

И.В. Кузнецова¹, В.А. Степанов²

ПРИМЕСИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГАЛЕНИТЕ ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РОССЫПЕЙ ПРИАМУРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Охарактеризованы некоторые особенности химического состава галенита, отобранного из золоторудных (Пионер), золотополиметаллических (Березитовое) и полиметаллических (Чагойанское) месторождений и россыпи золота (руч. Весёлый Нижнеселемджинского рудно-россыпного узла), расположенных в Приамурской золоторудной провинции. Установлены содержания золота и других элементов-примесей в галенитах вышеперечисленных месторождений. Для рассмотренных месторождений, относящихся к различным формациям, выявлена тенденция увеличения содержания золота в галенитах в ряду от собственных полиметаллических месторождений к золотополиметаллическим и золоторудным. Это позволяет по находкам золото- и серебросодержащего галенита делювиальных или аллювиальных отложений судить о типе коренного источника на ранних стадиях изучения региона. На примере россыпи руч. Весёлого показано увеличение золотосеребряного отношения в галените в зоне гипергенеза. Установлено, что в результате экзогенных процессов изменяются структуры и состав минералов.

Ключевые слова: галенит; золото; рудные и россыпные месторождения; гипергенез.

The authors characterize certain features of chemical composition of the galena sampled from the gold deposits (Pioneer), gold-polymetallic deposits (Berezitivoye), polymetallic deposits (Chagoyanskoye) and a gold placer (the Vesely stream in Nizhneselemdzhinsky ore-placer zone), located in Trans-Amur gold province. The contents of gold and other admixtures in the galena of the above deposits are defined. The deposits are found to have the tendency towards the increase in the gold content of galena in the raw from proper polymetallic deposits to gold-polymetallic and gold. The occurrences of gold-bearing and silver-bearing galena in alluvial and deluvial deposits enables one to determine the type of the original source at the early stages of region exploration. Using the placer deposit of the Vesely stream as an example, the authors show that the gold-silver ration in galena increases in the zone of hypergenesis. They also prove that exogenous processes cause structural and compositional changes in minerals.

Key words: galena; gold; ore and placer deposits; hypergenesis.

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН
(675000, г. Благовещенск, пер. Речный, 1);
e-mail: kuzia67@mail.ru

² Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
(683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, а/я 56);
e-mail: vitstepanov@yandex.ru

Рецензент – Г.Н. Пилипенко

Галенит является основным минералом полиметаллических месторождений и важнейшим промышленным минералом свинца. Кроме того, он входит в состав наиболее распространенных сопутствующих минералов золоторудных месторождений наряду с пиритом, сфалеритом, халькопиритом и арсенопиритом [9]. Содержание галенита на золоторудных месторождениях Приамурья в общей массе невелико, но в продуктивной стадии минерализации он всегда фиксируется. Наблюдается тесная временная и генетическая связь образования галенита и золота – отложение золота в трещинах спайности галенита, обрастание золотом кристаллов галенита, а также высокие содержания свинца в самородном золоте, например, на Токурском золоторудном месторождении [6]. Не только галенит, но нередко и самородный свинец образуются в продуктивную стадию на золоторудных месторождениях. Металлический свинец с золотом обнаружен не

только в рудах месторождений, но и в кимберлитах трубки Мир [8].

В галенитах часто отмечаются высокие содержания серебра, кроме того, он нередко содержит повышенные концентрации других элементов-примесей: Cu, As, Fe, Zn, Cd, Sb, Bi, Sn, Mo [1]. Но сведения о золотоносности галенитов скудны и разрознены [7, 12, 13]. Чтобы восполнить этот пробел, нами изучен состав галенитов ряда месторождений Приамурской золоторудной провинции [11].

Объекты исследования

Авторами представлены результаты исследования особенностей химического состава галенита, отобранного из ряда месторождений Приамурской золоторудной провинции: золоторудного (Пионер), золотополиметаллического (Березитовое), золотосодержащего полиметаллического (Чагоянское), а также из элювиально-делювиальной россыпи золота по руч. Весёлый (Нижнеселемджинский рудно-россыпной узел).

