

УДК 55(47+57):553.3/.4

**ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТО-СОДЕРЖАЩИХ СКАРНОВЫХ ОБЪЕКТОВ  
ГОРНОГО АЛТАЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

В статье приведены данные по типизации золото-содержащих скарнов Горного Алтая с привлечением соотношений в рудах золота, меди, серебра. По анализируемым объектам охарактеризованы температуры кристаллизации минералов в скарнах, пневматолито-гидротермальных наложенных ассоциациях и продуктивных гидротермальных агрегатах, составе флюидных включений, соотношениям изотопов серы в сульфидах рудных тел. Выделены монометалльные и комплексные («бипродукты»). Последние представляют наибольшую ценность и перспективу, так как помимо золота из руд таких месторождений возможно извлекать серебро, медь, висмут, селен, теллур, олово, вольфрам, молибден, редкие земли.

**Ключевые слова:** скарны, типы скарнов, минеральный состав, золото, медь, серебро, изотопы серы, состав флюидных включений

**TYPEZATION OF GOLD-BEARING SKARNS OBJECTS OF MOUNTAIN ALTAI****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, c. Biisk, anzerg@mail.ru*

Data on typization of gold-bearing skarns of Mountain Altai with attracting ratio in ores of gold, copper, silver lead in paper. The temperature of crystallization of minerals in skarns, pneumatolyto-hydrothermal collective associations and productive hydrothermal aggregates, composition fluid inclusions, ratio of isotopes sulfur characterized on analyzed objects. Monometals and complex ("byproduct") deposits detached. Last there are more valuable and perspective so their besides gold as from ores of these deposits can extract silver, copper, bismuth, selenium, tellurium, tin, tungsten, molibdenum, rare earth elements.

**Keywords:** skarns, type of skarns, mineral composition, gold, copper, silver, isotopes of sulfur, composition of fluid includes

Золоторудные скарновые месторождения имеют средние запасы золота 213 т (из 40 месторождений мира) и средние концентрации золота 8,6 г/т и серебра 5 г/т. Для комплексных скарновых месторождений средние запасы составляют 330 т золота (из 50 месторождений мира) со средними концентрациями золота 3,7 г/т и серебра 37 г/т [10]

В Горном Алтае встречаются разнообразные скарновые месторождения и проявления, содержащие в тех или иных количествах золото. Обычно они описываются на чисто субъективных оценках без использования объективных критериев их типизации. Даже для наиболее изученного золото-медно-скарнового Синюхинского месторождения существуют различные точки зрения по его типизации. Одни исследователи считают его золото-скарновым, другие – золото-медно-скарновым, третьи медно-скарновым с наложенным золотом. Аналогичные разночтения имеются и для других золото-содержащих скарновых объектов региона. Такая неоднозначность типизации скарновых месторождений с золотом весьма актуальна. Установлено, что в рудах скарновых месторождений Горного Алтая постоянно присутствуют медь, золото, серебро и ряд других компонентов (висмут, олово, молибден, вольфрам). Об-

ективная оценка, вероятно, может быть сделана на основе соотношений основных рудообразующих компонентов в рудах: золота, меди, серебра. Целью исследования является осуществление типизации скарновых месторождений золота Горного Алтая с использованием соотношений основных рудообразующих компонентов в рудах и привлечения других геохимических данных. Это позволит на различных стадиях геолого-разведочных работ и, особенно, на этапе технологической оценки руд учесть основные и сопутствующие компоненты в рудах и выявить монометалльные золоторудные скарновые месторождения и комплексные золото-содержащие объекты.

**Результаты исследований.** Золото-содержащие скарновые месторождения и проявления Горного Алтая насчитывают более 200 объектов. Изучены они с различной степенью детальности и в большинстве случаев содержат информацию более чем 50-летней давности, что осложняет проведение объективной их оценки. Первичная информация по содержаниям полезных компонентов в рудах золото-содержащих скарнов собрана в публикациях [1-6].

На диаграмме соотношений Cu/Ag – Cu/Au в рудах золото-содержащих скарнов изученные объекты попадают в разные

поля и дают широкий разброс по всей диаграмме (рис. 1).

