солғын кенмен халькопириттегі, кварцпен пириттегі кірікпелері байқалады. Пирит-сфалеритті бірлестіктен тұратын колчедан-мырышты және айтартықтай мырышты рудаларда жекелген аншлифттерде және сынамаларда алтынның біршама жоғары мөлшері байқалады. Құрамында пирит басым болатын рудаларда алтын желішіктер түрінде және бұрыс пішінді бөлінімдерде пирит түйіршіктері аралығында және жарықшактарында дамиды, кейбір бөлікшелерінде оны цементтейді, сондай-ақ пириттің түйіраалық кеңістігін толтыратын сфалерит пен кварцта болады. Алтынның тамшы тәрізді кірінділері пирит түйірлерінде, сирек соңылау жаралған сульфидтермен – галенитпен, солғын кенмен кірікпелерінде байқалады. Айтартықтай мырышты рудаларда алтынның сфалериттегі желішік тәрізді және бұрыс пішінді бөлінімдері галенитпен және пиритпен, кейде петцитпен және гесситпен кірікпелерде болады.

Колчедан-мыс-мырышты рудаларда алтынның мөлшері алдында қарастырылған руда типте-

ріндегімен салыстырғанда артады. Алтын көбінесе пирит түйірлері аралығында басқа сульфидтермен кірікпесінде дамыса, сфалеритте халькопиритпен, кейде галенитпен және кварцпен кірікпелерде болады. Бұрын сипатталған руда типтерінің барлығын киятын *галенит-халькопирит-солғынкен-кальцитті* желішіктерде де алтын болады. *Колчедан-полиметалды* рудалардагы алтынның мөлшері жекелген шлифттерде алаң бойынша 1 % шамасына жетеді. Ол негізінен сфалеритте галенитпен кірікпелерде, кейде халькопиритте, солғын кенде, пиритте және кварцта болады, кейде гесситпен галенитте кірікпелер жасайды. Алтын және де пирит түйірлері аралығында сульфидтермен, кварцпен кірікпелерінде және сульфидтерде кездеседі. *Колчедан-қорғасын-мырышты* рудаларда алтынның мөлшері алдыңғы екі руда типтерімен салыстырғанда құрт азаяды. Ол негізінен сфалеритте галенитпен кірікпелерінде, сирек басқа сульфидтерде және кварцта кездеседі. Алтын кірінділері пирит метакристалдарында байкалады. *Соңғы кварц-карбонатты желішіктіде* алтын сульфидтер ұышықтарымен бірге жекелеген бөлінімдер түрінде, бірақ жиі кюстелитпен, галенитпен, солғын кенмен және халькопиритпен кірікпелерде болады.

Алтынның сульфидтермен тығыз байланысы олардың алтын тұну үрдісіне ықпалын куәланырады. Сульфидтердің алтын тұндыруышы ретіндегі рөлі көптеген зерттеу жұмыстарында айтылады. Бастапқы пиритті бірлестіктің (куқірт-колчедан сатысы) алтыны майда дисперсиялы, ол метаколлоид пиритпен бір уақыт маңында бөлінген. Майда дисперсиялы алтынның пиритпен байланысы көптеген алтынрудалы кенорындарға тән. Олардың рудажаралудың бастапқы сатысында бөлініуі эксперименттік зерттеулермен дәлелденген. Алтынның барлық біршама ірі бөлінімдері мыс-мырышты, полиметалды және соңғы кварц-карбонат желішікті сатыларда жаралған. Сомтума алтын бөлшектерінің оның бастапқы генерацияларынан соңғыларына қарай іріленуі тән, ол кенорындардың генетикалық типіне байланыссыз жүреді.

Пирит-сфалеритті бірлестік (мыс-мырышты саты) алтыны үстіленудің айқын белгілеріне ие. Ол сфалерит агрегаттары аралықтарында немесе оның ішіндегі жарықшактар бойынша желішіктер және бұрыс пішінді бөлінімдер түрінде дамиды. Өнімді бірлестіктерде (галенит-сфалеритті және алтын-теллуритті) алтын галенитпен және теллуриттермен бір уақытта бөлінген әрі бастапқы

минералдық жарагалымдарға үстіленген. Оны куәландыратындар – олардың тығыз кірікпелері, әсіресе алтынның галенитпен кірікпесі, ол сфалеритте жиі кездессе, ал басқа сульфид минералдарда сиректеу болады.