Золоторудное месторождение Пионер выявлено в северной части Тыгда-Улунгинского рудного узла, в краевой части Ольгинского гранитного массива. Рудные тела имеют форму линейных штоков с золото кварц-карбонатными и золото кварцевыми жилами и прожилками. Рудные минералы представлены самородным золотом, реже блеклыми рудами, халькопиритом, борнитом, галенитом и сульфосолями свинца [14]. Месторождение Пионер относится к золото кварцевой формации.

Золотополиметаллическое месторождение Березитовое расположено на западном фланге Приамурской золоторудной провинции, в юго-восточной части Могочинского выступа Алдано-Станового геоблока. Рудные тела представлены кварц-серицитовыми метасоматитами с наложенным золотополиметаллическим оруденением. В плане они имеют дайкообразную и неправильную линзообразную форму с преимущественным северо-западным простиранием и крутым (75–85°) падением в западных румбах. Мощность рудных тел достигает 100–160 м, протяженность – до 1000 м [4]. В золотосодержащих рудах выделены золотополиметаллический и собственно золотой минеральные комплексы. Наряду с золотом, пиритом и пирротинном, основными рудными минералами месторождения являются сфалерит и галенит, обладающие промышленной ценностью [3, 4].

Полиметаллическое месторождение Чагоянское приурочено к одноимённому рудному узлу

Приамурской провинции. В структурном отношении узел относится к фрагменту Норско-Сухотинского прогиба Буреинского массива. Месторождение представлено залежами полиметаллических руд, присутствующими среди карбонатно-терригенных отложений нижнего палеозоя, и отнесено к стратиформному типу в карбонатных толщах (миргалимсайский тип). Главные рудные минералы: сфалерит и галенит; второстепенные: пирит, пирротин, халькопирит [3, 5].

К востоку от Чагоянского месторождения, в этой же металлогенической зоне, расположен Нижнеселемджинский золотоносный узел. В нём наряду с широко распространёнными россыпями золота отмечены рудопроявления свинца и золота. Россыпи золота Нижнеселемджинского рудно-россыпного узла отличаются большим числом минералов, концентрирующихся в шлихе. В основном минералы железа (ильменит, мартит, гематит, магнетит) и свинца (галенит, англезит, самородный свинец). О близости коренных источников свидетельствует наличие в шлихах сульфидов, обычно не транспортирующихся на большие расстояния (галенит, пирит, киноварь и др.). Особенно богата галенитом россыпь руч. Весёлого.

Методика исследований

Для исследований использованы монофракции галенитов, отобранные под биноклем из руд и шлиховых концентратов перечисленных объектов (аналитик Л.И. Козак, ИГиП ДВО РАН). Изучение состава монофракций галенита проводилось количественным эмиссионным спектральным, атомно-абсорбционным и локальным рентгеноспектральным анализами. Содержание микроэлементов, а также золота и серебра в монофракциях галенита определены на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Hitachi», модель 180-50. Изучение микроструктуры и состава поверхностного слоя кристаллов галенита проводились на аналитическом сканирующем микроскопе ZEISS EVO-50XVP, оснащённом энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (ЭДРС) INCA Energy-350 (аналитик П.П. Сафронов, ДВГИ ДВО РАН).

Результаты изучения

Данные атомно-абсорбционного метода по определению содержания элементов-примесей в галенитах изученных месторождений Приамурья приведены в табл. 1. В галенитах месторождения

Таблица 1

Содержание элементов-примесей в галенитах месторождений Приамурья

Месторождение	г/т							Σ %
	PbS	Au	Ag	Zn	Sb	Fe	Hg	
Пионер	99,11	120	410	1000	4500	100	–	99,72
Березитовое	98,87	67	500	2000	1900	1700	–	99,49
Чагоянское	91,89	45	2100	5000	100	67000	–	99,31
Весёлый – I	94,22	70	200	30000	1500	10000	–	99,4
Весёлый – II	99,12	10	1,3	5	4500	720	30	99,64

Примечание. Прочерк – не обнаружено; аналитики: С.М. Радомский, Н.А. Бородина, ИГИП ДВО РАН.

