

Самородное золото месторождения Бадран

Г.С.АНИСИМОВА, Е.С.СЕРКЕБАЕВА, Л.А.КОНДРАТЬЕВА

Бадранское золоторудное месторождение — представитель золоторудных месторождений типа минерализованных зон дробления в пологих надвигах. Объект расположен в Верхнеиндигирском горно-промышленном районе (рис. 1), в пределах Эльгинского складчато-глыбового поднятия тыловой части Верхоянского складчато-надвигового пояса [1, 5]. Месторождение сложено терригенными породами верхнего триаса и приурочено к минерализованной зоне дробления Надвигоя, локализованной в тектонитах Бадран-Эгеляхского надвига, имеющего северо-западное простирание и пологое (15—35°) северо-восточное падение.

Особенности геологического строения месторождения Бадран позволяют выделить в пределах минерализованной зоны 4 рудных столба (см. рис. 1) [1, 7, 8, 9]. С ними связано основное промышленное оруденение месторождения. Границами рудных столбов служат геологические границы (контуры жилы) и условные границы (изолинии средних содержаний полезного компонента), установленные по результатам опробования. При этом в некоторых случаях, условные границы совпадают с геологическими.

Рудный столб I располагается между разведочными профилями 380—420 и является телом-лидером месторождения Бадран, вмещающим 79% всех разведанных запасов; II выделен в районе профилей 280—340; III оконтурен между профилями 180—210; IV прогнозируется между профилями 170—180. Рудные столбы I и III представляют собой кварцевые жилы, сопровождающиеся оруденелыми окварцованными милонитами и милонитизированными породами; II сложен окварцованными тектонитами, вмещающими разобщенные кварцевые тела.

Руды месторождения Бадран характеризуются разнообразными текстурными и структурными типами [1, 3, 5]. Наиболее широко распространены руды с брекчиевой, полосчатой, линзовидной, массивной и сетчатой текстурами, а также текстурами смешанного типа.

На месторождении выделено два этапа рудообразования: гипогенный и гипергенный [1, 5]. Для гипогенного установлено 6 минеральных ассоциаций, сформированных в 3 стадии: 1) умеренно продуктивная — образования метасоматических высокозолотоносных пирита и арсенопирита и арсенопирит-пирит-карбонат-кварцевой минераль-

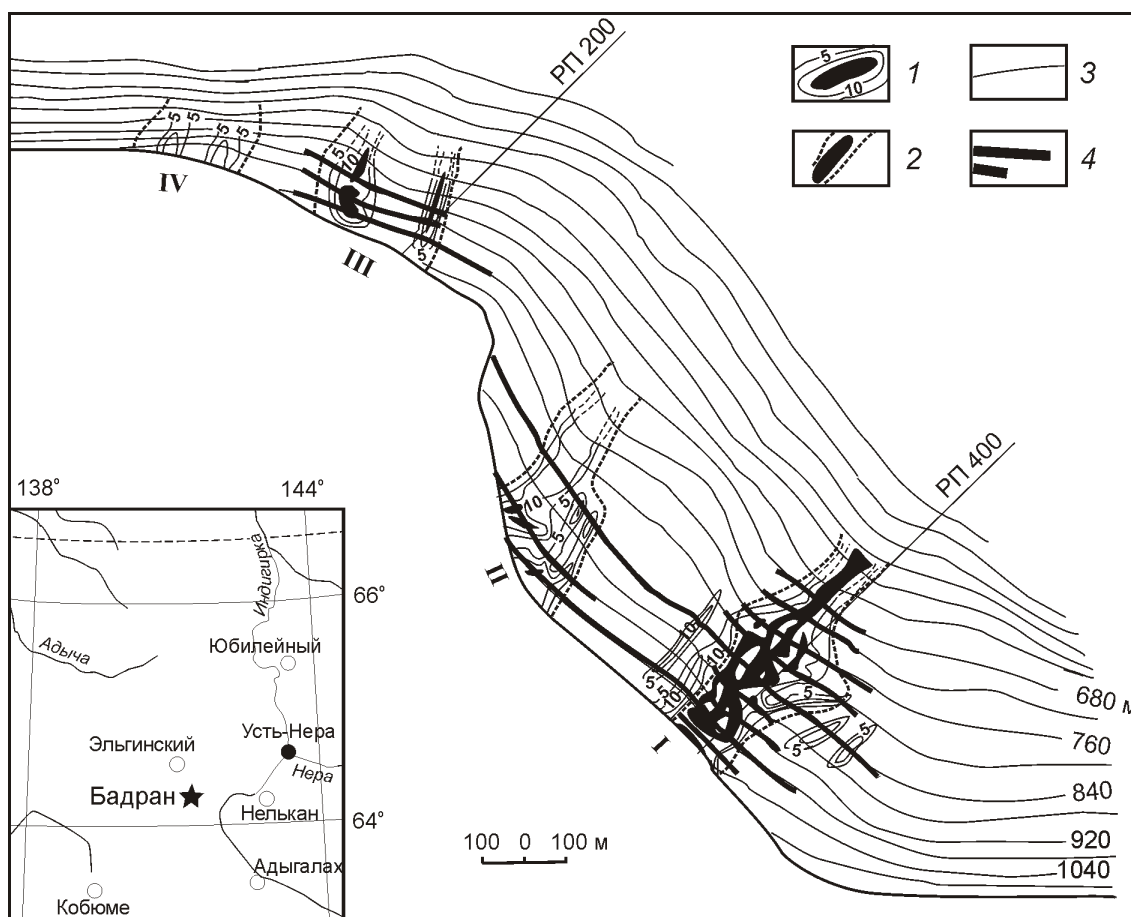


Рис. 1. Рудные столбы в плоскости минерализованной зоны Надвигоя месторождения Бадран [9]:

1 — изолинии распределения содержаний золота 5, 10 и свыше 50 г/т; 2 — рудные столбы (I, II, III, IV); 3 — изогипсы подошвы зоны Надвигоя; 4 — подземные горные выработки; РП — разведочный профиль

ной ассоциации; 2) наиболее продуктивная, объединяет умеренносульфидные халькопирит-галенит-альбит-доломит-кварцевую и бурнонит-серицит-сфалерит-тетраэдрит-кварцевую минеральные ассоциации; 3) представлена слабопродуктивной киноварь-антимонит-доломит-кварцевой и акантит-фрейбергит-кварцевой минеральными ассоциациями; 4) поздняя серебряная минерализация с низкопробным ртутистым золотом (электрумом) установлена впервые авторами данной публикации и ранее никем не выделялась. В гипергенный этап образуются две минеральные ассоциации: 5) серно-сульфатного (гипс, ярозит, ковеллин, халькозин) и 6) оксидного состава (гётит, гидротётит, каолинит, малахит, азурит и сервантит).