Майда дисперсиялы алтынның бастапқы пиритпен, ал ірілеу алтынның мырыш пен қорғасынның соңғы сульфидтерімен парагенезисі көптеген алтынрудалы кенорындарға тән. Бірақ Абыз кенорында майда дисперсиялы алтын тек қана бастапқы пиритке емес, ол барлық сульфидтерге тән және барлық руда типтерінде болады. Алтынның оптикалық микроскоп көрсете алтыннадай шегіне жақындастын ұсак өлшемділерінің (<1 мкм) болуы, сульфидтерде коллоидтардың дисперсиялық фазасына сәйкес келетін алтынның нанобөлшектері де болуы ықтимал екенін куәланырады. Мұнда сульфид рудалардағы алтынның түзіліп қана қоймай, қайта топтануға түскені де даусыз, осының нәтижесінде ірілеу алтын бөлшектері пайда болған.

Алтынның минералогиялық деректер алтын Абыз рудаларында минералдық формада (негізінен сомтума алтын, электрум және сирек петцит – алтын мен күміс теллуриді) және «көрінбейтін» түрде болады деген корытынды жасауға мүмкіндік береді.

Алтынның қосымша формаларын анықтау үшін сұрыптама еріткіштерді тандауға негізделген химиялық фазалық талдау колданылды, ол [1] өзірлеген әдістеме бойынша жасалған. Талдау нәтижелері көрсеткендей, сомтума форма орташа алғанда (көрінетін және майда дисперсиялық қосындысы) барлық руда типтері және басты сульфидтер бойынша галенитті қоспағанда, 41-51 сал.% болса, ал галенитте 72 сал.% шамасына жетеді. Фазалық химиялық талдау алтынның сульфид формасы бар екенін анықтады (галенит пен пиритте орташа алғанда 15-18 сал.%, халькопирит пен сфалерит үшін 24-26 сал.%) және басты сульфидтерде «көрінбейтін» түрі де болады (ортаса алғанда барлық сульфидтер бойынша 27 сал.% шамасында).

Жалпы алғанда фазалық химиялық тандауды ескере отырып айтуға болатыны, алтынның шамамен жартысына жуығы көрінбейтін формада болса, ал оның қалған жартысын микроскопта көре аламыз.

Риддер-Сокольное кенорның микроскоптық зерттеу бай алтын-сульфид-кварц-желілі кендерден тұратын терең горизонттар жатындарында (Быструшинская, Быструшинскаяның онтүстік

қапталы, Победа, III-Оңтүстік Батыс – 14, 15, 16, 17 горизонтар) жүргізіледі. Кендену соңғы сатыға байланысты, бұл кезең полиметалдыдан (жоғарғы горизонт) уақыты бойынша ажыраған.

Сульфид-кварц рудалардағы алтын оларды «аралап өтеді», яғни бірнеше дүркін түзілген. Ол барлық басты сульфидтерде, кварцта, серицитте, хлоритте және карбонатта кездеседі. Алтын байланысты мынадай парагенетикалық минералдық бірлестіктер бөлінеді: алтын-пирит-кварцы; алтын-халькопирит-кварц-серицитті; алтын-сфалерит-тетраэдрит-сульфотұз-халькопирит-кварцы; галенит-алтын-теллурит-кварцы және мүмкін алтын-теллурит-кварцы; алтын-кварцы (сульфидсіз); жұтан-сульфид-кварц-карбонатты.

Микрозондтық талдау деректері бойынша, бір-бірімен кірікken жағдайдағы галенит пен теллуриттерде, висмут сульфотеллуриттерінде Se қоспасы болады, ал галенинде және де Ві қоспасы кездеседі. Висмут теллуриттеріндегі Se қоспасы 0,86-дан 5,96 %, галенинде Se 1,35-тен 4,05 %; Ві 1,25-тен 3,10 %; Ag 0,28-ден 0,62 % шамасына дейін болады. Se және Ag қоспасы висмут пен қорғасын сульфиді – бурсаит үшін де төн (Ag 1,93-5,35 % және Se 1,60-3,89 %).