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в галените и самородном свинце техногенной россыпи руч. Весёлый

Минерал	%		г/т										
	Pb	S	Au	Ag	Fe	Hg	Cu	Ni	Mn	Zn	Co	Cr	Cd
Свинец самородный	99,72	–	140	50	1500	300	850	87	52	52	10	10	1,3
Галенит	86,52	13,39	10	1,3	720	30	50	1,3	60	5	1,3	1,3	1,3

Примечание. Аналитик Н.А. Бородина, ИГИП ДВО РАН.

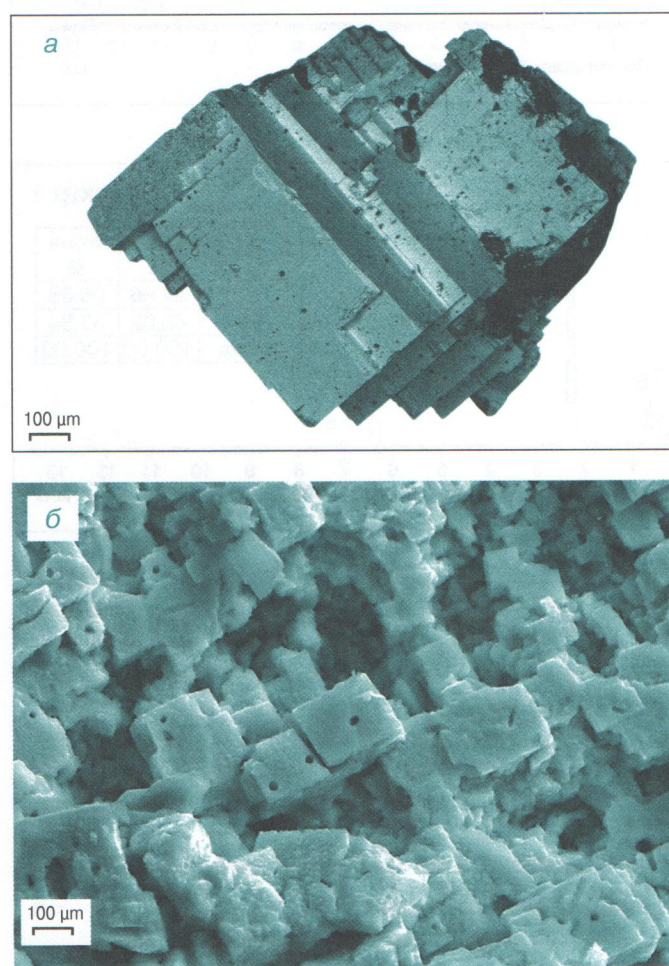


Рис. 1. Характерные формы выделений галенита Березитового месторождения:

а – общий вид; б – микроструктура поверхности

Пионер установлено содержание золота 120 г/т и серебра – 410 г/т, а также сурьмы (0,45%), цинка (0,1%) и железа (0,01%). Золотосеребряное отношение 0,29. Выявленный количественным спектральным и атомно-абсорбционным анализами широкий спектр элементов-примесей в галените (Sb, Ag, Au, Fe, Zn, Hg, Ni, Cu, Mn, Co, Cr, Cd) охватывает все формы нахождения примесей. Трудности в обнаружении примесных элементов в минералах, в особенности золота, во многом обусловлены низким его содержанием и ограниченными в связи с этим техническими возможностями изучения. Видимое золото растровым электронным микроскопом в минералах не обнаружено, так как данная марка микроскопа позволяет обнаружить только содержания золота в минералах более 0,1% или частицы самородного золота размером более 40 нм. В то же время наличие благородного металла в составе галенитов, подтвержденное данными атомно-абсорбционного анализа, позволяет предположить наличие тонкодисперсного (менее 40 нм) золота или вхождение его в кристаллическую решетку галенита.

