

# Закономерности распределения содержаний золота и серебра в рудных телах Березовского месторождения (Средний Урал)

Геннадий Петрович ДВОРНИК\*

Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия

## Аннотация

**Актуальность работы** обусловлена важным промышленным значением золоторудных месторождений, сопряженных с метасоматитами березит-лиственитовой формации, в мировой добыче.

**Цель работы** – изучение закономерностей распределения концентраций золота и серебра в рудных телах Березовского месторождения.

**Методы исследования** включали выделение промышленных типов руд для оценки качества золотого оруденения, использование вероятностно-статистической, геометро-статистической и геостатистической моделей для характеристики амплитудной и частотной изменчивости содержаний золота и серебра в рудных телах Березовского месторождения.

**Результаты.** Установлены определенные закономерности в распределении концентраций золота и серебра в основных типах руд Березовского месторождения. Так, в пределах минерализованных даек гранитоидов по процентному соотношению богатых, рядовых и бедных руд, значениям коэффициентов богатства и золото-серебряного отношения наилучшим качеством выделяются сульфидно-кварцевые руды в полосовых жилах в сравнении с более бедными вкрапленными рудами в околожилных березитах. В распределении параметров золотого оруденения (концентраций золота и серебра, линейной продуктивности руд) установлена ярусная вертикальная зональность с выделением от 2 до 3 уровней наибольшего площадного распространения оруденения по падению минерализованных даек гранитоидов в интервале глубин 112–712 м. А по простиранию рудоносности даек гранитоидов в распределении содержаний золота и серебра в рудах отмечается латеральная зональность, выраженная в закономерном возрастании продуктивности руд на горизонтах по мере удаления в направлении с юга на север от контакта Шарташского гранитного массива. По амплитудной изменчивости распределение концентраций золота и серебра в минерализованных дайках гранитоидов варьирует от весьма неравномерного до крайне неравномерного. Среди красичных сульфидно-кварцевых жил Березовского месторождения по содержанию в них золота и серебра, линейной продуктивности руд наилучшим качеством характеризуются жилы, сформировавшиеся на верхнерудном уровне (53–168 м). А с возрастанием глубины залегания жил на среднерудном (201–262 м) и нижнерудном (442–512 м) горизонтах качество руд закономерно снижается.

**Ключевые слова:** дайки гранитоидов, полосовые и красичные сульфидно-кварцевые жилы, вкрапленные руды в березитах, зональность, содержания золота и серебра, распределение.