Алтын сынамы 665-тен 899-ға (төменсынамдыдан біршама жоғарысынамдыға) дейін, яғни сомтума алтын және электрум болады.

Алтын бөлінімдерінің пішіні өртүрлі – желішік тәрізді, сопақ, изометрлі, иілген, бірак көбінесе бұрыс пішінді.

Ең көп таралған алтын бөлшектерінің өлшемі 1-5 мкм-ден 0,05-0,1 мм-ге дейін, сирегірек кездесетіндері – 0,1-0,8 мм және сирек – 1-2 мм. Мұнда кеноринның алтын ұстамды жатындары үшін кейбір ерекшеліктерді атап өту керек. Кварцқа да, сульфидтерге де төн алтынның микроскоптық бөлшектері көбінесе кварцта таза түрде байкалды (3-сурет).

Сонымен Риддер-Сокольное кенорны рудаларын микроденгейде зерттеу мынаны көрсетеді:

1) терен горизонттардағы жатындарды құрайтын рудалар бір өнеркәсіптік сортқа біркітірілген алтынұстамды сульфид-кварц-желілік кендену болып табылады;

2) кварц, кварц-серицит және кварц-карбонат желілердегі сульфидтер негізінен сеппелік пен ұяшықтар, кейде желішіктер жасайды;

3) терен горизонттарда бай сульфид-кварц-желілік кендену қалыптастыратын алтын теллуриттермен тығыз бірлестіктегі болады;

4) алтынмен тығыз кірікпелер жасайдын висмут сульфотеллуриттері мен теллуриттері қатары

анықталған. Хедлейит, бурсаит және теллурожозеит Риддер-Сокольное кенорнында алғаш рет анықталған; ал пильзенит, теллурожозеит, алексит Риддер-Сокольное кенорнында да, Қазақстанда да бірінші рет анықталған;

5) алтынның минералдық формасы сомтума алтыннан және электрумнан тұрады;

6) «корінбейтін» алтынның үлкен шоғырлануы сульфидтерге қарағанда кварцпен көбірек байланысты, бұл туралы оларда алтынның микрометрлік бөлшектерін анықтау бойынша жүргізілген микроскоптық зерттеулер куәландырады. Микрозондта кварцтағы өлшемі 200 нм шамасындағы нанобөлшектер анықталған.

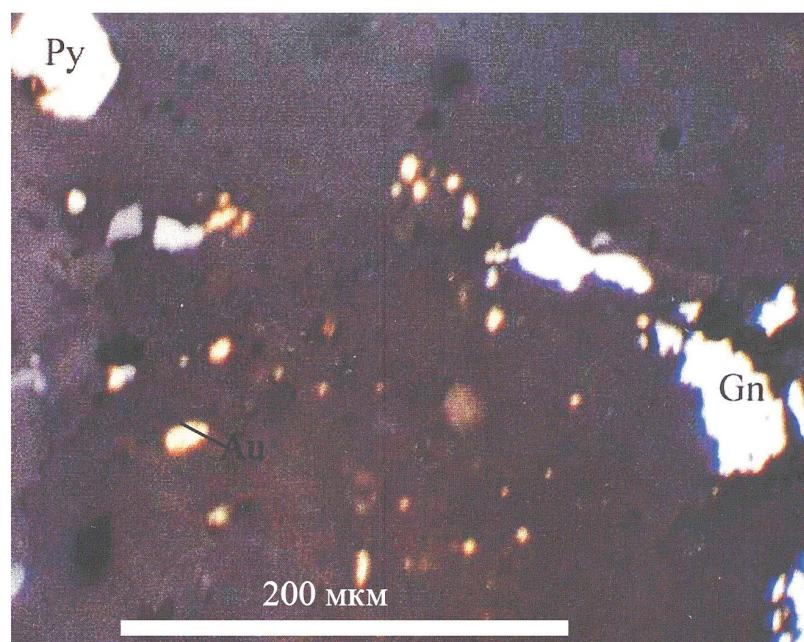
Рудалардағы алтынның өлшемдері. Табиғи алтын жіктелімінде [6] мынадай кластар бөлінген: пикоалтын – 288-600 нм;nanoалтын – 0,6-250 нм; микроскоптық алтын – 0,25-80 мкм; макроалтын – 0,08 мм-1 м.

