

Ногаева К.А., Раупбеков Ж.Э.

ДЖЕРУЙ КЕН ЖАТАК ЖЕРИНДЕГИ КЕНДИН ЗАТТЫК
КУРАМЫНЫН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

Ногаева К.А., Раупбеков Ж.Э.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУДЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРУЙ

K. Nogaeva, Zh. Raupbekov

FEATURES OF THE SUBSTANTIAL COMPOSITION
OF ORE OF THE JERUI DEPOSIT

УДК: 553.07(575.2)

Джеруй кенинин рудасы алтын-кварц формациясынын аз сульфиддик тибине карай казыла тургандыгы аныкталган, алда канча продуктивдүү минералдык ассоциация кварц-висмутин-тетрамидит-өнөр жай алтынынын негизги массасын бөлүп чыгаруучу алтын кен болуп саналат. Руданы минералдык-химиялык изилдөөдө темир, мышьяк, жез, коргошун, цинктин салттуу сульфиддеринен тышкары күмүш, висмут, теллур, селен, молибден минералдары бар экени аныкталган. Геохимиялык изилдөөлөр алтын менен түз оң байланыш менен тыгыз байланышта болгон элементтерди: кремний диоксиди, висмут, теллурду аныктады, алардын алтын менен корреляция коэффициенттери оң белгиге ээ. Алтын кендин пайдалуу компоненти экендиги аныкталган, күмүш, висмут жана теллур да экинчи даражадагы кызыкчылык болушу мүмкүн. Алтын кварц, талаа шпаты, висмут жана тетрадимит менен өскөн тупку абалында, негизинен жергиликтүү, эркин, кээ бир жерлерде теллурид-калаверит түрүндө кездешет. Алтын ар кандай формадагы (изометрдик, кесек, пластинкалуу, тамчы формасындагы, туура эмес дендриттүү) алтын бүртүкчөлөрүндө жана висмут минералдары менен ассоциацияланган (ички өсүү) түрүндө кездешет. Рудалык кварцта алтындын таралышы салыштырмалуу бирдей, майда таралуулар түрүндө болот. Күмүш минералдары (жергиликтүү күмүш, аргентит, дискразит, полибазит) өтө аз өлчөмдө аныкталган. Висмуттун негизги минералдар түзүлгөн: висмутин, тетрадимит, теллуробизмут жана жергиликтүү висмут. Сурьма негизинен фалорда, жамезонит жан буланжеритте топтолгон. Молибденит табалык формаларга ээ, кээ бир жерлерде катуу деформацияланган жана ийилген. Молибденит кендери кубунчо чынжырчада жайгашат.

Негизги сөздөр: руда, алтын, курама материал, минералдар, окуу, пайдалуу кен.

Установлено, что руда месторождения Джеруй относится к малосульфидному типу золото-кварцевой формации, наиболее продуктивной минеральной ассоциацией является кварц-висмутин-тетрамидит-золоторудная, с которой связано выделение основной массы промышленного золота. Минерало-химическим изучением руды определено, что помимо традиционных сульфидов железа, мышьяка, меди, свинца, и цинка присутствуют минералы серебра, висмута, теллура, селена, молибдена. Геохимическими исследованиями, выявлены элементы, тесно связанные с золотом прямой положительной зависимостью: кремнезем, висмут, теллур, коэффициент корреляции которых с золотом имеет положительный знак. Установлено, что полезным компонентом в руде является золото, попутный интерес могут представлять – серебро, висмут, теллур. Золото находится в самородном состоянии в сростании с кварцем, полевыми шпатами, висмутом и тетрадимитом, в основном самородное, свободное, в отдельных местах обнаружено в виде теллурида-калаверита. Встречается золото в виде золотин различной формы (изометричной,

комковатой, пластинчатой, каплевидной, неправильной дендритовидной) и в ассоциации (сростании) с висмутовыми минералами. Распределение золота в рудном кварце в виде мельчайшей вкрапленности, относительно равномерное. Выявлены минералы серебра (серебро самородное, аргентит, дискразит, полибазит) в очень незначительных количествах. Установлены основные минералы висмута: висмутин, тетрадимит, теллуробизмутит и самородный висмут. Сурьма сконцентрирована, в основном, в блеклой руде, джемсоните и буланжерите. Молибденит имеет таблитчатые выделения, местами интенсивно деформированные и изогнутые. Выделения молибденита нередко располагаются цепочкой.