## Введение

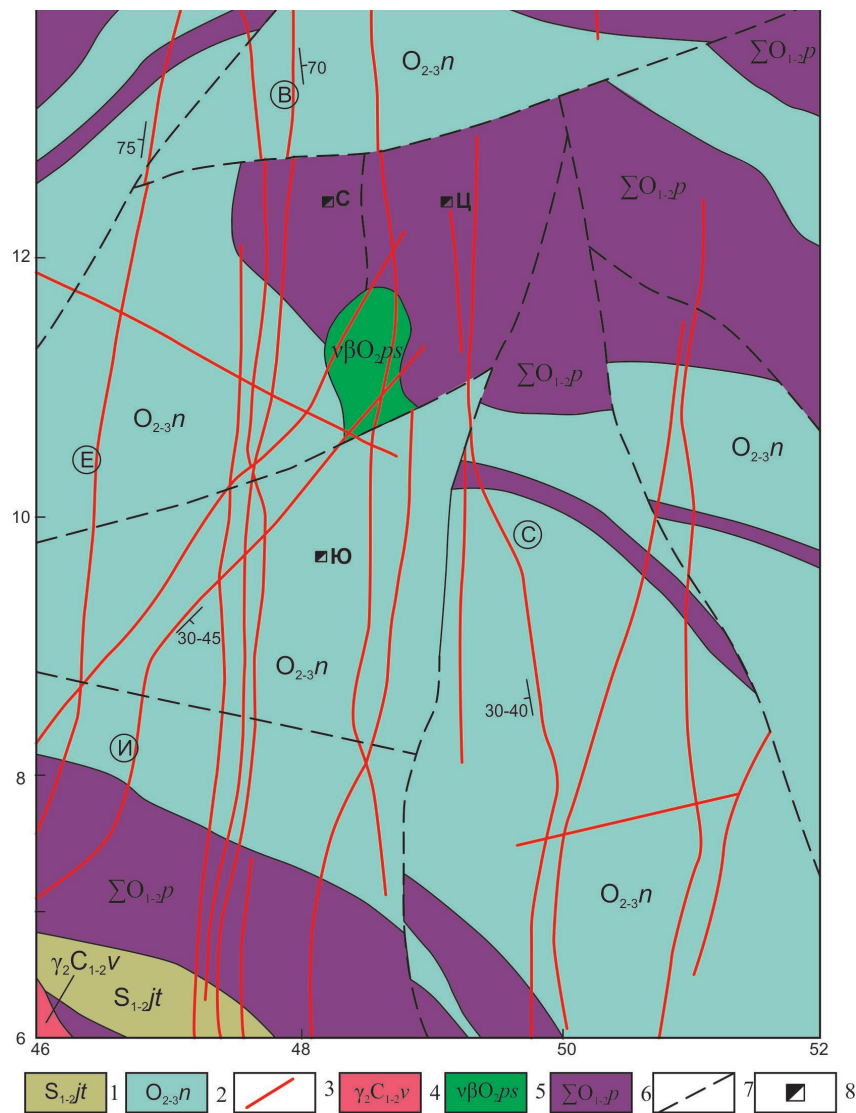
Березовское золоторудное месторождение на Среднем Урале расположено к северо-востоку от Шарташского гранитного массива верхисетского комплекса. Рудные тела на месторождении представлены серией (около 25) минерализованных даек гранитоидов каменноугольного возраста и красичными сульфидно-кварцевыми жилами среди вулканогенно-осадочных пород новоберезовской толщи и интрузивных основных и ультраосновных пород пышминского и первомайского комплексов (рис. 1).

Гранитоидные дайки Березовского месторождения объединяются в три меридиональные свиты [1]: западную (дайки Елизаветинская, Первоначальная и др.), центральную (дайки Первопавловская, Андреевская, Ильинская и др.) и восточную (дайки Леонтьевская, Борисовская, Соймановская и др.). Длина даек гранитоидов достигает

нескольких километров при мощности 7–20 м. Золотое оруденение на месторождении развито в пределах минерализованных даек гранитоидов в «полосовых» сульфидно-кварцевых жилах мощностью от нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров при средней мощности 10 см, во вкрапленных рудах в окаймляющих их зонах березитов мощностью 0,2–1 м и в «красичных» сульфидно-кварцевых жилах мощностью от нескольких сантиметров до 1,5 м при средней мощности 30 см, залегающих в породах основного и ультраосновного состава (габбро, долеритах, серпентинитах, тальк-карбонатных метасоматитах, лиственитах). Рудные минералы в сульфидно-кварцевых жилах представлены пиритом, блеклыми рудами, халькопиритом, галенитом, айкинитом, золотом, во вкрапленных рудах в березитах – пиритом

\*gpdvornik@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9013-2223>



**Рисунок 1. Геологическая карта Березовского золоторудного месторождения [1, 2]:** 1 – сланцы, алевролиты, песчаники кремнисто-терригенной толщи; 2 – базальты и их туфы, кремнистые сланцы новоберезовской толщи; 3 – минерализованные дайки гранитоидов (И – Ильинская, Е – Елизаветинская, В – Второпавловская, С – Соymanовская); 4 – граниты Шарташского массива; 5 – габбро-долериты пishминского комплекса; 6 – метагипербазиты (серпентиниты) первомайского комплекса; 7 – разрывные нарушения; 8 – шахты (С – Северная, Ю – Южная, Ц – Центральная разведочная). Система координат Березовского рудника (сетка через 1 км)

**Figure 1. Geological map of Berezovskoe gold ore deposit [1, 2]:** 1 – shales, siltstones, sandstones of siliceous-terrigenous strata; 2 – basalts, their tuffs, siliceous shales of novoberezovskaya strata; 3 – mineralized dikes granitoids (И – Il'inskaya, Е – Elizavetinskaya, В – Vtoropavlovskaya, С – Soymanovskaya); 4 – granites of Shartash massiff; 5 – gabbro-dolerite of pishminsky complex; 6 – metabasites (serpentinites) of pervomaisky complex; 7 – tectonic faults; 8 – mine (N – North, S – South, C – Central prospect). System coordinate of Berezovsky mine (grid over 1 km)

и золотом. Отложение минералов в жилах происходило последовательно в четыре стадии: 1) анкерит-кварцевую; 2) золото-пирит-кварцевую; 3) золото-полиметаллически-кварцевую; 4) карбонатную [3, 4]. В распределении этих минеральных ассоциаций на Березовском месторождении установлена эндогенная зональность [5, 6].