Сомтума алтын өзінің бөлшектері мен шоғырларының өлшемдері бойынша былай бөлінеді [9]: 1) коллоиддисперсиялы мен ультрамайдадисперсиялы – <0,1 мкм және майдадисперсиялы – 1-10 мкм; 2) көрінетін – >0,01 мм; 3) сомтуналар (салмағы бойынша) – >5 г.

Кәдімгі жарық микроскопы алтынұстамды рудаларды зерттеген кезде өлшемі 1 мкм-ге дейінгі алтын бөлшектерін көруге мүмкіндік береді. Жетілген заманауи жарық микроскоптары наноөлшемділерге жататын (200-250 нм) алтын бөлшектерін көруге жағдай жасайды. Қазіргі кезде нанобөлшектер деген термин кең пайдаланылуына қарамай, бұрын жарияланған және жарияланып келе жатқан жұмыстарда негізінен микрометрлік өлшемді алтын туралы айтылады. Наноөлшемді алтын бөлшектерін жоғары дәлдікті прецизиондық өдістермен табу аса қыын мәселе. Өйткені алтын рудаларда өте әркелкі әрі сирек таралған, ал үлкейтуі айрықша жоғары аспаптардың көру аланы тіпті кішкентай, сондықтан кездесік үстінен түсіп қалу мүмкіндігін айтпағанда іс жүзінде аншлифте мұндаидай алтынды табу мүмкін емес.

Төменде Риддер-Сокольное кенорны терен горизонттарының бай жатындарындағы басты рудажасаушы минералдар құрамындағы сомтума алтын бөлшектерінің өлшемін анықтау бойынша зерттеулер нәтижелері келтірілген (2-кесте).

Алтынның ең көп таралған бөлшектерінің өлшемі 1-5 мкм-ден 50-100 мкм-ге дейін, кейде 0,1-0,8 мм және сирек 1-2 мм болады. Сульфидтердегі алтынның басым өлшемі 10-50 мкм. Айта кететіні, сульфидтермен байланысты алтын



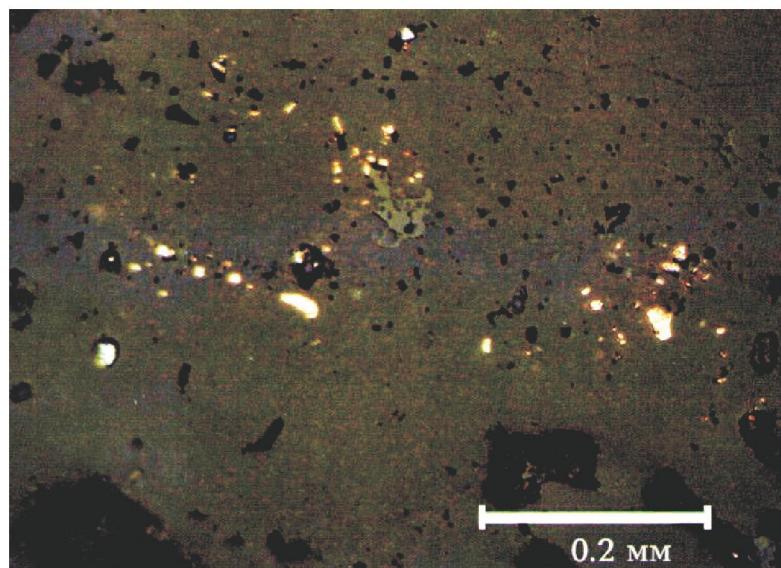
3-сурет. Квартағы алтын бөлшектерінің шоғырлары: Py – пирит; Gn – галенит (Риддер-Сокольное кенорны)

2-кесте. Риддер-Сокольное кенорны терең горизонттары руда жатындарының сульфидтері мен кварцындағы алтынның сипаттамасы