Скарново-железорудное Майское месторождение с содержаниями золота от 1 до 700 г/т (среднее 7,3 г/т), относящееся к железо-оксидному медно-золоторудному классу месторождений, попадает на диаграмме (рис. 1) в область типичных железорудных скарнов. Содержания железа в магнетитовых рудах Майского месторождения колеблются от 30 до 73 %. Содержания серебра варьируют в рудах от 15 до 350 г/т. Концентрации меди в рудах колеблются от 0,2 до 1,9 %. Следовательно, Майское месторожде-

ние можно отнести к комплексным объектам – железо-золоторудным. В зарубежной литературе такие объекты относят к «би-продуктам» [10]. В сульфидах продуктивного этапа  $\delta^{34}S$  колеблется от +0,7 до +3,5‰, характерные для магматических сульфидов (табл. 1). В рудах этого месторождения золото присутствует в 2 генерациях и характеризуется высокой пробностью золота (920-998 и 820-930‰). Это месторождение не доизучено на глубину и на флангах и может представлять интерес для последующей разведки и наращивания запасов золота.

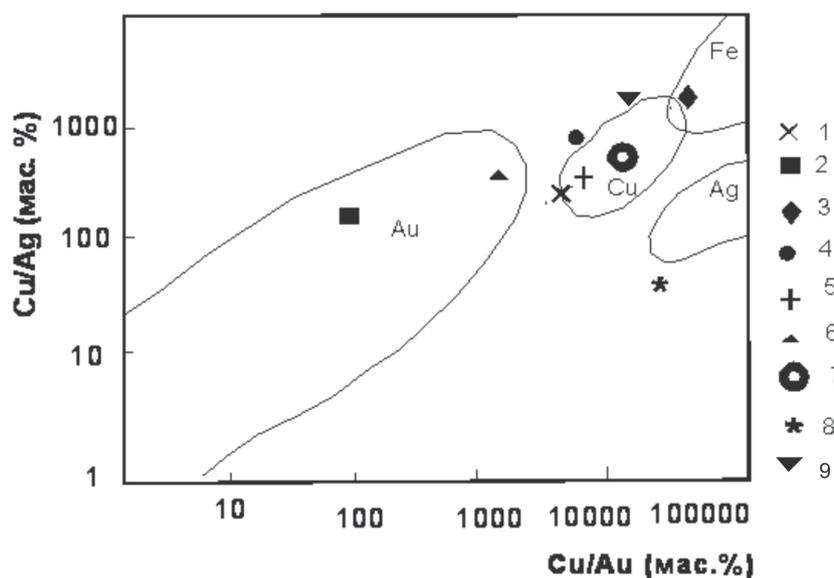


Рис. 1. Диаграмма соотношений в рудах Cu/Ag – Cu/Au для скарновых месторождений Горного Алтая. Поля золото-содержащих скарнов по [10]:

Au – золоторудные; Cu – меднорудные; Fe – железорудные; Ag – серебряные.

Золотосодержащие скарновые месторождения Горного Алтая:

- 1 – Синюхинское; 2 – Чойское; 3 – Майское; 4 – Ульменское; 5 – Оюкское; 6 – Баянихинское; 7 – Лысухинское; 8 – Восточный Карагу; 9 – Кутерьбушинское

К комплексным скарнам («бипродуктам») относятся также месторождения Ульменское, Синюхинское, Оюкское, Кутерьбушинское, которые тяготеют к области медных скарнов, в отличие от Майского, попадающего в область типичных железорудных объектов. Все они по составу являются золото-медно-скарновыми. В них содержания золота варьируют от 1 г/т до нескольких кг/т и запасы золота от 0,8 т до 32 т. Содержания меди в рудах колеблются от 0,5 до 4,5 %, а серебра от 13 до 455 г/т. Ульменское месторождение отличается от всех других скарновых месторождений региона самой вы-

сокой солёностью включений в скарновых минералах. Вероятно, это связано с тем, что Ульменские скарны являются доломитовыми, а все остальные – известковыми. Отличительной особенностью Синюхинского месторождения является присутствие в рудах 3 генераций золота и широкие пределы колебаний соотношений изотопов серы. В сульфидах продуктивного этапа  $\delta^{34}S$  на Синюхинском месторождении колеблется от –5,1 до +3,1‰, характерные для магматических сульфидов, близких к мантийным меткам и почти укладывающийся в интервал значений  $\delta^{34}S$  медно-порфировых месторождений

(-3,0 ÷ +1 %) [8]. Такая особенность соотношений серы в сульфидах объясняется тем, что на Синюхинском месторождении имеет-

ся участок Черёмуховая Сопка, относящийся действительно к медно-золото-порфировому типу оруденения [6].