Состав кристаллов галенитов Березитового месторождения меняется в зависимости от условий образования минерала. Так, крупные кристаллические выделения галенита (рис. 1) содержат небольшое число включенных в них или сросшихся с ними других минералов. При образовании таких галенитов флюидами с высоким содержанием серы в процессе роста кристалла

происходит параллельное отложение других мелких выделений сульфидов (пирита, сфалерита) внутри либо на поверхности кристаллов галенита (рис. 2, спектр 0-2).

В растворах с высоким потенциалом кислорода на последних стадиях рудообразующего процесса этого гидротермального месторождения наблюдается эндогенное окисление галенита до англезита (рис. 3 а, б) и образование новых микровключений оксидов, например, магнетита (рис. 3 б, спектр 3). Окисление галенита с образованием англезита постоянно наблюдается в зоне гипергенеза, но нередко англезит образуется и в гидротермальных условиях [1], что наблюдается на месторождении Березитовое.

Атомно-абсорбционным методом в галенитах Березитового месторождения установлено содержание золота 70 и серебра – 500 г/т, кроме того, зафиксированы высокие количества цинка (0,2%), сурьмы (0,19%) и железа (0,17%) (табл. 1). Золотосеребряное отношение 0,14.

Чагоянское свинцово-цинковое месторождение также характеризуется наличием в составе галенита серебра (2100 г/т), золота (45 г/т) и сурьмы (100 г/т), кроме того, повышенным содержанием железа (6,7%) и цинка (0,5%). Золотосеребряное отношение 0,02.

Определенная особенность выявлена при изучении галенитов из россыпи руч. Весёлого Нижнеселемджинского золоторудного узла. При отработке россыпи золота руч. Весёлого в 1996 г. был отобран и изучен шлиховой концентрат (Весёлый I). В 2009 г. россыпь руч. Весёлого, теперь уже техногенная, обрабатывалась повторно. У авторов появилась возможность отобрать шлик Весёлый II и изучить изменения, которые произошли в составе этих шлихов и присутствующих в них галенитов и самородного свинца. Состав концентрата Весёлый I первичной россыпи следующий: галенит 24, ильменит 30, монацит 10, пирит 1,26 % и мелкое самородное золото (3 г/т). Наличие в шлихе большого количества неокисленного галенита свидетельствует о близком коренном источнике сульфидной минерализации. По данным атомно-абсорбционного анализа в этом галените (Весёлый I, табл. 1) содержится Au 70, Ag 200 г/т, золотосеребряное отношение 0,35. По этому показателю галенит первичной россыпи руч. Весёлого ближе к галенитам золоторудных и золотополиметаллических месторождений, чем собственно полиметаллических.

Выявлено отличие минерального состава концентрата техногенной россыпи Весёлый II –