Минерал	Алтын түйірлерінің саны	Өлшемдері, мкм		
		мынадан	дейін	басымы
Оңтүстік қаптал Быструшинская жатындының Оңтүстік қапталы				
пирит	62	1	20x70	7-10
халькопирит	21	7	20	10
сфалерит	37	7	20x50	10-20
галенит	98	7	20x70	10-20
кварц	463	1	40x70	7-20
Быструшинская жатыны				
пирит	182	1	7x100	10x30
халькопирит	93	3	100x200	10x40
сфалерит	26	7	10x500	10x50
галенит	21	1	20	10-20
кварц	135	1	200x600	10-50
III-Оңтүстік-Батыс жатыны				
пирит	40	3	10x200	7-20x30
халькопирит	73	1	50x700	7-20x300
сфалерит	43	7	100x500	10-20
галенит	21	1	20x60	10-20x30
кварц	261	1	100x160	7-30
Победа жатыны				
пирит	21	3	40	10-10x40
халькопирит	48	3	200x500	10-10x30
сфалерит	12	7	100x200	10-10x70
кварц	126	7	50x100	10-20x30

басым көпшілік жағдайда квартағы таза алтынға қарағанда ірілеу келеді. Квартағы таза алтын бөлшектерінің өлшемі 7-20 мкм ауқымында

ауытқиды. Әдетте квартағы алтын әркелкі, кейбір бөлікшелерде қалың майдадисперсиялы сеппелік жасайды (1-10 мкм), олардың арасында



4-сурет. Кварцтағы алтын бөлшектерінің шоғырлары
(Риддер-Сокольное кенорны, жұтақ сульфидтер сеппелігі бар кварц желісі)

өлшемі 20-50 мкм, кейде одан да үлкен 2-3 түйір бөлінеді.

Быструшинская жатынының онтүстік қапталында және III-онтүстік-батыс жатынында алтынның көп бөлігі кварцта таза күйде майда дисперсиялы сеппелік түрінде болатыны анықталған. Жекелеген аншлифттерде 100-ге дейін және одан да асатын кварцтағы алтынның майда кірінділері анықталады. Басты сульфидтерде және кварцта өлшемі 1-10 мкм алтын бөлшектерінің болуы мұнда өлшемі 0,1 мкм-ден де кіші, яғни наноөлшемді алтын болуы мүмкін екенін күәләндырады, бірақ оны кәдімгі жарық оптикалық микроскопта көрү киындаиды. 4-суретте кварцтағы алтын бөлшектерінің майда сеппелігі көрсетілген. Электрондық JCXA 733 микроанализаторында жасалған суретте өлшемі 250 нм болатын алтын бөлшектері көрсетілген.

Әдете микрозонд көрсетуі мүмкіндігі ауқымынан тыс алтын бөлшектерін «көрінбейтіндер» санатына жатқызады [3].

Майда дисперсиялы алтын бөлшектері көрінетін алтынға қарағанда кеңдеу таралған және таза алтынның дәл осындай формада болуы негізгі саналады. «Көрінбейтін» алтынға деген қызығушылық XX ғасырдың 30-шы жылдары күшіе түскені белгілі, өйткені алтынустамды сульфид рудаларын флотациялаған кезде айырып алынуы тиіс металдың айтарлықтай ысырабы анықталған. Осыған байланысты «қыын» немесе «байланысқан» алтын және «бос» алтын терминдері пайда болған [8].

«Көрінбейтін» алтынды зерттеу жұмыстары тиісті нәтиже беруде [5]. Мәселен, Г.Бюрг Семигорье кенорнының жылтырланған рудаларын микроскопта 1200^Х үлкейту арқылы қарағанда, пириттегі алтынды таппаған, ал оны электропеште 600-700°С-қа дейін қыздырған кезде, сол шлифттерде микроскоп астында таза алтын көрінетін болған. Ол осылайша алғаш рет оптикалық микроскоппен қарағанда «көрінбейтін» алтын болатынын дәлелденген. Мұндай алтын негізінен пиритке ғана тән деп есептеліп келген, бірақ 1964 жылы В.Г. Моисеенко «көрінбейтін» алтынды Приамурье кенорнының арсенопириті мен кварцында да анықталған. Мұнда анықталғаны, қыздырған кезде алтынның іріленуі өсіресе микрожарықшақтары бар минералдарда қарқынды жүреді, ал минералдар бетіндегі майда алтын диффузияның жылдамдығы алтынның көлемдік диффузиясы жылдамдығынан 1000 есе асып түседі екен. Авторлар алдымен наноалтыннан оптикалық микроскопта көрінетін алтын түйіршікттерін алған, ал содан кейін жай көзге де көрінетін бағалы металл бөлінген. Осыдан кейін әдістемені жетілдіре отырып, өлшемі 8 см-ден асатын фракталық-кластерлік құрылымды жасанды сомтумалар алады игерген.