Ключевые слова: руда, золото, вещественный состав, минералы, исследование, месторождение полезных ископаемых.

It has been established that the ore of the Jeruoy deposit belongs to the low-sulfide type of gold-quartz formation; the most productive mineral association is quartz-bismuthin-tetramidite-gold ore, which is associated with the release of the bulk of industrial gold. Mineral-chemical study of the ore determined that in addition to the traditional sulfides of iron, arsenic, copper, lead, and zinc, there are minerals of silver, bismuth, tellurium, selenium, and molybdenum. Geochemical studies have revealed elements that are closely related to gold by a direct positive relationship: silica, bismuth, tellurium, the correlation coefficient of which with gold has a positive sign. It has been established that gold is a useful component in the ore; silver, bismuth, and tellurium may also be of secondary interest. Gold is in a native state intergrown with quartz, feldspar, bismuth and tetradymite, mostly native, free, in some places found in the form of telluride-calaverite. Gold is found in the form of gold grains of various shapes (isometric, lumpy, lamellar, drop-shaped, irregular dendritic) and in association (intergrowth) with bismuth minerals. The distribution of gold in ore quartz is in the form of tiny disseminations, relatively uniform. Silver minerals (native silver, argentite, dyscrasite, polybasite) have been identified in very small quantities. The main bismuth minerals have been established: bismuthin, tetradymite, tellurobismuthite and native bismuth. Antimony is concentrated mainly in fahlre, jamesonite and boulangierite. Molybdenite has tabular formations, in places intensely deformed and curved. Molybdenite deposits are often arranged in a chain.

Key words: ore, gold, material composition, minerals, study, mineral deposit.

Введение. Золоторудное месторождение Джеруй расположен в Таласской области и по содержанию золота уступает только месторождению Кумтор. Разработка этого месторождения значима, как для экономики, так и социальной политики республики.

Месторождение локализовано в пределах золото-топородуцирующей, длительно развивавшейся вулканно-плутонической купольной структуры (О1- Р), в

узле пересечения субширотной тектонической зоны радиальными, дуговыми, полукольцевыми и кольцевыми разломами. Разломы сопровождаются «роями» даек аплитов, кварцевых порфиров,

Жилы интрузивных диоритов и вмещающих метаморфитов пересекаются с прожилками золотоносного кварца, с зонами дробления и гидротермального изменения пород, к которым относятся: карбонатизация, серитизация, аргиллизация, калишпатизация, прожилковое и метасоматическое (на массу) окварцевание, вплоть до кварц-серицитовых метасоматитов [1-3]. Основной запас золотоносных гидротермальных измененных пород сосредоточен в зонах эндо-экзоконтактов интрузивного массива кварцевых диоритов. Интрузивные кварцевые диориты участвуют в строении куполовидной структуры, внутри которой, к узлам пересечения дуговых и радиальных разломов СЗ, широтной и СВ простираются приурочены конусовидные рудные столбы с золотым оруденением штокверкового типа. Золото концентрируется одновременно в разноориентированных кварцевых прожилках в зонах метасоматического окварцевания с преобладанием жильнопрожилковых систем [4-6]. Оруденение относится к малосульфидному типу золото-кварцевой формации. Окварцевание прожилкового и метасоматического (на массу) типов в кварцевых диоритах и вмещающих породах, с которыми связано оруденение, развивается вдоль субширотной тектонически ослабленной зоны в северном крыле Ичкелетау-Сусамырского разлома. Рудная зона протягивается в субширотном северо-западном направлении.

Цель исследований. Показать присутствие в рудах месторождения Джеруй кроме золота и других ценных металлов, с описанием их минералов.

Методы и принципы исследования. Изучение технологических свойств руды месторождения «Джеруй» проводились с 1975 г. Лабораторные пробы испытывались в Центральной лаборатории Госгеоагентства при ПКР, Российском институте ОАО ИРГИРЕДМЕТ, в Российском институте ЦНИГРИ, Российском институте ООО НИИПИ ТОМС, американских компаниях [7].