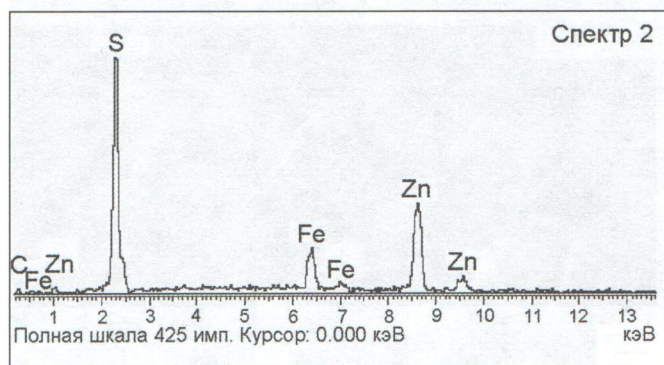
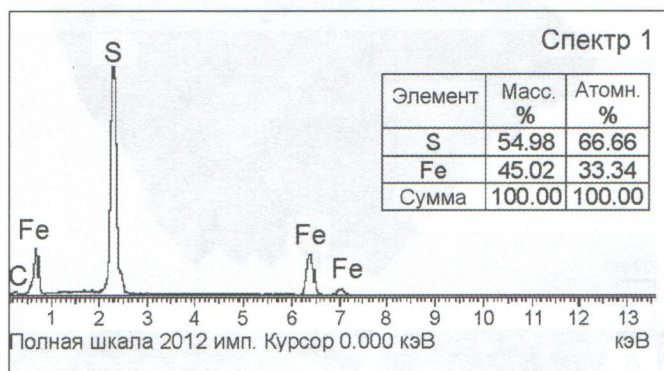
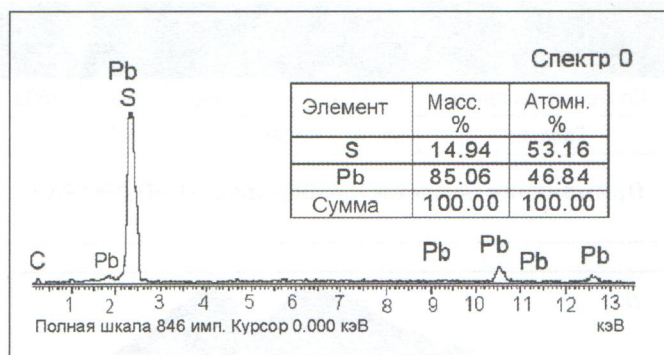
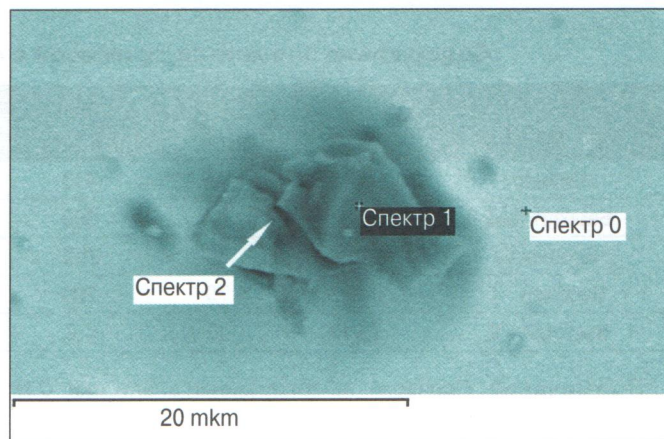


Рис. 2. На поверхности галенита (спектр 0) включения сростка кристаллов пирита (спектр 1) и сфалерита со значительной долей Fe (спектр 2) (Березитовое месторождение), ПЭМ

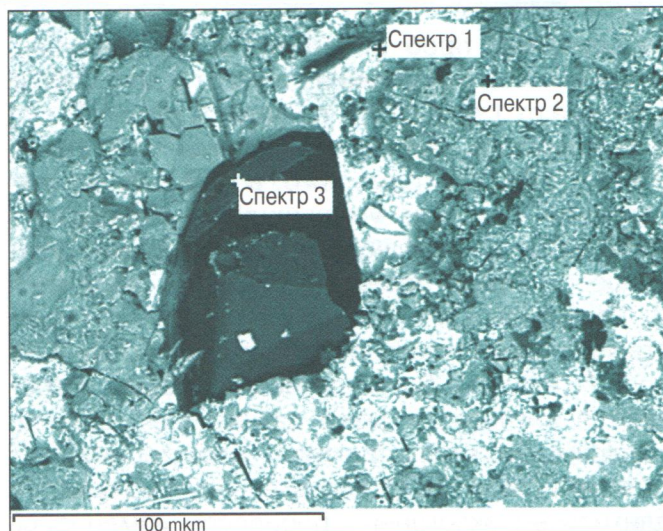
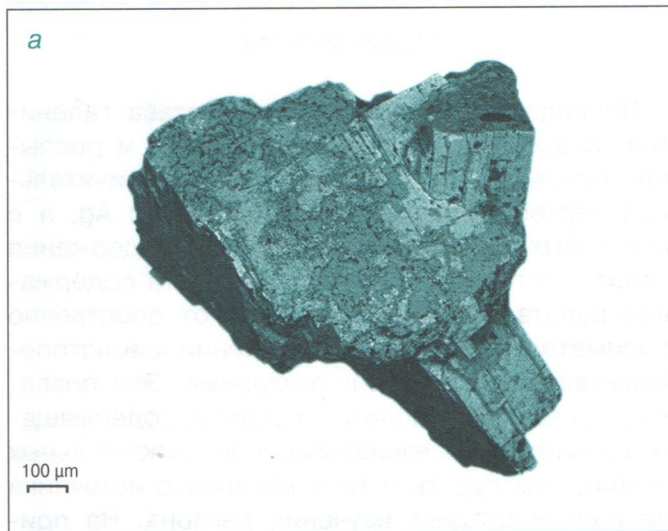