Метасоматиты березит-лиственитовой формации образовались в процессе кислотного выщелачивания при температуре 280–395 °С и давлении 0,6–2,0 кбар под воздействием флюидов мантийно-корового генезиса [7]. В близких физико-химических условиях (Т = 290–360 °С, Р = 2,5 кбар) сформировались в эту стадию гидротермальные полосовые и красичные кварцевые жилы [8]. Кристаллизация рудных минералов пирит-кварцевой и полиметаллически-кварцевой ассоциаций в жилах про-

исходила в позднюю щелочную стадию гидротермального процесса при Т = 285–150 °С и Р = 2,3–0,3 кбар [9]. Формирование березитов и золотого оруденения Березовского месторождения протекало по данным U–Pb изотопного анализа в интервале 296–292 млн лет, а время кристаллизации гранитов Шарташского массива и дайкового комплекса составило 312–298 млн лет [10].

Березовское месторождение золота по сложности геологического строения относится к 3-й группе по классификации ГКЗ. Проведенными на месторождении геологоразведочными работами, включавшими проходку скважин колонкового бурения, горных выработок (шахт, квершлагов, штреков, ортов, восстающих, уклонов), опробование, геофизические исследования, установлено развитие промышленного золотого оруденения до глуби-

Таблица 1. Качественная характеристика жильного и вкрапленного типов руд в минерализованных дайках гранитоидов Березовского месторождения

Table 1. Qualitative description vein and impregnation types ores in mineralized dikes granitoids of Berezovskoe deposit

Рудные тела (дай-ки)	Природные типы руд	Горизон-ты, м	Количество блоков	Количество проб	Промышленные типы руд, %			Коэффици-ент богатства	Золото-сере-бряное отно-шение
					Богатые	Рядовые	Бедные		
Елизаветинская	Жильный	120	3	197	69,0	20,0	11,0	30,9	0,38
		162	13	482	39,0	26,0	35,0	20,0	1,09
		212	6	162	46,0	23,0	31,0	12,0	0,60
		262	15	617	40,0	28,0	32,0	19,3	0,72
		412	4	244	23,0	24,0	53,0	10,2	0,46
	512	10	333	22,0	16,0	62,0	10,1	0,65	
	Вкрапленный	120	3	135	1,0	6,0	93,0	0,9	0,20
		162	13	206	–	4,0	96,0	0,3	0,40
		212	6	157	–	2,0	98,0	0,4	0,20
		262	15	479	5,0	5,0	90,0	0,6	0,30
412		4	111	–	1,0	99,0	0,4	0,20	
512	10	232	1,0	2,0	97,0	0,4	0,43		
Первопавловская	Жильный	212	33	1214	40,0	29,0	31,0	10,9	0,30
		262	36	1380	36,0	30,0	43,0	13,2	0,48
		314	15	564	37,0	30,0	33,0	10,5	0,34
		412	13	536	32,0	31,0	37,0	14,4	0,80
		462	11	502	39,0	24,0	37,0	16,4	0,84
	512	21	1310	37,0	29,0	34,0	13,4	1,91	
	Вкрапленный	212	33	1445	0,6	3,5	95,9	0,8	0,23
		262	36	1110	0,5	1,9	97,6	0,4	0,19
		314	15	475	–	2,0	98,0	0,4	0,27
		412	13	347	–	7,0	93,0	0,6	0,37
462		11	383	2,0	3,0	95,0	0,6	0,17	
512	21	885	1,0	3,0	96,0	0,6	0,34		
Второпавловская	Жильный	212	29	1693	40,0	27,0	33,0	16,6	0,46
		262	25	1378	41,0	27,0	32,0	12,3	0,50
		314	11	548	35,0	28,0	37,0	9,5	0,29
		462	19	596	54,0	19,0	27,0	16,2	1,41
		512	21	2027	35,0	31,0	34,0	10,6	0,68
	Вкраплен-ный	212	29	1193	0,5	2,0	97,5	0,6	0,12
		262	25	859	0,5	3,5	96,0	0,6	0,19
		314	11	319	3,0	5,0	92,0	1,0	0,28
		462	19	308	4,0	9,0	87,0	0,9	0,66
		512	21	1514	0,5	2,5	97,0	0,6	0,20