**Таблица 1**  
Геохимические характеристики золото-содержащих скарнов Горного Алтая

Проявления и месторождения	Скарны		Пневматолито-гидротермальный этап		Продуктивная минерализация			Пробность золота %	$\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах ‰
	T° C	Соленость вес % NaCl	T° C	Соленость вес % NaCl	T° C	Соленость вес % NaCl	Состав включений		
Ульменское	510-660	45	250-480	4,1-5,2	190-330	0,3-3,3	B, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl	I ген 920-988 II ген 880-915	+1,2 ÷ +3,2
Майское	480-630	30-37	220-470	5,5-6,8	200-340	0,5-4,8	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCl, B, HF	I ген 920-998 II ген 820-930	+0,9 ÷ +3,7
Синюхинское	320-700	20-28	150-450	0,5-5	200-340	0,3-3,5	CO <sub>2</sub> , HCl, CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , SO <sub>2</sub> , C, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	I ген 600-680 II ген 920-999 III ген 890-910 930-990	-5,1 ÷ +3,1
жильный тип золото-сульфидно-кварцевый					270-360	2,1-8,5	HCl, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C		
Баяниха	450-640	20-33	195-380	0,7-4,3	190-310	0,4-3,2	CO <sub>2</sub> , HCl, SO <sub>2</sub> , HF	930-990	+2,7 ÷ +3,6
Восточный Карагу	480-650	19-31	195-370	0,5-4,8	200-280	2,7-9,2	HF, HCl, CO <sub>2</sub> , HBO <sub>3</sub>	580-650	+10,1 ÷ +13,5
Чойское	470-600	28-33	300-490	5,5-7,8	185-250	0,8-4,5	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , C, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , HCl	917-986	-3,5 ÷ +3,9
Кутерьбушинское	450-620	25-32	300-420	2,6-6,4	190-220	0,7-3,5	CH <sub>4</sub> , HCl, CO <sub>2</sub> , HBO <sub>3</sub>	925	+2,3 ÷ +3,1

Примечание. Сокращение ген. – означает генерация.

Гранаты и пироксены скарнов Синюхинского месторождения преимущественно тяготеют к медным скарнам и меньшая часть анализов попадает в поле золоторудных скарнов (рис. 2). Следовательно, Синюхинское месторождение, помимо своей комплексности, является также объектом совмещения нескольких геолого-промышленных типов оруденения (золото-медно-скарнового, медно-золото-порфирового и жильного золото-сульфидно-кварцевого).

Перспективное Кутерьбушинское скарновое проявление сложено пироксен-гра-

натовыми скарнами, прослеженными по простиранию от нескольких десятков до 100-200 м и имеющие мощности 3,5-4,0 м, наблюдается вкрапленность халькопирита, пирита, примазки малахита. В протолочках, отобранных из скарнов и скарнированных пород, установлено содержание золота от 3 до 55 знаков. В единичных зёрнах присутствуют тетрадимит, висмутит, молибденит, малахит. Содержания: Au – 0,5-3 г/т, Ag – 5 г/т, Cu до 1%. По геохимическим параметрам проявление имеет много сходства с таковыми Баянихинского месторождения.