Золоторудное месторождение Бадран сопровождается рядом россыпей по близлежащим ручьям. В данной статье мы акцентируем внимание на типоморфных особенностях рудного золота месторождения.

Самородное золото — основной промышленный минерал Бадранского месторождения и изучение его типоморфных особенностей, широко использующихся в качестве поисковых и разведочных признаков для выделения рудных столбов и разбраковки рудных тел, имеет актуальное значение. Это определяется значительным изменением

главнейших его свойств (состав, строение, морфология, крупность) в зависимости от условий образования, парагенезисов и времени выделения из гидротермального раствора. В предыдущие годы самородное золото изучалось в основном из поверхностных горизонтов месторождения и кварцевых галек отвалов отработки россыпей [4]. В связи с разведкой III очереди и частичной эксплуатацией месторождения появилась возможность изучения изменений типоморфных свойств золота на глубину и по латерали.

Морфология золота. Формы золотин — комковидная, комковидно-ячеистая (петельчатая), комковидно-ветвистая, комковидно-удлиненная, комковидно-каркасная, паукообразная, проволочковидная, чешуйчатая, идиоморфно-кристаллическая, плохо ограненная и др. В значительной степени развиты также смешанные формы (срастания, спутанно-волоконистые скопления и т.д.). Количественное соотношение между золотиными различной морфологии существенно изменяется как в пределах рудных тел, так и на площади рудного поля. По распространенности преобладают золотины цементационного типа, а также вида заполнения друзовидных полостей, которые составляют более половины весового количества золота (табл. 1). Примерно в равных долях развиты золотины интерстициаль-

1. Морфологическая систематизация самородного золота месторождения Бадран

Типы	Виды	Разновидности	Частота встречаемости, %
Идиоморфные	Кристаллы	Изометричные	0,34
	Дендриты и дендритоиды	Трехмерные	Единичные знаки
	Сростки кристаллов	Друзовые	Единичные знаки
	Плохоограненные и округлые индивиды, их сростки	Изометричные	Единичные знаки
Проволочные		0,81	
Неправильные	Трещинные	Чешуйки	4,46
		Прожилки	5,68
	Цементационные	Комковидные	37,52
		Комковидно-удлиненные	2,1
		Комковидно-каркасные	6,49
		Комковидно-ячеистые	1,64
		Комковидно-ветвистые	13,63
	Интерстициальные	Комковидные частицы	2,44
	Выделения в друзовых полостях	Паукообразные	2,36
		Скелетные сростки	1,14
Неправильные выделения с отпечатками кристаллов других минералов		3,82	
Смешанные	Гемиидиоморфные	Кристаллы с ксеноморфными ответвлениями	Единичные знаки
		Комковидные выделения с ограненными выступами и ответвлениями	1,97
	Трещинные образования с выступами кристаллов	Чешуйки с выступами на одной стороне	4,23

Примечание. Проанализировано 6149 золотин.

ного и трещинного видов, плохоограненные индивиды, а также смешанного типа.

Таким образом, самородное золото Бадранского рудного поля характеризуется сложной морфологией, что соответствует как полигенности, так и нестабильности обстановки его образования. Главная особенность форм — подчиненность их сложным полостям, существовавшим к началу или возникшим в период его отложения. При этом основное значение имеют интраминерализованные полости, выполнение которых золотом привело к формированию цементационных, интерстициальных и трещинных видов золотин.

Взаимоотношение золота с другими минералами. Самородное золото встречается как в кварце, реже доломите, так и в тесном сростании с сульфидами, количество которых в рудах повышается с глубиной. Встречаясь совместно практически со всеми минералами, по времени образования золото наиболее близко к выделениям халькопирита, галенита, сфалерита, блёклых руд и сульфоантимонитов, являющихся индикаторами обогащенности им отдельных участков рудных тел. По отношению к кварцу, карбонату, пирротину, пириту и арсенопириту самородное золото более позднее.

В зависимости от ассоциации, локализации и состава выделяется несколько генераций самородного золота. *Первая генерация* связана в основном с метасоматической вкрапленностью пирита и арсенопирита в околорудных алевролитах. Такое золото, по-видимому, находится в ультратонкодисперсной форме [10], т.к. визуально оно не обнаруживается ни в протолочках пирита и арсенопирита (даже при значительном, до сотни граммов на тонну, содержании золота в мономинеральных пробах этих минералов), ни в большей части аншлифов. Лишь в редких случаях можно увидеть в арсенопирите мелкие вкрапления золота.

Самородное золото *второй генерации* распространено среди минералов ранней арсенопирит-пирит-карбонат-кварцевой ассоциации жильного выполнения. Значительная его часть также находится в тонкодисперсной форме, о чем свидетельствуют высокие концентрации (до 200 г/т в арсенопирите, до сотни граммов на тонну в пирите) золота. При наложении поздних ассоциаций видимое золото обнаруживается в арсенопирите (рис. 2, А). Очевидно самородное золото [2] в ранних сульфидах при наложении поздних минералов испытывает собирательную перекристаллизацию, диффундирует к периферии и граням кристалла-хозяина и затем частично переотлагается вблизи или между зернами катаклазированных кристаллов арсенопирита (см. рис. 2, Б). В пирите видимое самородное золото не установлено.

В рудах халькопирит-галенит-альбит-доломит-кварцевой ассоциации золото *третьей генерации* ассоциирует с главными минералами, халькопиритом и галенитом. В данном случае минералом-хозяином всегда выступает халькопирит, а галенит с золотом образует тесные сростания (см. рис. 2, В, Г). Данное обстоятельство свидетельствует о том, что золото и галенит выделялись одновременно чуть позднее халькопирита.

В рудах бурнонит-серицит-сфалерит-тетраэдрит-кварцевой ассоциации основная масса золота *четвертой генерации* связана с тетраэдритом и бурнонитом (см. рис. 2, Д), реже со сфалеритом. Судя по взаимоотношению, минералы в основной массе выделялись одновременно, но образование блёклой руды и сфалерита завершилось несколько раньше и поэтому иногда золото «сечет» выделения

блёклой руды и сфалерита (см. рис. 2, Е.). С поздней киноварь-антимонит-карбонат-кварцевой ассоциацией «видимое» самородное золото не связано, что показывают и минералогические исследования.