ны 750 м [11]. Балансовые запасы золота категории  $C_1$  и  $C_2$  были сосредоточены на месторождении в полосовых (лестничных) сульфидно-кварцевых жилах (54 %), во вкрапленных рудах в околожильных березитах (43 %) и в красичных сульфидно-кварцевых жилах (3 %). Березовское месторождение по величине запасов золота (466 т) относится к крупным объектам [12]. Его разработка началась в 1748 г. За 250 лет эксплуатации на нем было добыто 340 т золота [13]. Во второй половине XX в. (1955–1999 гг.) добыча золота на Березовском месторождении составила свыше 64 т при среднем содержании 2,36 г/т [14].

Березовское месторождение является эталонным объектом геолого-промышленного типа плутогенных гидротермальных месторождений золото-полисульфидных руд, приуроченных к интрузивным телам, представленным сериями даек и малыми интрузивами преимущественно кислого состава, на долю которых приходится 5 % мировой добычи золота [15]. К этому типу относятся также крупные золоторудные месторождения в Казахстане (Бестюбе, Джеламбет, Васильковское) [16–18], Чармитан в Узбекистане [19], Ливенгуд в США, суперкрупное по запасам золота (1210 т) месторождение Донлин Крик на полуострове Аляска в США [20, 21].

**Таблица 2. Качественная характеристика руд в минерализованных дайках гранитоидов на разных горизонтах Березовского месторождения**

**Table 2. Qualitative description ores in mineralized dikes granitoids on different horizons of Berezovskoe deposit**

Рудные тела (дай-ки)	Горизонты, м	Количество проб	Промышленные типы руд, %			Линейная продуктив-ность, км × г/т	Золото-серебря-ное отношение
			Богатые	Рядовые	Бедные		
Елизаветинская	120	332	28	14	58	8,3	0,31
	162	688	27	19	54	24,3	0,82
	212	319	23	13	64	5,1	0,40
	262	1096	25	18	57	23,5	0,56
	412	355	16	17	67	6,6	0,37
	512	565	13	10	72	8,4	0,50
Первопавловская	212	2659	19	15	66	23,7	0,26
	262	2490	20	17	63	36,8	0,39
	314	1039	20	17	63	11,8	0,30
	412	883	19	22	59	14,6	0,62
	462	885	23	15	62	12,4	0,56
	512	2195	23	19	58	21,8	1,31
Второпавловская	712	168	2	7	91	0,9	0,75
	112	678	41	22	37	25,9	–
	212	2886	23	16	61	33,4	0,32
	262	2237	25	19	56	23,3	0,40
	314	867	23	20	57	8,5	0,29
	462	904	37	16	47	12,5	1,15
Саймановская–Соединенная	512	3541	20	19	61	18,3	0,47
	712	897	2	5	93	1,2	0,54
	112	155	43	16	41	4,7	–
	212	732	40	22	38	7,8	–
	262	315	23	16	61	5,0	–
	314	76	33	12	55	1,3	–
Ильинская	412	598	27	18	55	13,3	0,61
	512	1906	17	14	69	15,3	0,25
	112	107	24	18	58	0,3	0,54
	314	327	34	15	51	1,3	0,54
	412	134	26	31	43	0,3	0,27
Андреевская	512	519	22	15	63	1,1	0,33
	712	110	4	11	85	0,2	0,17
	142	219	42	22	36	0,5	0,62
	175	172	37	20	43	0,3	0,37
	412	426	22	16	62	1,4	0,55
	462	593	22	19	59	0,8	0,58
Андреевская	512	1019	16	16	68	1,6	0,48
	712	38	3	11	86	0,1	0,17