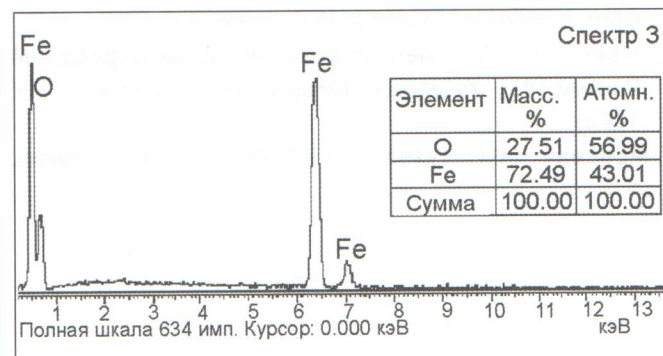
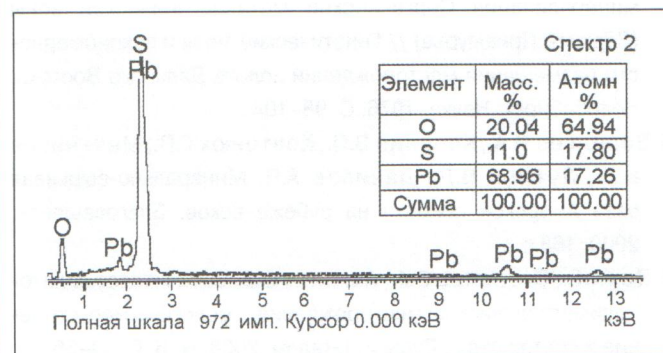
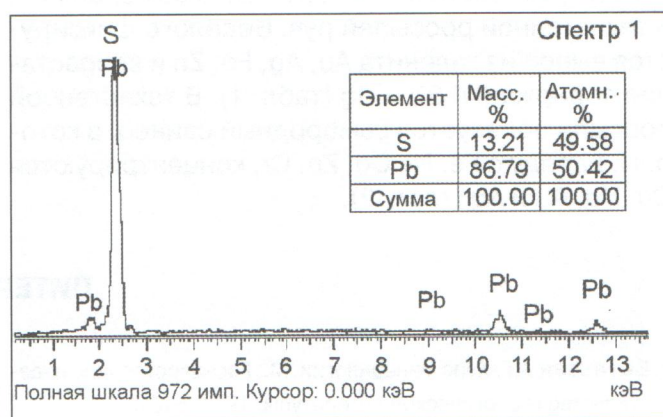
Рис. 3. Кристаллы галенита месторождения Березитовое (светлое), замещаемого англезитом (светло-серое) (а); поверхность галенита (спектр 1), замещаемого англезитом (спектр 2) и включения магнетита (спектр 3) (б) ПЭМ

ильменит 42, металлический Pb и оксиды свинца 22, монацит 9, галенит 4,5 % и самородное золото (аналитик Е.Н. Воропаева, ИГиП ДВО РАН). Самородный свинец образует выделения различной формы, содержания в нём золота (140 г/т), серебра (50 г/т), ртути (300 г/т) и других примесей указывают на то, что он является продуктом восстановления галенита (табл. 2). Кристаллы галенита угловато-окатанной формы, сильно окисленные. Содержание золота в галените 10, серебра – 1,3, ртути – 30 г/т (Весёлый II, табл. 1). Золотосеребряное отношение 7,7. Таким образом, при нахождении в зоне гипергенеза в галените возрастает золотосеребряное отношение, по-видимому, за счёт выноса части серебра.