Спорадически встречается самородное золото *пятой генерации* весьма низкой пробы. Данная разновидность самородного золота встречается в ассоциации с акантитом и фрейбергитом, иногда проникает по трещинам в катаклазированные арсенопирит, а также в виде прожилков, участков и кайм встречается с высокопробными разновидностями (см. рис. 2, Ж).

Самородное золото *шестой генерации* встречается с минералами гипергенного этапа, в основном, с гидроксидами железа, скородитом и ярозитом и иногда имеет губчатый облик. Данное золото часто образует нитевидные прожилки в гидроксидах железа с реликтами арсенопирита (см. рис. 2, З).

Крупность самородного золота. Наиболее достоверные данные по крупности золота в рудных месторождениях получаются при технологических исследованиях руд, т.к. на их основе разрабатываются схемы переработки руд, что в итоге определяет тип горнодобывающего предприятия. Исследования технологических проб месторождения Бадран (Г.М.Панченко и др., 1991) показывают, что тонкодисперсное, пылевидное и очень мелкое золото в основном остается в «хвостах» гравитации (52,8%). В кварцевых жилах доля золота крупного и золота средней размерности высокая (37,3%), хотя пылевидное и тонкодисперсное присутствует в достаточном количестве (17,3%). Окварцованные милониты характеризуются мелким, очень мелким, пылевидным и тонкодисперсным золотом; доля золота крупной и средней фракции составляет всего 3%. Распределение пылевидного и тонкодисперсного золота свидетельствует о подавляющем развитии последнего (91%).

Авторами статьи самородное золото месторождения выделено гравитационными методами, причем определена крупность металла только «видимого» класса. Доля невыделенного связанного золота составляет 13—73% от общего количества металла в пробе (табл. 2). Основная часть золота (очень мелкое, пылевидное и тонкодисперсное), отлагающееся в сульфидах и во вмещающих глинистых породах, выпадает из анализа. Таким образом, изучены и охарактеризованы золотины мелкой и крупной фракции. По данным авторов, выделенное самородное золото представлено главным образом мелкими выделениями размером 0,5—0,75 мм (рис. 3, А), реже средней крупности 1—2 мм и крупнее 2—4 мм. С глубиной по всем рудным столбам возрастает частота встречаемости мелких золотин размером 0,25 мм и менее (см. рис. 3, Б, В).

Состав самородного золота. По результатам ранних работ [3, 4] считалось, что состав самородного золота на месторождении Бадран изменяется в широких пределах (597—998‰) и основная масса золота имеет высокую пробность (900—950‰). Дополнительное изучение и проведенный анализ более представительного материала показал более широкий диапазон колебаний пробности 462—998‰ и преимущественное развитие умеренновысокопробного золота (800—899‰), что наглядно показывают гистограммы распределения состава самородного золота по всему рудному полю, составленные по данным микрозондового анализа (табл. 3, рис. 3, Б).

В пределах месторождения самородное золото отдельных минеральных ассоциаций различается по пробности

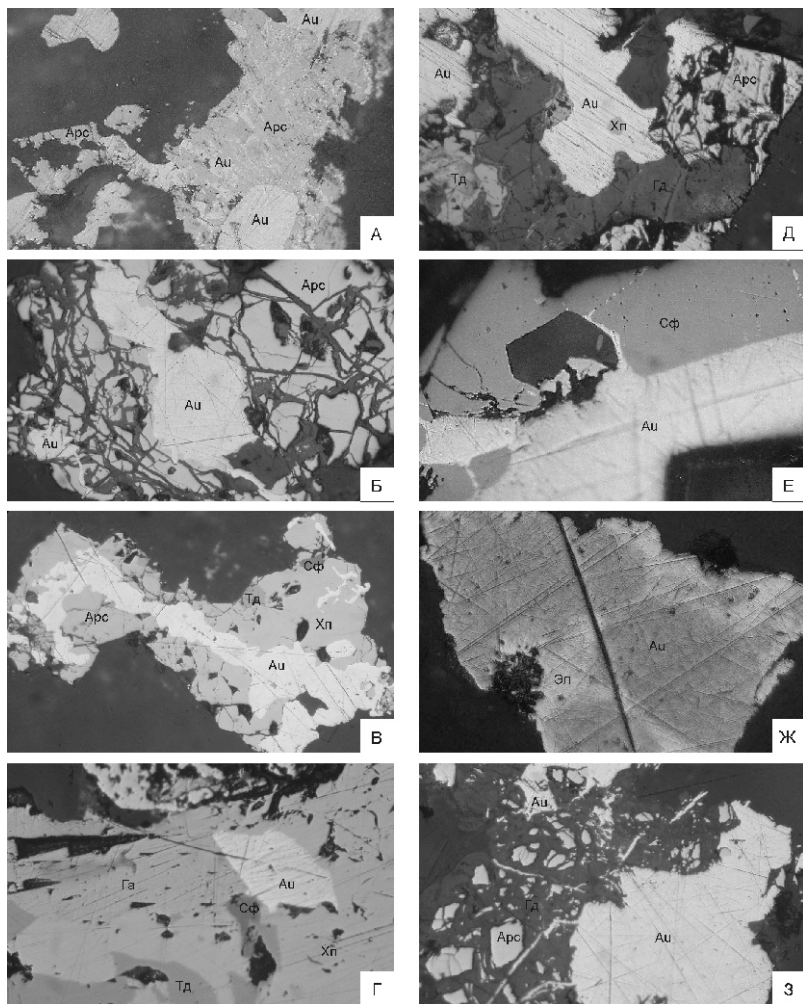


Рис. 2. Взаимоотношения самородного золота с другими минералами:

А — текстуры распада золота в арсенопирите, ув. 500; Б — проникновение золота по трещинкам в катаклазированном арсенопирите, ув. 200; В — ассоциация золота с халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом и блёклой рудой, ув. 200; Г — взаимоотношение золота с халькопиритом, сфалеритом, блёклой рудой, галенитом и пиритом, ув. 200; Д — замещение золотом арсенопирита и блёклой руды, гидроксидов железа, ув. 200; Е — замещение золотом сфалерита, ув. 320; Ж — позднее низкопробное золото в матрице высокопробного золота, ув. 320; З — золото в гидроксидах железа с реликтами арсенопирита, ув. 500; Аи — золото, Арс — арсенопирит, Хп — халькопирит, Сф — сфалерит, Тд — блёклая руда, Га — галенит, Пи — пирит, Гд — гидроксиды железа, золото: Эл — низкопробное, Аи — высокопробное

(см. рис. 3, Б). При этом ранняя пирит-арсенопирит-кварцевая жильного выполнения и средняя халькопирит-галенит-альбит-доломит-кварцевая ассоциации в целом содержат золото одинаковой пробы, подавляющая часть значений которой лежит в пределах 800—899‰. Этим и объясняется преимущественное развитие на месторождении самородного золота средней пробы. Наиболее высокопробным (900—998‰) золотом характеризуется бурнонит-серцит-сфалерит-тетраэдрит-кварцевая ассоциация, с которой также тесно связано самородное золото. Относительно низкопробное и низкопробное золото (800‰) присуще поздней акантит-фрейбергит-кварцевой ассоциации. С минеральными ассоциациями гипергенного этапа связано зо-

лото различной пробы, но с преимущественной концентрацией высокопробного (900—998‰).