**Методика исследований**

Фактическим материалом для изучения закономерностей распределения концентраций золота и серебра в рудных телах Березовского месторождения являются представительные данные геологической документации и эксплуатационного опробования руд на золото и серебро в разведочных штреках, пройденных на разных горизонтах по простиранию минерализованных даек гранитоидов

и красичных жил [22–24]. Отбор проб на пробирный анализ на золото и серебро проводился на месторождении задирковым, точечным и бороздовым способами с учетом мощности руд при определении средних содержания этих компонентов в эксплуатационных блоках. Оценка вариации качества золотого оруденения Березовского месторождения включала выделение по содержанию золота промышленных типов руд: богатых (более 10 г/т),

Таблица 3. Изменчивость качества руд по простиранию минерализованных даек гранитоидов Березовского месторождения  
Table 3. Variability quality ores on strike mineralized dikes granitoids of Berezovskoe deposit

Рудные тела (дайки)	Горизонты, м	Части месторождения	Количество блоков	Количество проб	Промышленные типы руд, %			Коэффициент богатства	Золото-серебряное отношение
					Богатые	Рядовые	Бедные		
Елизаветинская		Северная	5	429	27	20	53	16,9	0,72
	262	Центральная	5	260	19	15	66	5,4	0,52
		Южная	5	407	22	22	56	8,5	0,43
Первопавловская	212	Северная	11	647	20	17	63	6,6	0,36
		Центральная	11	1072	16	14	70	5,1	0,20
		Южная	11	940	16	14	70	5,0	–
	262	Северная	12	755	25	22	53	10,5	0,70
		Центральная	12	962	18	15	67	5,3	0,25
		Южная	12	773	18	18	64	6,0	0,27
Второпавловская	212	Северная	10	939	26	16	58	14,1	0,39
		Центральная	10	1233	23	17	60	8,2	0,26
		Южная	9	714	23	18	59	7,5	0,33
	262	Северная	9	808	26	13	61	9,3	0,56
		Центральная	8	728	25	17	58	8,0	0,30
		Южная	8	701	20	23	57	6,0	0,32
Соймановская – Соединенная		Северная	8	699	22	16	62	5,6	0,30
	512	Центральная	8	580	24	15	61	8,2	0,33
		Южная	8	627	8	14	78	2,8	0,13

рядовых (3–10 г/т) и бедных (0,1–3 г/т), определение значений золото-серебряного отношения и коэффициентов богатства как отношения средних содержаний золота в основных природных типах руд и блоках к минимальному промышленному содержанию [25]. Для исследования амплитудной изменчивости концентраций золота и серебра в эксплуатационных блоках месторождения использовалась вероятностно-статистическая модель, основной характеристикой которой является коэффициент вариации оценочного параметра. Оценка частотной изменчивости в распределении содержаний золота и серебра в рудах проводилась в результате сглаживания по геометро-статистической модели [26] исходных данных опробования разведочных штреков с помощью пятичленного интерполяционного полинома по программе «Аппроксимация» и определения радиусов геометрической автокорреляции при преобладании закономерной составляющей изменчивости содержаний полезных компонентов руд над ее случайной составляющей или их равных соотношениях. В противных случаях для концентраций золота и серебра в рудах с помощью геостатистической модели [27, 28] строились по профилям разведочных штреков графики изменения автокорреляционной функции и определялись значения радиусов автокорреляции.

#### Распределение содержаний золота и серебра в рудных телах Березовского месторождения

Объектом проведенных исследований являются дайки гранит-порфиров и плагиогранит-порфиров Березовского месторождения (Елизаветинская, Первопавловская, Второпавловская, Андреевская, Ильинская, Соймановская), рис. 1, наиболее продуктивные по количеству разведанных запасов золота (более 80 %). В процессе исследований были обработаны по программам «Статистика», «Аппроксимация», «Автокорреляция» 33 130 пробирных анализов на золото и серебро задирковых, точечных и бороздовых проб, отобранных из кварцево-жильных и вкрапленных руд в березитах в 413 эксплуатационных блоках Березовского месторождения. В пределах минерализованных даек гранитоидов (Елизаветинской, Первопавловской, Второпавловской) наилучшим качеством золотого оруденения по процентному содержанию богатых, рядовых и бедных руд в блоках на отдельных горизонтах в интервалах глубин от 120 до 512 м, средним значением коэффициентов богатства (9,5–30,9) и золото-серебряного отношения (0,29–1,91) характеризуются полосовые сульфидно-кварцевые жилы. А для вкрапленного типа золотого оруденения в околожильных березитах характерны резкое преобладание в процентном отношении на всех