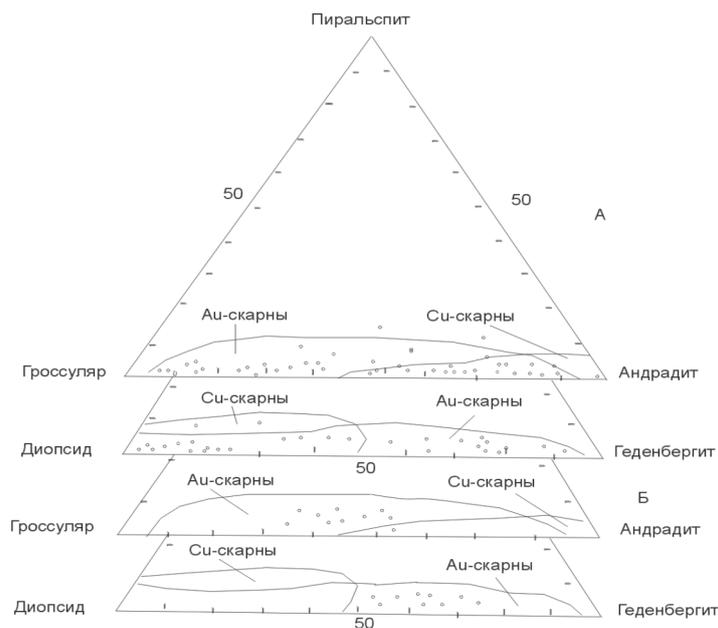


Рис. 2. Сравнение составов гранатов и пироксенов Синохинского и Чойского рудных полей с типичными значениями для медных и золотых скарнов. Поля золотоносных и меднорудных скарнов выделены по Л. Мейнерту [8]. А – скарны Синохинского рудного поля, Б – скарны Чойского рудного поля

В поле золоторудных месторождений попадают 2 объекта: Чойское скарновое золото-теллуридное и Баянихинское скарновое золоторудное, обогащённое медью. Характерной особенностью рудных тел Чойского месторождения является почти полное отсутствие сульфидов. В рудах присутствуют высокопробное свободное золото (917-986‰). На диаграммах составов гранатов и пироксенов чойские скарновые минералы (рис. 2), в отличие от синохинских, тяготеют к гроссуляру и к геденбергиту, соответственно, что в большей степени характерно для собственно золоторудных месторождений [8]. Содержания золота в рудах варьируют от 5 до 288 г/т, среднее содержание по рудному телу 23,2 г/т. Золото свободное, встречается в кварце в тесном парагенезисе с тетрадимитом и с более редкими хедлеитом, теллуровисмутитом и самородным висмутом. Содержания меди не превышают 0,2%. Концентрации серебра в рудах варьируют от 11 до 275 г/т.

Для пиритов характерен однородный состав изотопов серы с небольшими вариациями в гранитоидах, лампрофирах, скарновых и жильных образованиях Чойского месторождения от +3,9 до -3,5‰. Близкие к метеоритному стандарту значения тяжёлого изотопа серы показывает вкрапленный пирит во флюидо-эксплозивных брекчиях Центрального рудного тела (от - 0,5

до + 0,3‰). Соотношение изотопов серы позволяет предположить, что магматический источник, генерировавший оруденение Чойского рудного поля, был не контаминированным мантийным. Чойское месторождение относится к числу не доизученных перспективных объектов, в котором обнаруживаются кроме скарнового, также золото-черносланцевый тип оруденения, а также молибденит-шеелитовое скарновое, кварц-золото-теллуридное жильное, медно-цинково-золото-теллуридное стратиформное и золото-порфировое, формировавшиеся в несколько тектоно-магматических этапов на протяжении длительного интервала времени от девона до нижней юры. Чойское месторождение, таким образом, совмещает в себе гетерохронные и полигенные образования слабо изученные на флангах и на глубину [4].

Баянихинское месторождение, несмотря на то, что оно попадает в область золоторудных скарнов, также следует рассматривать как «бипродукт», так как в нём помимо свободного золота присутствуют, халькопирит, борнит, халькозин, а содержания полезных компонентов значительно варьируют. Средние содержания золота в рудах меняются от 1 до 7,25 г/т (в конкретных пробах разброс концентраций золота от 0,5 до 120 г/т), меди от 0,1 до 2%. В рудах присутствуют также пирит, пирротин, теннантит, алтаит, тетра-

дмит, висмутин, самородный висмут. Содержания серебра варьируют от 20 до 300 г. Для месторождения Баяниха в пирите II генерации  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) составляет +3,6, в борните от +2,7 до +3,1. Такие характеристики соотношений изотопов серы позволяют предположить её мантийный источник, характерный для не контаминированных магм [7].