Неоднородность состава самородного золота обусловлена в основном неравномерным распределением в нем серебра [10]. Вариации пробности самородного золота проявляются как в целом по месторождению, так и по отдельным столбам, рудным телам, точкам и в пределах одной золотины (см. табл. 3), на неоднородности которых остановимся отдельно.

В пределах одной точки наблюдения колебания пробности самородного золота достигают 250‰, что в основном связано с ассоциацией самородного золота с различными минералами. Более существенные различия

2. Соотношение связанного и выделенного золота при обогащении руд месторождения Бадран

Проба	Масса руды, г	Содержание Аи, г/т	Золото, г		Количество невыделенного золота, г	Связанное золото, %
			Ожидаемый выход	Фактически выделено		
327-АН	5405	10,4	0,056	0,015	0,041	73,2
324-АН	2405	154,4	0,371	0,10	0,271	72,9
252а-АН	1790	466,0	0,834	0,249	0,585	70,1
259-АН	4400	198,0	0,873	0,760	0,113	13,0
338-АН	375	6246,4	2,342	1,325	1,017	43,4
341-АН	1310	392,6	0,514	0,252	0,262	51,0

(более 300%) наблюдаются в пределах одной золотины (рис. 4, А, Б). Неоднородность золота месторождения Бадран обусловлена относительно пониженным или повышенным содержанием серебра в краевых частях неправильных зерен, пятнообразным скоплением примесей в

отдельных частях зерен, образованием прожилков, обогащенных Ag и Hg. Можно только предположить, что минералообразование происходило при нестабильных условиях, и на поздних стадиях процесса наблюдался привнос серебра.

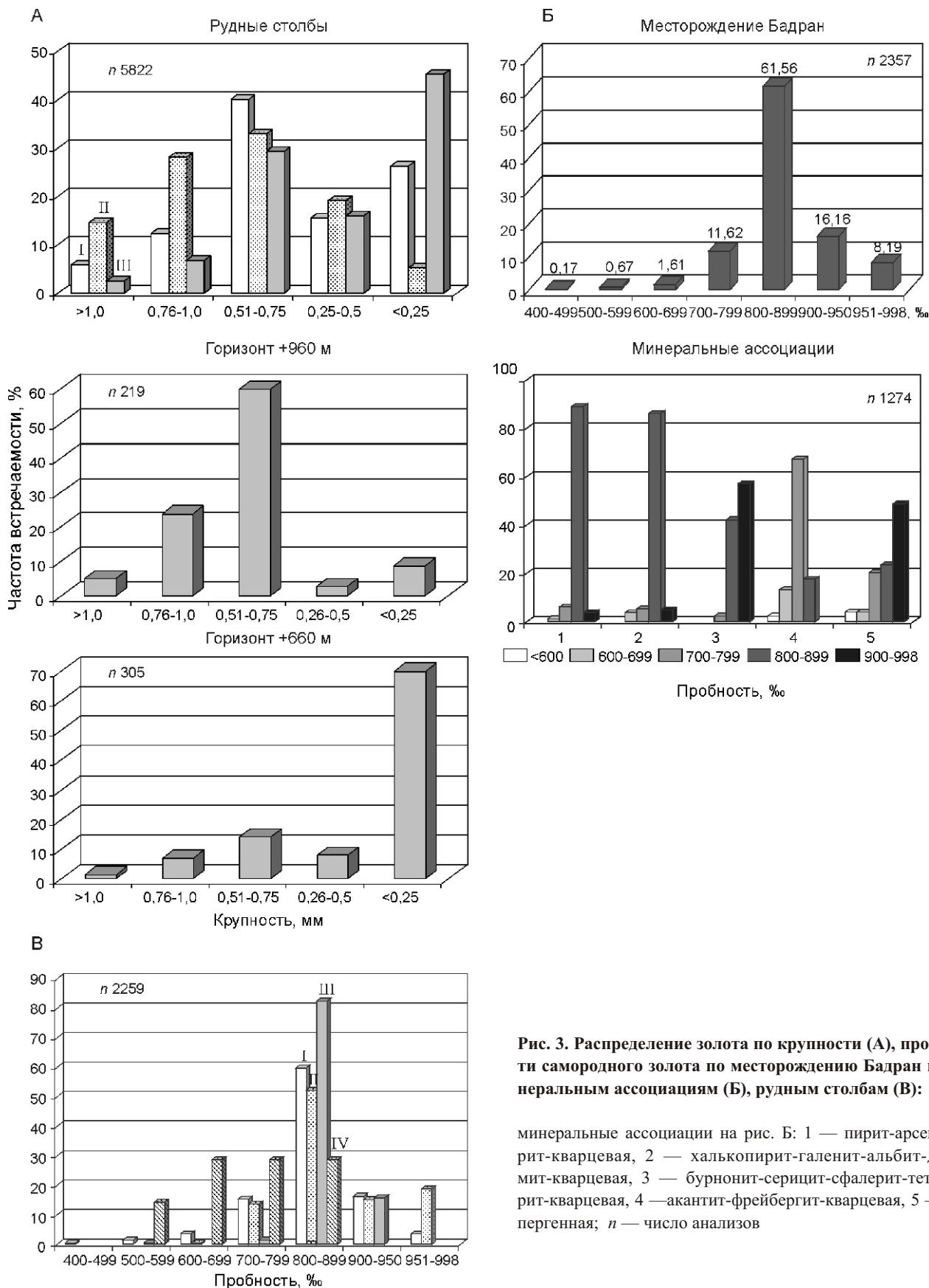


Рис. 3. Распределение золота по крупности (А), пробности самородного золота по месторождению Бадран и минеральным ассоциациям (Б), рудным столбам (В):