**Таблица 4. Изменчивость содержаний золота в рудах в минерализованных дайках гранитоидов на разных горизонтах Березовского месторождения**

**Table 4. Variability gold contents in ores in mineralized dikes granitoids on different horizons of Berezovskoe deposit**

Рудные тела (дайки)	Горизонты, м	Блоки	Длина профиля L, м	Количество проб	Коэффициент вариации V, %	Изменчивость		Радиус автокорреляции R <sub>a</sub> , м
						Закономерная	Случайная	
Андреевская	175	106	96	74	206	0,34	0,49	2,1
		107	76	62	196	0,23	0,56	1,0
		Среднее		136	196–206			1,6
		108	139	81	324	0,25	0,56	0,9
		110	143	64	246	0,23	0,57	0,7
	412	11	140	99	214	0,21	0,60	0,5
		113	117	42	173	0,26	0,62	0,4
		114	75	51	228	0,36	0,41	1,0
		Среднее		337	173–324			0,7
		111	137	181	225	0,33	0,48	0,4
	462	112	108	131	285	0,38	0,39	1,7
		113	119	155	199	0,29	0,55	0,4
		114	78	79	170	0,24	0,62	1,8
		Среднее		546	170–285			1,1
		108	157	108	388	0,25	0,55	1,3
	512	109	113	84	185	0,28	0,55	0,6
		110	141	170	211	0,26	0,58	1,6
		111	144	83	195	0,21	0,63	1,8
		112	112	83	209	0,25	0,57	1,0
		113	122	64	150	0,24	0,59	0,7
114		75	101	185	0,35	0,33	–	
115		96	99	216	0,30	0,54	0,4	
116		46	74	235	0,20	0,58	1,0	
117		100	153	210	0,29	0,54	0,6	
Среднее			588	150–388			0,9	
Ильинская	112	96	69	30	148	0,50	0,37	–
		97	99	77	206	0,38	0,52	1,0
		Среднее		107	148–206			1,0
	314	103	71	66	141	0,30	0,55	0,6
		104	74	80	180	0,30	0,48	0,8
		105	108	72	182	0,20	0,61	2,1
		106	88	59	191	0,36	0,50	1,2
		Среднее		277	141–191			1,2
	412	119	95	73	149	0,23	0,58	1,6
		107	95	94	221	0,36	0,51	1,8
110		143	69	184	0,33	0,49	1,3	
112		125	112	213	0,32	0,51	0,4	
113		123	80	212	0,28	0,57	0,7	
512	117	82	100	193	0,28	0,57	0,4	
	Среднее		455	184–221			0,9	

горизонтах бедных руд, более низкое среднее значение коэффициентов богатства (0,3–1,0) и золото-серебряного отношения (0,12–0,66), табл. 1. Сульфидно-кварцевый тип оруденения в полосовых жилах является на месторождении основным типом руд, в котором сосредоточено более половины разведанных запасов золота. Вторым

по промышленному значению и величине запасов золота (около 200 т) является вкрапленный тип оруденения в околожильных березитах, выделяющийся более низким качеством руд, невысокими концентрациями в них золота (0,1–3 г/т), но большей мощностью зон березитизации (0,2–1 м) в сравнении с полосовыми жилами.

Таблица 5. Изменчивость содержаний серебра в рудах в минерализованных дайках гранитоидов на разных горизонтах Березовского месторождения

Table 5. Variability silver contents in ores in mineralized dikes granitoids on different horizons of Berezovskoe deposit