«Көрінбейтін алтын» түсінігі майдадисперсиялы алтынды, оптикалық әдістермен анықталмайтын сульфидтердегі коллоид, кластерлік және химиялық байланысқан алтынды қамтиды. Қазіргі кезде анықталғандай, сеппе сульфид рудалардағы алтынның көрінбейтін (нано) формада

булды негізінен ұсак кристалды арсенопиритпен және майда түйірлі пиритпен байланысты.

«Көрінбейтін» және майда дисперсиялы алтын проблемасы мынадай жағдайға байланысты үлкен мәнгө ие болады – көптеген елдерде қоры өте мол септе алтынды руда кенорындары алтын өндірудің негізгі көзі болып табылады. «Көрінбейтін» алтынның сульфидтерде болуы бұл рудаларға қызын байытылатын қасиеттер береді де олардан алтын айырып алууды киыннатады. Сондыктан рудалардағы және жекелеген минералдардағы «көрінбейтін» алтынның тараптуы туралы деректер оларды байытудың ұтымды сұлбасын таңдау үшін және кенорынның генетикалық типін анықтауда үлкен құндылыққа ие.

Академик А.С. Уклонский [10] табиғатта бола алатын және кристалдық құрылымға ие белгілі бір құрамды заттың минимал мөлшерін «протокристалл» деп атауды ұсынып, оны атомдардың немесе молекулалардың кристалданған тобы деп түсінуді айтқан. Қазіргі кезде «протокристалдың» баламасы *кластер* деп аталады. Кластер – химиялық қосылыс, ол атомдар немесе молекулалар арасындағы коваленттік байланыска ие, өлшемдері бойынша атомдар немесе молекулалар мен қатты дене аралығында. Атомдар саны бойынша кластерлер мынадай топтарға бөлінеді: 1) шағын – металл атомдары 12-ге дейін; 2) орташа және үлкен – 150 атомға дейін; 3) алып – 150 атомнан асады. Олардың диаметрі тиісінше 0,55-0,8; 0,8-2 және 2-10 нм болады.

Микроскоп астында зерттеletін алтын бөлшектерінің және алтынның нанобөлшектерінің морфологиясы. Қазақстан, Қырғызстан, Өзбекстан және Солтүстік-Шығыс Ресей алтын кенорындарының наноминералогиясын зерделеу бойынша зерттеу жүргізген авторлар [3, 4] микрометрлік алтынның көп таралған пішіндеріне сфероидтар және дендриттер жатады деген корытындыға келген. Ал [7] болса, наноалтын морфологиясы қебінесе өзінің кластерлік табиғатына байланысты сфероид болып табылады деген корытынды жасаған. Осы авторлар кластерлерде басым рөлді олардың беті атқарады дегенді басып айтқан, ейткені олар негізінен еркін валенттік байланыска ие беткі атомдардан тұрады да олардың реакциялық және жылыстау (миграциялық) қабілетті туыннатады. Кластерлердің үлкен реакциялық қабілетті салдарынан, олардың іріленуі бірігу немесе басқа материалдар бетіне қабаттық опталу (адсорбция) есебінен жүреді. Мұнда ал-

тынның сфероид пішіні бөлшектердің 50-150 мкм шамасындағы өлшеміне дейін сакталады. Алтын-сульфидті рудаларды және эпитетрмалық кенорындар рудаларын электрондық-микроскоптық зерттеулер бойынша алтын негізінен сфероид пішінді болатыны анықталған (700-ден астам фотография жасалған).

Сонымен наноалтынның басты морфологиялық түрлестеріне сфероидтар және екіөлшемді нысандар (қалакшалар, жарғактар, дендриттер) жатады.