минеральные ассоциации на рис. Б: 1 — пирит-арсенипирит-кварцевая, 2 — халькопирит-галенит-альбит-доломит-кварцевая, 3 — бурнонит-серицит-сфалерит-тетраэдрит-кварцевая, 4 — акантит-фрейбергит-кварцевая, 5 — гипергенная; n — число анализов

3. Вариации и средний состав самородного золота месторождения Бадран

Горизонт, м	Число анали- зов	Au	Ag	Hg	Сумма	Пробность, ‰
1	2	3	4	5	6	7
<i>I рудный столб</i>						
1020	3	$\frac{76,97}{71,40-87,00}$	$\frac{24,53}{16,32-28,68}$	Не опр.	$\frac{101,50}{99,98-103,32}$	$\frac{757}{714-842}$
1015	10	$\frac{91,08}{68,18-97,29}$	$\frac{8,96}{0,32-30,70}$	«	$\frac{100,15}{97,61-101,18}$	$\frac{910}{689-996}$
1013	4	$\frac{84,94}{80,94-88,31}$	$\frac{13,18}{9,18-18,26}$	«	$\frac{98,13}{97,20-99,20}$	$\frac{866}{815-906}$
1000	61	$\frac{80,48}{71,19-88,63}$	$\frac{19,28}{11,46-25,57}$	$\frac{0,20}{0,06-0,46}$	$\frac{99,97}{94,57-101,63}$	$\frac{805}{741-882}$
960	172	$\frac{83,97}{45,86-98,47}$	$\frac{16,00}{0,61-52,02}$	$\frac{0,34}{0,07-1,69}$	$\frac{100,30}{95,55-103,22}$	$\frac{839}{462-994}$
940	136	$\frac{83,89}{61,18-90,58}$	$\frac{15,65}{9,92-39,49}$	Не опр.	$\frac{99,54}{97,98-102,31}$	$\frac{843}{609-901}$
920	88	$\frac{89,98}{82,95-98,93}$	$\frac{9,80}{6,46-16,13}$	«	$\frac{99,79}{98,19-101,98}$	$\frac{901}{837-934}$
870	4	$\frac{81,34}{80,80-82,08}$	$\frac{17,19}{16,35-17,58}$	$\frac{0,17}{0,00-0,54}$	$\frac{98,70}{98,20-99,63}$	$\frac{824}{819-833}$
860	30	$\frac{88,48}{86,70-92,43}$	$\frac{10,38}{7,57-11,92}$	$\frac{0,14}{0,00-0,80}$	$\frac{99,01}{98,09-101,90}$	$\frac{894}{875-922}$
840	1	95,35	6,13	0,08	101,56	939
820	110	$\frac{89,49}{62,27-101,11}$	$\frac{11,19}{0,52-34,11}$	$\frac{0,18}{0,00-1,02}$	$\frac{100,86}{91,03-102,17}$	$\frac{896}{656-995}$
790	36	$\frac{82,51}{59,00-93,47}$	$\frac{16,42}{7,88-36,06}$	$\frac{0,47}{0,00-2,59}$	$\frac{99,41}{96,47-102,92}$	$\frac{830}{607-920}$
780	68	$\frac{82,99}{50,84-90,15}$	$\frac{17,27}{10,42-47,25}$	$\frac{0,15}{0,00-1,08}$	$\frac{100,40}{97,21-102,26}$	$\frac{831}{515-895}$
760	43	$\frac{84,52}{75,74-92,22}$	$\frac{15,52}{8,03-21,23}$	$\frac{0,14}{0,00-0,68}$	$\frac{100,20}{96,31-102,82}$	$\frac{847}{762-920}$
700	9	$\frac{82,49}{81,26-83,48}$	$\frac{16,48}{15,12-19,91}$	$\frac{0,11}{0,00-0,43}$	$\frac{99,08}{98,25-101,63}$	$\frac{832}{802-846}$
687	72	$\frac{85,58}{59,95-92,59}$	$\frac{13,71}{8,23-35,30}$	$\frac{0,22}{0,00-1,82}$	$\frac{99,53}{97,07-102,40}$	$\frac{859}{618-917}$
660	13	$\frac{87,07}{77,71-89,40}$	$\frac{12,97}{11,22-20,60}$	$\frac{0,24}{0,04-0,57}$	$\frac{100,30}{98,88-101,10}$	$\frac{868}{786-887}$
<i>II рудный столб</i>						
990	90	$\frac{87,69}{74,66-100,79}$	$\frac{11,99}{0,30-26,60}$	Не опр.	$\frac{99,68}{96,92-101,94}$	$\frac{881}{737-998}$
980	4	$\frac{87,80}{82,42-91,19}$	$\frac{13,02}{10,17-20,24}$	«	$\frac{100,81}{99,11-102,66}$	$\frac{871}{803-900}$
975	11	$\frac{92,82}{89,11-98,35}$	$\frac{7,08}{3,76-10,65}$	«	$\frac{99,90}{97,00-102,65}$	$\frac{929}{894-962}$
970	15	$\frac{95,66}{85,89-102,09}$	$\frac{4,98}{0,27-14,64}$	«	$\frac{100,63}{98,20-101,11}$	$\frac{950}{854-997}$