Рудные тела (дай-ки)	Горизон-ты, м	Блоки	Длина профиля L, м	Количество проб	Среднее содержание С, г/т	Кoeffициент вариации V, %	Изменчивость		Радиус автокорреляции R <sub>a</sub> , м	
							Закономерная	Случайная		
Андреевская	412	108	139	56	3,09	116	0,28	0,53	1,3	
		110	143	63	2,68	138	0,24	0,55	1,2	
		111	140	85	1,96	111	0,28	0,56	0,6	
		113	117	41	2,01	137	0,41	0,30	–	
		114	75	51	3,69	136	0,22	0,58	1,0	
		Среднее			296	2,53	111–138			1,0
	462	111	137	145	3,02	130	0,30	0,53	2,5	
		112	108	111	7,12	143	0,27	0,52	1,4	
		113	119	117	3,05	252	0,28	0,56	0,6	
		Среднее			373	4,28	130–252			1,5
	512	108	157	76	1,85	226	0,28	0,55	0,7	
		109	113	53	2,85	155	0,24	0,58	1,3	
		110	141	114	1,87	269	0,25	0,54	1,3	
		111	144	64	3,31	370	0,25	0,55	0,5	
		112	112	75	7,12	272	0,24	0,55	2,5	
		113	122	58	3,94	193	0,27	0,57	0,4	
		114	75	53	1,46	382	0,43	0,25	–	
		115	93	49	2,78	136	0,36	0,48	4,2	
		117	100	112	2,71	164	0,22	0,59	1,6	
		Среднее			654	2,76	136–382			1,4
Ильинская	314	103	71	98	7,16	164	0,36	0,47	2,8	
		104	74	97	7,13	220	0,41	0,30	–	
		105	108	116	4,53	351	0,25	0,54	1,8	
		Среднее			311	5,78	164–351			2,3

Отличительной чертой многих гидротермальных золоторудных месторождений является вертикальная минералого-геохимическая зональность в размещении золотого оруденения [29–31]. Ее выявление имеет как научный интерес, так и практическое значение для прогнозирования и поисков золотого оруденения. На 15 золоторудных месторождениях основных геолого-промышленных типов (Советское, Васильковское, Нежданинское, Олимпиада, Дукат, Карамкен и др.) в распределении параметров золотого оруденения (концентраций золота и серебра, продуктивности руд, мощности тел) и околорудных метасоматитов выделены три типа вертикальной рудно-метасоматической зональности: контрастный и неконтрастный, градиентный и ярусный [32]. В результате проведенных исследований в распределении параметров золотого оруденения в минерализованных дайках гранитоидов Березовского месторождения (Елизаветинской, Первопавловской, Второпавловской, Соймановской и Соединен-

ной), наиболее продуктивных по количеству разведанных запасов золота (68,8 %), установлена ярусная вертикальная зональность. По падению этих рудоносных даек в интервале глубин 112–712 м по значениям рассчитанной для отдельных горизонтов месторождения линейной продуктивности руд выделяются от 2 до 3 уровней наибольшего площадного распространения промышленного золотого оруденения в рудных телах: в Первопавловской дайке на 262, 412 и 512 горизонтах, во Второпавловской дайке на 212 и 512 горизонтах, в Елизаветинской дайке на 162 и 262 горизонтах, в Соймановской и Соединенной дайках на 212 и 512 горизонтах (табл. 2). Двухъярусная вертикальная зональность выявлена и в распределении золотого оруденения на 412 и 512 горизонтах в пределах Андреевской дайки и на 314 и 512 горизонтах в Ильинской дайке, а отношение между максимальной и минимальной линейными продуктивностями руд на горизонтах, рассчитанными с учетом мощности сульфидно-кварцевых жил и

**Таблица 6. Качественная характеристика руд в красичных сульфидно-кварцевых жилах Березовского месторождения**  
**Table 6. Qualitative description ores in colour sulphide-quartz veins of Berezovskoe deposit**