Сульфидтерде майда дисперсиялы сеппелік түрінде кең таралған алтынның жұмыр пішіндері жақты пішіндерге бай кристалл көпжактарға жатуы мүмкін екені туралы жорамал бар [6].

Көптеген алтын-сульфидті кенорындарда микроскопта көрінетін алтын бөлшектерін зерттеу көрсеткендей, алтын бөлінімдерінің өлшемі артқан сайын (мм-дің жүздік-ондық бөліктеріне дейін) қебінесе олардың бұрыс, жентек пішіндері кездеседі, сондай-ақ желішік, жарықшак (жарғак, қалакша, қабыршак), имек болып та келеді.

Біздің Новоднепровск алтынрудалы кенорны (Солтүстік Қазақстан) тотығу белдемі рудаларын зерттеу кезінде анықтағанымыздай, өлшемі 10 мкм-ден 300 мкм-ге дейінгі сфероид пішінді алтын түйіршіктері негізінен якобситтен және якобсит-кампилиттен тұратын агрегатына орналасқан. Мұнда олардың арасында бір жағдайларда үш минералдан (жаңа интерметаллид – *новоднеприт*, ол анюйтпен кірікпеде сан жағынан басым болатын алтын кристалдарын цементтейді) және бес минералдан (сомтума корғасын, новоднеприт, анюйт, сомтума алтын, аурикуприд) тұратын мінсіз дөңгелек пішінді моносфероид және полисфероид алтын бөлінеді. Полисфероидтар ірілеу болған сайын (200-300 мкм), олар шар тәрізді пішінін жоғалта береді және сопақ пен тамшы тәрізді пішіндерге жақындаиды. Алтын моносфероидтары өзінің мінсіз дөңгелек пішінімен таңданырады. Микрозонда зерттеу сфероидтар құрамында төрт элемент: Au, Ag, Cu, Pb бар екенін көрсетті. Айта кететіні, моносфероидтардағы металдардың орташа мөлшері: Cu 0,86-2,51 % және Pb 0,01-0,1 %, ал үш минералдан тұратын (алтын, новоднеприт, анюйт) полисфероидтарда – Cu 4,46 % және Pb 0,83 %. Мыс пен корғасын концентрациясы моносфероидтардан полисфероидтарға қарай артады. Ал мұндағы алтын сынамы шамамен бірдей және орташа алғанда 800; Ag 18-20 %. Құрамы бойын-

ша күрделілеу бес минералдан тұратын полисфераидтарда қорғасынның (орташа алғанда Pb 1,90 %) және күмістің (орташа Ag 38,50 %) мөлшері артады. Алтын сынамы төмендейді, оның орташа мәні 596 болады.

ӘДЕБИЕТ

1. Беспаев Х.А., Тимербулатова М.И. и др. Методы определения соединений золота в полиметаллических рудах. В сб.: Химические и физические методы исследований минерального сырья. Алматы, 1989.
2. Беспаев Х.А., В.А. Глоба, Абишев В.М., Гуляева Н.Я. Месторождения золота Казахстана//Справочник. Алматы, 1996. – 112 с.
3. Жаутиков Т.М. Главнейшие геолого-промышленные типы месторождений золота// Доклады АН РК, 1992, №5. С. 47–54.
4. Конеев Р.И. Наноминералогия золота. Санкт-Петербург: DELTA, 2006. С. 23–32.
5. Матвиенко В.Н., Левин В.Л. Морфология и условия образования самородного золота в золотых месторождениях Северного Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1988. № 4. С. 14-24.
6. Моисеенко В.Г. Наногеохимия золота // Труды симпозиума. Владивосток, 2008. С. 6–25.
7. Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 287 с.
8. Палажченко В.И., Моисеенко В.Г. и др. Наноформы золота // Доклады РАН. 2003. Т. 390. № 6. С. 818–821.
9. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973.–348 с.
10. Ужкенов Б.С, Сайдуакасов М.А. Ресурсы металлических полезных ископаемых Казахстана: состояние и перспективы развития / Геонауки в Казахстане. Алматы, 2004. С.18–23.
11. Уклонский А.С. Проблемы минералогии и геохимии. Ташкент: ФАН, 1982. 200 с.