Горизонт, м	Число анализов	Au	Ag	Hg	Сумма	Пробность, ‰
1	2	3	4	5	6	7
960	288	$\frac{84,08}{72,51-98,87}$	$\frac{15,54}{0,36-30,50}$	«	$\frac{99,61}{92,38-101,65}$	$\frac{833}{706-998}$
930	3	$\frac{88,96}{87,50-91,40}$	$\frac{11,78}{10,42-12,68}$	«	$\frac{100,74}{100,18-101,82}$	$\frac{885}{878-898}$
920	60	$\frac{84,68}{70,05-99,78}$	$\frac{14,76}{0,68-31,09}$	«	$\frac{99,45}{87,80-101,95}$	$\frac{851}{692-994}$
915	9	$\frac{98,41}{97,09-99,69}$	$\frac{0,95}{0,75-1,10}$	«	$\frac{99,37}{98,16-100,44}$	$\frac{990}{988-992}$
900	88	$\frac{92,16}{75,53-102,39}$	$\frac{7,44}{0,00-24,70}$	$\frac{0,24}{0,03-0,83}$	$\frac{99,85}{91,13-103,64}$	$\frac{922}{750-998}$
850	112	$\frac{83,01}{77,13-93,44}$	$\frac{16,45}{6,10-21,41}$	$\frac{0,22}{0,00-0,73}$	$\frac{99,70}{97,54-101,51}$	$\frac{833}{784-936}$
840	117	$\frac{88,03}{79,00-98,69}$	$\frac{10,76}{0,43-19,28}$	$\frac{0,19}{0,00-0,76}$	$\frac{98,99}{94,39-102,82}$	$\frac{890}{807-994}$
<i>III рудный столб</i>						
780	75	$\frac{88,75}{78,11-93,70}$	$\frac{10,65}{6,86-20,67}$	$\frac{0,17}{0,00-0,65}$	$\frac{99,56}{97,79-101,94}$	$\frac{891}{786-923}$
760	113	$\frac{86,79}{78,96-92,72}$	$\frac{12,68}{7,94-20,54}$	$\frac{0,16}{0,00-0,54}$	$\frac{99,64}{96,91-101,89}$	$\frac{872}{790-921}$
750	2	$\frac{87,38}{82,88-91,88}$	$\frac{10,77}{6,41-15,14}$	$\frac{0,30}{0,00-0,60}$	$\frac{98,45}{98,32-98,65}$	$\frac{887}{840-934}$
740	9	$\frac{81,43}{78,29-84,45}$	$\frac{18,52}{17,19-22,43}$	$\frac{0,03}{0,00-0,22}$	$\frac{99,98}{97,94-101,89}$	$\frac{814}{776-831}$
730	10	$\frac{87,08}{82,86-92,68}$	$\frac{12,28}{7,80-16,65}$	$\frac{0,10}{0,00-0,29}$	$\frac{99,46}{98,33-101,10}$	$\frac{875}{831-922}$
700	92	$\frac{82,70}{54,61-92,29}$	$\frac{16,84}{8,21-42,65}$	$\frac{0,17}{0,00-0,27}$	$\frac{99,70}{97,26-102,80}$	$\frac{829}{561-917}$
690	6	$\frac{81,12}{80,36-81,57}$	$\frac{18,37}{17,90-18,54}$	$\frac{0,05}{0,00-0,16}$	$\frac{99,54}{98,31-100,11}$	$\frac{815}{813-817}$
660	173	$\frac{86,90}{79,90-94,71}$	$\frac{12,35}{8,31-18,45}$	$\frac{0,22}{0,00-0,76}$	$\frac{99,56}{98,00-103,12}$	$\frac{863}{811-918}$
<i>IV рудный столб</i>						
750	6	$\frac{70,51}{56,90-79,49}$	$\frac{29,57}{19,69-41,66}$	Не опр.	$\frac{100,07}{98,56-101,76}$	$\frac{704}{577-801}$
740	1	88,96	12,58	«	101,54	856

Примечание. 1. Анализы выполнены на рентгеновском микроанализаторе «Самбах-микро» в ИГАБМ СО РАН; условия съемки: напряжение — 20 кВ, ток — 10 нА. 2. Эталоны: самородное золото 700‰, самородная медь, HgSe — кадмоселит. 3. Аналитики Л.М.Попова, Н.В.Христофорова. 4. В числителе — среднее значение, в знаменателе — вариации состава.

Пристального внимания заслуживает факт появления ртути в низкопробном золоте в пределах неоднородных золотин (см. рис. 4). Наиболее высокие концентрации Hg до 2,67‰ присущи Au пробности 400—699‰, высокопробные и умеренновысокопробные золотины ртути почти

не содержат (0,7%). Такое же распределение характерно и в пределах отдельных золотин (см. табл. 3). Эти данные согласуются с выводами В.П.Самусикова [11] об увеличении активности ртути от ранних стадий к поздним независимо от формационной принадлежности месторождений.

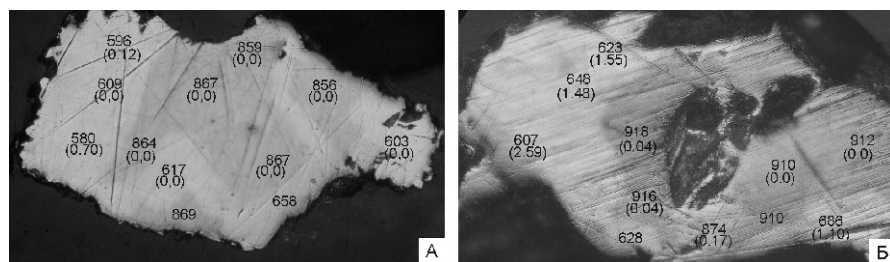


Рис. 4. Неоднородность состава самородного золота:

А — обр. 16, рудный столб I, горизонт 780 м, ув. 300; Б — обр. 18012-3А, рудный столб I, горизонт 789 м, ув. 250; цифры на золотилах — пробность самородного золота, в скобках — концентрация ртути

4. Элементы-примеси в самородном золоте по данным количественного спектрального анализа

Пробы	Рудные столбы, горизонт, м	Элементы-примеси, г/т						
		As	Fe	Cu	Pb	Sb	Bi	Ni
324-АН-79	IV; поверхность	40	30	320	200	7	0	0
252-АН-79	II; 977,7	0	140	380	0	160	0	0
252 ^А -АН-79	II; 977,7	50	140	300	0	10	0	0
252 ^Б -АН-79	II; 977,7	0	0	190	0	0	0	0
729-1-А-82	II; 977,7	30	40	10	200	120	24	0
729-2-А-82	II; 977,7	40	60	130	100	93	14	0
627-3-АН-82	II; 977,7	1000	1000	1000	1000	1000	90	50
627-4-АН-82	II; 977,7	260	1000	1100	1000	1000	60	0
627-7-АН-82	II; 977,7	30	1000	550	1000	1000	сл.	6
659-3-АН-82	II; 977,7	110	1000	180	400	100	5	0
659-4-АН-82	II; 977,7	60	690	140	200	720	6	0
659-7-АН-82	II; 977,7	100	870	240	600	500	сл.	0
659-6-АН-82	II; 977,7	230	1000	160	200	1000	сл.	0
727-А-82	I; канава 125	40	70	20	200	100	170	0
259-АН-79	I; 1013	90	140	180	800	90	сл.	8
259 ^А -АН-79	I; 1013	80	30	240	100	29	0	0
259 ^Б -АН-79	I; 1013	0	100	140	0	16	0	0
1016-5-АН-79	I; 1013	70	420	100	100	12	0	0
723/1-А-82	I; 1013	300	30	100	0	0	62	0
723/2-А-82	I; 1013	60	230	170	300	0	14	0
724-А-82	I; 1013	40	70	20	200	100	170	0
338-АН-82	I; 1015	0	0	100	200	46	0	0
338 ^А -АН-82	I; 1015	20	0	90	0	30	0	0
731-А-82	I; 1015	40	50	80	400	12	135	0
732/1-А-82	I; 1015	0	40	110	0	0	20	0
732/2-А-82	I; 1015	170	70	100	300	50	40	0
Д-79	Скв. 57	30	20	0.00	0	0	25	0
Д-80	Скв. 57	40	30	48	0	0	27	0
646-АН	Канавы 92	Сл.	1000	Сл.	1000	1000	Сл.	0

Примечание. 1. Pt, Te, Zn, Co, Sn, Pd не обнаружены. 2. Анализы выполнены в ИГАБМ СО РАН, аналитик Н.И.Петрова.