В 2015 г. были проведены научно-исследовательские работы, которые базировались на ранее выполненных исследованиях, обобщали их, однако были ориентированы на применение последних мировых достижений и тенденций в области технологии переработки золотосодержащих руд. Исследования включали:

- определение вещественного состава (химический, минералогический);
- геохимические исследования [8].

Обсуждение результатов исследований руды месторождения Джеруй. Вещественный состав руд. Вещественный состав руд месторождения «Джеруй» изучался на большом количестве проб и охватывает практически все горизонты месторожде-

ния (верхние, средние и нижние), а также его центральную часть и фланги.

Рудные тела на месторождении формировались в 2 этапа: пневмогидротермальный и гидротермальный. Основная масса промышленного золота, связанная с кварц-висмутин-тетрадимит – золоторудной стадией, отложилась в гидротермальный этап. Преобладающее количество минералов продуктивной стадии приурочено к средним и, в меньшей степени, к верхним горизонтам месторождения.

Формирование рудных тел происходило неоднократно с пульсационной подачей минерализующих растворов, температура которых каждый раз варьировалась от 450-500° до 50-60°С. Рудные штокверки сопровождаются эндогенными геохимическими ореолами рассеяния золота (0,01-1,0 г/т), серебра (0,1-10,0 г/т), висмута, молибдена, вольфрама и др.

В образовании руд принимали участие разновозрастные минеральные ассоциации. Наиболее продуктивной из них является кварц-висмутин-тетрадимит-золоторудная, с которой связано выделение основной массы промышленного золота. Основным жильным минералом руд является кварц, в подчиненных количествах – карбонат и алюмосиликаты. Продуктивная кварц-висмут-золоторудная ассоциация преобладает на средних и, менее, верхних горизонтах месторождения, сменяясь выше сульфидно-сульфосольной ассоциацией, а на нижних горизонтах – ранней ассоциацией с преобладанием шеелита и молибденита [9,10].

Висмут присутствует в основном в виде висмутина, реже тетрадимита, беегерита и незначительное количество виттихенита. Висмут встречается связанным с жильной глиной разломов.

Содержание висмута пропорционально содержанию золота. Значение соотношений содержания висмута к золоту, примерно в среднем составляет около 20. Висмут присутствует в руде на всех участках месторождения, его содержание колеблется в пределах 0,021-0,053%. Содержание теллура и селена ниже содержания висмута (0,0001-0,001%) Их содержание в руде также пропорционально содержанию золота.

Согласно результатам геохимических исследований, [8] установлены группы элементов, имеющих геохимическую связь с золотом. На основании корреляционного анализа определено, что исследованные элементы можно разделить на три группы:

1. Первую группу элементов составляют: кремнезем, висмут, теллур. Эти элементы связаны с золотом прямой положительной зависимостью. Коэффициент корреляции этих элементов с золотом имеет положительный знак и лежит в пределах 0,6 -0,9 о.е.
2. Вторую группу составляют элементы, тесно связанные с золотом прямой отрицательной зависимостью. В эту группу входит глинозем.
3. В ходе определения геохимических ореолов

было установлено, что элементы: железо, вольфрам и молибден имеют отрицательную корреляцию с золото-кварцевой формацией. Между содержаниями золота и серебра нет четкой корреляции, однако выявлена некоторая зависимость в распределении этих элементов.

По результатам научно-исследовательских работ на месторождении выявлен один монометалльный промышленный тип руды - кварц-золоторудный. По содержанию сульфидов, суммарное количество которых не превышает 1%, (в том числе пирита не более 0,45%), руду месторождения Джеруй следует отнести к убого сульфидному.

К рудным минералам данного месторождения

относятся: золото самородное, пирит, висмутин, тетрадимит, халькопирит, блеклая руда, арсенопирит, буланжерит, джемсонит, галенит, сфалерит, пирротин, клейофан, бурнонит, висмут самородный, теллу-ровисмутит. Содержание рудных минералов 1-3%.

Нерудные минералы, составляют основную часть месторождения. К ним относятся: кварц (21-77%), полевые шпаты (8,5-51%), и сравнительно в меньших количествах - амфиболы, пироксены, серициты, глинистые и слюдяные минералы, карбонаты.