Обсуждение результатов

Для рассмотренных выше месторождений, относящихся к различным рудно-формационным типам, золотосеребряное отношение в галените уменьшается в ряду: золотокварцевая (месторождение Пионер) 0,29; золотополиметаллическая (месторождение Березитовое) 0,14; полиметаллическая (месторождение Чагоянское) 0,02 формации.

Под длительным воздействием экзогенных процессов в первичной и техногенной россыпях руч. Весёлого состав примесей в галените



из шлиховых проб Весёлый I и II изменился. Уменьшились содержания цинка от 3 до 0,0005% и железа от 1 до 0,072%, появилась ртуть (30 г/т) и увеличилось количество сурьмы от 0,15 до 0,45% (табл. 2). Кроме того, в галените из техногенной россыпи уменьшилось содержание серебра за счёт выноса его растворами. Этот процесс широко известен, ранее он отмечался П. Рамдором [10]. Поэтому в галенитах существенно увеличилось отношение Au/Ag от 0,35 до 7,7 (табл. 1). В техногенной россыпи встречаются англезит и реже самородный свинец, содержащий микропримеси, характерные для галенита (табл. 2). Следовательно, в результате длительных экзогенных процессов изменились количество и состав минералов свинца.

При сравнении галенитов из шлихов первичной и техногенной россыпей руч. Весёлого фиксируется вынос из галенита Au, Ag, Fe, Zn и возрастание содержаний Sb и Hg (табл. 1). В техногенной россыпи образуется самородный свинец, в котором, наряду с Fe, Ni, Co, Zn, Cr, концентрируются Cu, Hg, Au и Ag (табл. 2).

Заключение

Проведенные исследования состава галенитов из золоторудных месторождений и россыпей Приамурья показывают, что их отличительной чертой являются сопоставимые с Ag, а в некоторых случаях и более высокие, содержания золота. Установлена тенденция роста содержания золота в галенитах в ряду от собственно полиметаллических месторождений к золотополиметаллическим и золоторудным. Это позволяет по находкам золото- и серебросодержащего галенита в делювиальных или аллювиальных отложениях судить о типе коренного источника на ранних стадиях изучения региона. На примере первичной и техногенной россыпей руч. Весёлого показано увеличение золотосеребряного отношения в галените в зоне гипергенеза. Кроме того, полученные данные имеют значение для добычи и переработки золотоносных концентратов россыпных месторождений, поскольку вводит в круг потенциальных источников золота ранее не учитываемые минералы свинца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Государственное издательство геологической литературы, 1951. 542 с.
2. Васильев И.А., Старк А.Г., Степанов В.А. Золотая минерализация Сергачинской металлогенической зоны (Верхнее Приамурье) // Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1976. С. 98–104.
3. Васильев И.А., Капанин В.П., Ковтонюк Г.П., Мельников В.Д., Лужнов В.Л., Данилов А.П. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. Благовещенск, 2000. 168 с.
4. Вах А.С., Степанов В.А., Авгенко О.В. Березитовое золотополиметаллическое месторождение: геологическое строение и состав руд // Руды и металлы. 2008. № 6. С. 44–55.
5. Мельников А.В. Чагоянский рудный узел Верхнего Приамурья // Закономерности строения и эволюции геосфер. Хабаровск: Магеллан, 1997. С. 235–237.
6. Моисеенко В.Г. Метаморфизм золота месторождений Приамурья // Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1965. 126 с.
7. Моисеенко В.Г., Кузнецова И.В. Роль наночастиц золота, серебра и свинца в образовании месторождений благородных металлов // Докл. РАН. 2010. Т. 430. № 3. С. 377–381.
8. Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М.: Наука, 1991. 302 с.
9. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.
10. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 1132 с.
11. Степанов В.А. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 2: Золото и ртуть Приамурской провинции. Владивосток: Дальнаука, 2000. 161 с.
12. Степанов В.А. Зональность золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы. Владивосток: Дальнаука, 2001. 68 с.
13. Таусон В.Л., Смагунов Н.В., Акимов В.В., Датков В.А. Механизмы и формы вхождения золота в кристаллы сульфидов кадмия, свинца и железа // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 8. С. 784–793.
14. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Геологическая позиция благороднометалльных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25. № 3. С. 53–65.