Элементы-примеси в самородном золоте определены количественным микроспектральным анализом: типоморфными являются As, Fe, Cu, Pb, Sb, Bi, Ni (табл. 4). Присутствие таких элементов в основном связано с микровключениями пирита, арсенопирита, тетраэдрита, галенита, халькопирита, т.е. типоморфных минералов наиболее продуктивных ассоциаций. Также в самородном золоте устанавливаются и примеси, которые входят в его кристаллическую структуру (Cu, Hg и др.). Сравнение элементного состава примесей в самородном золоте и рудах показывает их удовлетворительное соответствие (рис. 5).

Изменение типоморфных свойств самородного золота по латерали и на глубину месторождения. По мере перехода с близповерхностных горизонтов к глубоким упрощается морфология самородного золота: на нижних горизонтах месторождения преобладают более простые комковидные формы, в поверхностных — увеличивается количество сложных комковидно-каркасных и комковидно-ячеистых выделений. Здесь в целом преобладают золотины цементационного вида.

На глубоких горизонтах частота встречаемости золотинок мелкой фракции (0,25—0,75 мм) увеличивается в несколько раз, и они концентрируются не только в пределах кварцевой жилы, но и во вмещающих окварцованных милонитах. В рудоносных кварцевых жилах золото образует гнездовые скопления, а в милонитах встречается в форме изометричных зерен.

По рудным столбам наблюдается вариация пробы самородного золота (см. рис. 3, В). Наиболее существенная отмечается по рудному столбу I; доля высокопробного золота в рудах II рудного столба выше; в рудах III и IV рудных столбов намечается тенденция уменьшения высокопробного золота. Данные различия пробы самородного золота в первую очередь связаны с развитием различных минеральных ассоциаций, т.е. составом руд. Широкие вариации пробности золота также объясняются наложением нескольких минеральных ассоциаций [6], с которыми связано золото определенной пробы.

Изменение пробы самородного золота с глубиной можно наблюдать по рудным столбам I, II и III (рис. 6, А). Волновое изменение пробности золота наблюдается по столбу I: на верхних горизонтах — широкая вариация 462—994‰ пробности золота, средних 920—800 м — повышается доля высокопробного золота, нижних — преобладают золотины средней пробности, а высокопробные разности отмечаются редко. По рудному столбу II охарактеризовано золото верхних и средних горизонтов и установлено преобладание самородного золота высокой (900‰) пробности; III — в изученном интервале глубины (780—660 м) пробность золота в целом выдерживается на одном уровне (700—800‰).

Впервые изучено изменение пробности самородного золота в плоскости зоны Надвиговая (см. рис. 6, Б). По латерали с запада на восток ореолы высокопробного золота чередуются с ореолами относительно низкопробного. На глубину перепады пробности менее ощутимы, чем по латерали. Как известно, прослеживается общая тенденция повышения пробности золота в пределах богатых рудных столбов по сравнению с «фоновыми» рудами [10]. Таким образом, по развитию относительно высокопробного золота перспективны на глубину западная и центральная ветви I рудного столба и III рудный столб.

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы:

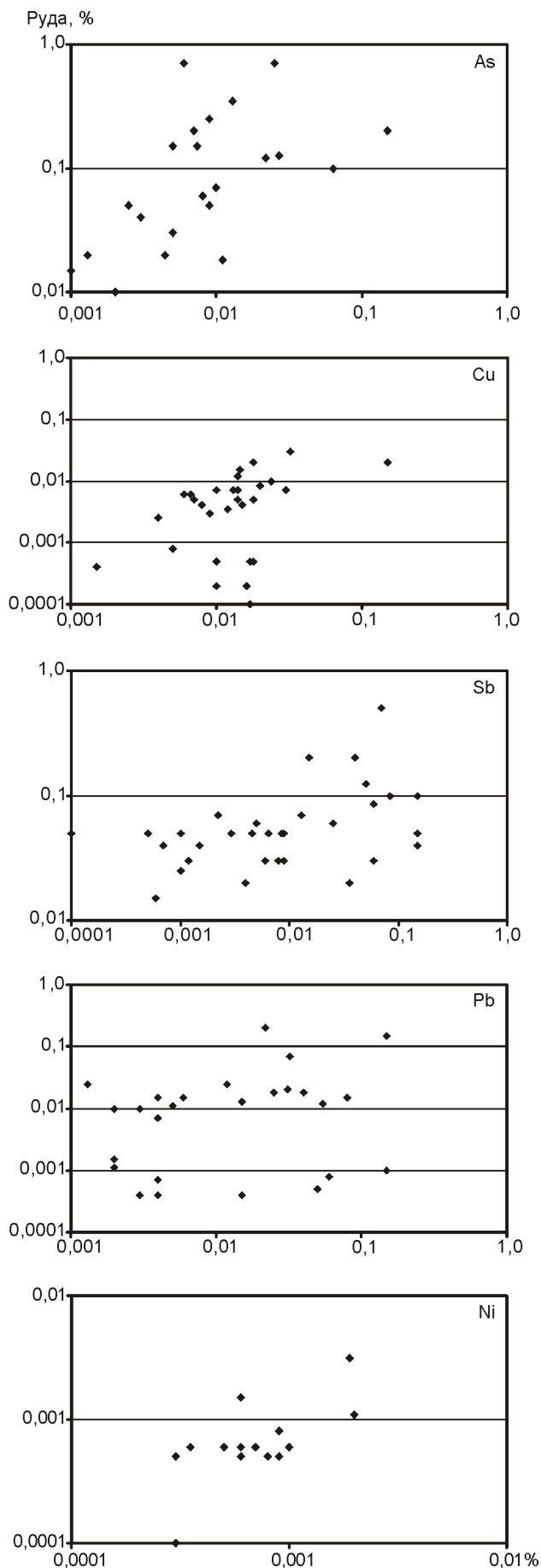


Рис. 5. Зависимость концентрации элементов-примесей в самородном золоте от состава руд