Химический и минералогический составы руд представлены в таблицах 1,2.

Таблица 1

Результаты химического состава руды

Химические элементы	Проба №1, содержание, %	Проба №2, содержание, %
Золото, г/т	3,5	сред. 6,51
Оксид кремния	67,2	63,2
Оксид железа	1,1	2,23
Закись железа	3,3	2,8
Оксид титана	0,62	0,5
Оксид марганца	0,07	< 0,01
Оксид алюминия	11,2	8,7
Оксид кальция	4,5	4,5
Оксид магния	2,8	2,7
Оксид калия	3,4	3,1
Оксид натрия	1,4	0,8
Оксид фосфора	0,16	0,14
Оксид серы	0,12	0,70
Железо общее	4,13	4,4

Таблица 2

Результаты минерального состава руды месторождения Джеруй

№ пп	Минералы	кварцевый, содержание %	околожильный, содержание%
1.	Кварц	77,4	21
2.	Полевой шпат	8,5	51,0
3.	Карбонаты	6,5	9,8
4.	Рудные минералы (пирит, арсенопирит, галенит, и др.)	2,5	2,3
5.	Биотит, амфибол, хлорит, серицит	1,3	4,1

Основной полезный компонент в руде – это золото. Также представляют интерес следующие элементы: серебро с содержанием 1 г/т, висмут -0,015%, теллур - 0,0016%. В руде отсутствуют вредные примеси. Содержание мышьяка колеблется от 0,055 до 0,091%; свинца - до 0,35%, цинка - до 0,13%.

Золото встречается в сростках с кварцем (до 84%), полевым шпатом, висмутом и тетрадимитом. Однако обнаружены хлопья теллуристого золота и креннерита, но очень редко. В основном, золото – самородное, свободное, в некоторых местах встречается в виде теллурида-калаверита.

В зависимости от того с каким минералом связано золото, оно имеет различный цвет: ярко-желтое и более светлое. Ярко-желтый цвет имеет золото, обнаруженное в местах контакта кварца с висмутином, тетрадимитом

Внутри минералов золото-висмутин-кварцевой

ассоциации, выявлено более светлое золото в виде включений с мелкими размерами золотин (0,001-0,008 мм), различной формы (причудливая, вытянутая) и с неровными контурами.

Большая часть золота находится в кварце в виде золотин различной формы: изометричной, комковатой, пластинчатой, каплевидной, дендритовидной и в сростках с минералами висмута. С минералами висмута связано около 24% золота.

Золотины имеют различную размерность от 0,001 до 0,5 мм, причем 80% золота мелкое, с размером золотин менее 0,01мм и 3% золота имеют размерность от 0,1 до 0,5 мм. Золото в кварце тонковкраплено, распределено равномерно, поэтому содержание золота различное. В сильно окварцованных участках рудных тел содержится 6-35 г/т золота, в слабо окварцованных участках содержание золота снижается до 1-4 г/т.

Серебро на месторождении встречается в виде минеральных форм: серебро самородное, аргентит, дискразит, полибазит и др. Большая часть минеральных форм серебра выделялась в позднюю рудную стадию, в сростании с сульфидами и сульфосолями. В верхних горизонтах соотношение серебра и золота составляет 5:1. В нижних горизонтах количество серебра уменьшается с глубиной и соотношение составляет 1:6. на глубоких горизонтах.

Висмут встречается на месторождении большей частью в виде минералов висмутита и тетрадимита, однако были обнаружены минералы теллуrowисмутит, самородный висмут и очень редко бисмутит. Висмут в рудах распределен неравномерно, закономерностей в его распределении не выявлено, однако наблюдается прямая зависимость между содержанием висмута и золота. Содержание висмута в руде колеблется от 0,007% до 0,048 %. Основной минерал висмута – висмутин встречается на месторождении в виде длиннопризматических игольчатых кристаллов или в виде выделений неправильной формы. Были замечены субграфические сростания золота с висмутином. Висмутин с тетрадимитом находится в тесном сростании, иногда замещает его. Наряду с висмутином, тетрадимит является распространенным минералом на месторождении. Он образует очень мелкие вкрапления с размером в сотые доли миллиметра, редко вкрапления достигают размерности до 0,1-0,7 мм. Были выявлены скопления гнездовидной формы и в таких скоплениях тетрадимит имеет листоватое строение. Тетрадимит встречается в сростании с золотом, висмутином и блеклой рудой, причем с висмутином часто образует взаимопрососшие агрегаты.