Слабо изученное комплексное проявление Восточный Карагу тяготеет к полю серебряных месторождений (рис. 1). Рудное тело представлено гранат-везувиан-геденбергитовыми скарнами мощностью до 10 м и протяжённостью до 300 м. В них наблюдается вкрапленность турмалина, шеелита, датолита, касситерита. На скарны наложены прожилки кварца мощностью 1-5 см с вкрапленностью пирита, борнита, реже касситерита, шеелита, теннантита, халькозина, халькопирита, сфалерита, галенита, висмутина, самородного висмута. При этом шеелит и касситерит кристаллизовались ранее сульфидов полиметаллов и золота в прожилках раннего кварца 2 генерации с альбитом и калиевым полевым шпатом. Прожилки кварца 3 генерации содержат вкрапленность пирита, халькопирита, борнита, халькозина, золота. Свободное золото выявлено в хвостах бороздовых проб в количестве от единичных знаков до 1078 зёрен в обогащённой медью зоне. Содержание золота от 1,5 до 5,9 г/т. Золотины имеют низкую пробность: 580-650‰. Основные элементы-примеси в нём медь, серебро, олово, висмут. Элементы-спутники в рудах (в %): медь – 1, цинк – 0,4, мышьяк – 0,05,  $\text{WO}_3$  – 0,1-0,3, олово – 0,03-0,2, свинец – 0,01, висмут – 0,002, бериллий – 0,024, литий – 0,05. Концентрации золота в сульфидах (г/т): борните-25,5, халькозине –58, пирите –3,6. Сера пиритов и халькопиритов руд проявления Восточный Карагу отличается весьма высокими значениями тяжёлого изотопа ( $\delta^{34}\text{S}$ =+10,1 – +13,5). Такое соотношение изотопов серы указывает на контаминированный магматический источник.

**Обсуждение результатов.** Приведенные фактические данные показывают, что золото-содержащие скарновые объекты Горного Алтая образуют весьма разнородную группу месторождений различных геолого-промышленных типов оруденения и разнообразие по составу и комбинации основных и сопутствующих компонентов в рудах. На основании комплексных геохимических признаков и соотношений в рудах основных рудообразующих компонентов выделяются следующие типы: 1 – моно-

металльные золоторудные (Чойское золото-теллуридно-скарновое); 2 – золото-медно-скарновые (Синюхинское, Ульменское, Оюкское, Кутерьбушинское, Баянихинское); 3 – золото-железорудное (Майское); 4 – олово-вольфрам-золоторудное (Восточный Карагу). Следует отметить, что 2, 3 и 4 типы золото-содержащих скарнов классифицируются как комплексные объекты («бипродукты»).

В рудогенерирующих магматитах и рудах золото-содержащих скарновых месторождений Горного Алтая наблюдается мантийно-коровое взаимодействие и различная степень контаминации корового материала, что отразилось на их составе. Наибольший коровый контаминант отмечен для олово-вольфрам-золоторудных скарнов типа Восточный Карагу.

**Выводы.** Золото-содержащие скарновые месторождения и проявления Горного Алтая подразделяются на 4 типа. К монометалльному золоторудному типу относится золото-теллуридно-скарновое Чойское месторождение. Все остальные типы: золото-медно-скарновый, золото-железорудный и олово-вольфрам-золоторудный следует относить к комплексным объектам («бипродуктам»). Генерация золото-содержащих скарновых месторождений происходила в результате мантийно-корового взаимодействия.

#### Список литературы

1. Гусев А.И. Минерагеня и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.
2. Гусев А.И. Минерагеня и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
3. Гусев А.И. Металлогения золота: на примере Горного Алтая и Горной Шории. – Gamburg: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 370 с.
4. Гусев А.И., Гусев Н.И., Красова А.С. Восстановленная интрузивно-связанная Чойская магмо-рудно-метасоматическая W-Au-Te система Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2012. – № 3. – С. 23-27.
5. Гусев А.И. Золото-порфировое оруденение Черёмуховой Сопки Синюхинского рудного поля (Горный Алтай) // Современные наукоёмкие технологии, 2013, № 1. – С.94-98.
6. Гусев А.И. Золото-медно-скарновое оруденение Ульменского месторождения Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2013. – № 5. – С. 111-115.
7. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М., Дзагоева Е.А., Кукоева М.А. Петрология и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая. – Бийск: АГАО, 2013. – 205 с.
8. Meinert L.D. Skarns and Skarn Deposits. In: «Ore Deposits Models». – V.1. – Geoscience Canada Reprint Series G. – 1993. – P. 117-134.
9. Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. – London: Longman Group UK Ltd, 1993. – 353 p.
10. Theodore T.G., Orris G.J., Hammarstrom J.M., Bliss J.D. Gold-bearing skarns // US Geological Survey Bulletin, 1991. – №. 1830. – P. 145.