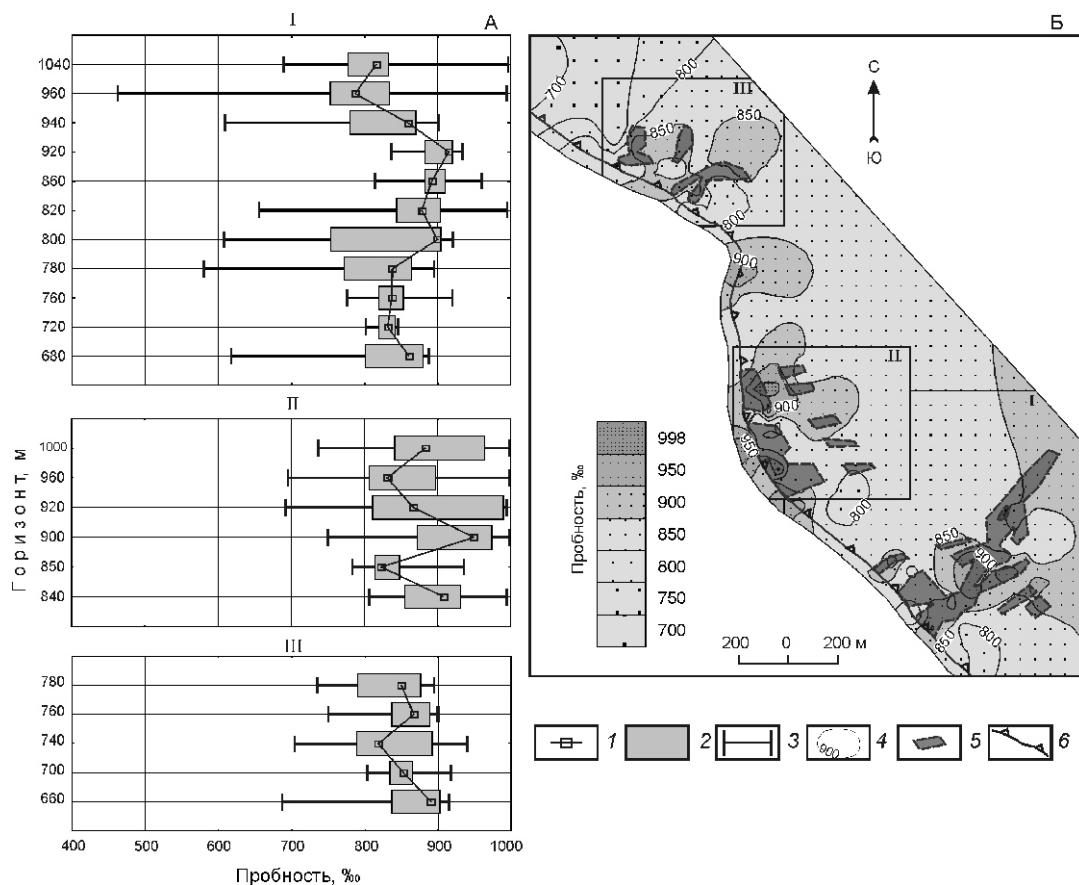


Рис. 6. Изменение пробности самородного золота с глубиной по рудным столбам (А), в плоскости минерализованной зоны Надвиговая месторождения Бадран (Б):

1 — среднее содержание; 2 — наиболее значимые значения; 3 — пределы колебаний пробы; 4 — изолинии пробности; 5 — контуры рудных тел; 6 — зона Надвиговая

1. Самородное золото месторождения характеризуется сложной морфологией, что соответствует как полигенности, так и нестабильности обстановки его образования.

2. Преобладает самородное золото мелкой и тонкодисперсной крупности, доля которого возрастает с глубиной.

3. Наблюдается широкий диапазон колебаний пробности самородного золота (462—998‰). Минеральные ассоциации содержат самородное золото определенной пробности.

4. Неоднородность состава золота проявляется в виде неравномерного распределения Ag и Hg. Проявление неоднородности свидетельствует о нестабильности физико-химических условий минералообразования.

5. Впервые в самородном золоте месторождения в виде примеси обнаружена ртуть. Наиболее ртутносы поздние низкопробные разности (400—700‰), что свидетельствует об увеличении активности ртути от ранних стадий к поздним.

6. По развитию относительно высокопробного золота перспективными на глубину оцениваются I и III рудные столбы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амузинский В.А., Анисимова Г.С., Агеев В.А., Баландин В.А. Месторождения золота. Бадран / Структурные условия формирования богатых Ag, Au, Sn, Sb и Pb-Zn руд месторождения Якутия. — Якутск, 2002. С. 39—64.

- Амузинский В.А., Анисимова Г.С., Жданов Ю.Я. и др. Сарылахское и Сентачанское золото-сурьмяные месторождения. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
- Анисимова Г.С. Минералогические критерии локального прогнозирования золотого оруденения на основе топоминералогического картирования Бадранского рудного поля / Минералогическо-генетические аспекты магматизма и оруденения Якутии. — Якутск, 1993. С. 49—53.
- Анисимова Г.С. Типоморфные особенности самородного золота Бадранского поля / Геология и тектоника платформ и орогенных областей Северо-Востока Азии. Т. II. — Якутск, 1999. С. 122—125.
- Анисимова Г.С., Амузинский В.А., Баландин В.А. Сульфидно-кварцевые залежи в пологих разломах — новый тип месторождений золота // Отечественная геология. 1998. № 6. С. 65—70.
- Анисимова Г.С., Серкебаева Е.С. Топоминералогия глубоких горизонтов месторождения Бадран / Рудогенез и металлогения Востока Азии. — Якутск, 2006. С. 9—12.
- Неустров П.Г. Структурно-морфологические особенности размещения золотого оруденения месторождения Бадран // Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. — С-Пб., 2004.
- Неустров П.Г. Условия локализации рудных столбов месторождения Бадран (Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2003. № 3. С. 54—57.
- Неустров П.Г. Морфогенетические типы рудных тел месторождения Бадран (северо-восточная Якутия) // Отечественная геология. 2003. № 3. С. 33—38.
- Петровская Н.В. Самородное золото. — М.: Наука, 1973.
- Самусиков В.П. Особенности концентрации ртути в самородном золоте / Рудогенез и металлогения Востока Азии. — Якутск, 2006. С. 162—164.