Вторичным минералом висмута является бисмутит, который присутствует лишь вблизи разломов, где сульфиды частично окислены.

Заключение. В результате геологических исследований золотосодержащего месторождения Джеруй выявлено, что оруденение относится к малосульфидному типу золотокварцевой формации. Окварцевание прожилкового и метасоматического типов в кварцевых диоритах и вмещающих породах, с которыми связано оруденение которое развивается вдоль субширотной тектонически ослабленной зоны в северном крыле Ичкелетау-Сусамырского разлома. В образовании руд принимали участие разновозрастные минеральные ассоциации. Наиболее продуктивной кварц-висмутин-тетрадимит-золоторудная, с которой связано выделение основной массы промышленного золота.

В ходе минерало-химического изучения руды месторождения Джеруй установлено, что помимо тра-

диционных сульфидов железа, мышьяка, меди, свинца, и цинка присутствуют минералы серебра, висмута, теллура, селена, молибдена. По результатам геохимических исследований, определены комплексы элементов, имеющих геохимическую связь с золотом. Элементы: кремнезем, висмут, теллур имеют с золотом положительный коэффициент корреляции. Промышленную ценность имеет золото, однако второстепенные элементы тоже могут представлять интерес, особенно такие, как серебро с содержанием около 1 г/т, висмут - 0,015%, теллур - 0,0017%. Золото, в основном, самородное в сростках с кварцем (до 84%), полевым шпатом, висмутом и тетрадимитом, в некоторых местах встречается в виде теллурида-калаверита.

Из всего сказанного следует, что помимо золота и серебра, большой интерес вызывают минералы висмута, теллура. Как известно, висмут широко используется в медицине, теллур применяется в производстве сплавов свинца, в стекольном производстве и др.

Литература:

1. Моисеенко В.Г. Золоторудное месторождение Востока Азии. / В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. - Владивосток: Дальнаука, 1996. - 353 с.
2. Интрузивные серии Северного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья, их рудоносность и происхождение / Э.П. Изох [и др.]. - М.: Наука, 1967. - 384 с.
3. Диденко Ю.Ф. Малышев, Б.Г. Саксин. Глубинное строение и металлогения Восточной Азии. - Владивосток: Дальнаука. - 2010. - 332 с.
4. Юшманов Ю.П. Закономерности размещения золотого оруденения на Нижнем Амуре / Ю.П. Юшманов. // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом Алейхема. - 2012. - №2 (11). - С. 93-99.
5. Goryachev N.A. Late Mesozoic granitoid magmalism and related gold and tin mineralization of Norlh-Easl Asia / N.A. Goryachev, V.I. Goncharov // Resource Geology Special Issue, Tokyo. - 1995. - no 18. - P. 111-122.
6. Лотина А.А. Золото-висмут-теллуrowая минерализация участка Болотистого (Северо-Западный Сихотэ-Алинь). / А.А. Лотина // Тихоокеанская геология. - 2011. - Т 30. - №1. - С. 97-107.
7. Отчет о исследовании технологических свойств руд месторождения «Джеруй». ООО «Алмазинтех-консультации и инжиниринг» 2015.
8. Отчет О детальной разведке (2-я очередь) глубоких горизонтов золоторудного месторождения «Джеруй» ОАО «Иргиредмет» за 1984 г.
9. Гамянин Г.Н. Золото-редко металльные месторождения Северо-Востока России. / Г.Н. Гамянин, В. И. Гончаров, Н.А. Горячев. // Тихоокеанская геология. - 1998. - Т.17. - №3. - С. 94-103.
10. Доброшевский К.Н. Вещественный состав и геохимические особенности руд Малиновского золоторудного месторождения (Приморский край, Россия) [и др.]. // Тихоокеанская геология. - 2017. - Т.36. - №5. - С. 59-74.