Рудные тела (жилы)	Горизонты, м	Количество проб	Промышленные типы руд, %			Коэффициент богатства	Линейная продуктивность, км · г/т	Золото-серебряное отношение
			Богатые	Рядовые	Бедные			
19	100	26	77,0	15,4	7,6	17,3	1,12	–
	53	29	86,2	3,4	10,4	80,0	2,91	–
	70	51	86,4	7,8	5,8	74,0	4,81	–
	85	52	85,0	7,5	7,5	79,8	9,44	–
173	100	24	66,6	4,1	29,3	56,0	3,28	–
	121	44	73,0	6,0	21,0	47,0	5,01	–
	168	101	55,4	16,8	27,8	55,6	13,30	–
	Среднее	301	72,1	10,0	17,9	64,0	6,65	–
	201	32	62,0	19,0	19,0	17,7	1,56	1,19
	230	30	50,0	17,0	33,0	7,2	0,52	0,90
176	262	21	23,8	23,8	52,4	3,6	0,27	1,14
	Среднее	83	48,2	19,3	32,5	10,3	0,78	1,07
179	262	69	78,3	17,4	4,3	26,1	6,51	1,01
	442	99	32,3	16,2	51,5	8,0	1,82	4,11
461	462	31	19,4	6,4	74,2	2,9	0,31	1,69
	Среднее	130	29,2	13,9	56,9	6,8	1,07	3,53
	448	34	64,7	29,4	5,9	33,4	2,52	8,05
464	455	43	83,8	11,6	4,6	22,4	2,45	4,36
	462	77	80,5	13,0	6,5	33,4	6,68	3,67
	Среднее	154	77,9	16,2	5,9	30,3	3,88	4,83
466	462	27	88,9	11,1	–	20,6	1,47	3,28
	512	21	14,0	43,0	43,0	5,9	0,31	0,61
	Среднее	48	56,3	25,0	18,7	14,2	0,89	2,11

околожилных березитов, составляет от 15,6 до 7,4. При этом среднее значение золото-серебряного отношения в рудах с увеличением глубины их залегания закономерно уменьшается.

В результате проведенных исследований изменчивости качества руд по простиранию минерализованных даек гранитоидов в западной, центральной и восточной частях Березовского месторождения (табл. 3) установлена латеральная зональность в распределении концентраций золота и серебра в рудах на всех уровнях локализации золотого оруденения (верхнерудном, среднерудном и нижнерудном), выраженная в закономерном возрастании продуктивности руд в дайках по мере удаления в направлении с юга на север от контакта Шарташского гранитного массива. По процентному соотношению богатых, рядовых и бедных руд, средним значениям коэффициентов богатства и золото-серебряного отношения наилучшее качество золотого оруденения в дайках установлено в северной части месторождения. А для руд, локализованных в южной части месторождения, характерны более низкие средние значения коэффициентов богатства и золото-серебряного отношения.

Распределение концентраций золота и серебра в рудах Березовского месторождения, локализованных в пределах минерализованных даек гранитоидов, изменяется по значениям коэффициентов их вариации – от весьма неравномерного до крайне неравномерного (табл. 4, 5). Это обусловлено сложным характером проявления золотого оруденения в дайках гранитоидов по их простиранию, постоянным чередованием в разведочных штреках более богатых сульфидно-кварцевых руд в полосовых жилах и более бедных вкрапленных руд в березитах. В распределении содержаний золота и серебра в рудах в большинстве эксплуатационных блоков преобладает случайная составляющая концентраций этих компонентов над ее закономерной составляющей. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее высокой частотной изменчивостью в распределении содержаний золота и серебра в рудах в пределах минерализованных даек гранитоидов Березовского месторождения, выраженной средними значениями их радиусов автокорреляции, выделяются горизонты с наибольшей концентрацией золотоносных сульфидно-кварцевых жил в эксплуатационных



**Таблица 7. Изменчивость содержаний золота в рудах красичных сульфидно-кварцевых жил Березовского месторождения**  
**Table 7. Variability gold contents ores in colour sulphide-quartz veins of Berezovskoe deposit**

Рудные тела (жилы)	Горизонты, м	Длина профиля L, м	Количество проб	Коэффициент вариации V, %	Изменчивость		Радиус геометрической автокорреляции $R_g$ , м	
					Закономерная	Случайная		
19	100	50	26	116	0,68	0,19	4,5	
	53	28	29	171	0,25	0,54	–	
	70	50	51	97	0,35	0,46	–	
	85	91	52	89	0,45	0,36	3,1	
	100	45	24	92	0,51	0,32	3,5	
173	121	82	44	79	0,37	0,40	–	
		99	65	82	0,57	0,23	4,3	
	168	85	36	61	0,52	0,24	5,7	
	Среднее		327	61–171			4,2	
	201	68	32	123	0,85	0,05	5,2	
176	230	56	30	95	0,95	0,01	3,7	
	262	58	21	162	0,92	0,01	3,9	
	Среднее		83	95–162			4,3	
		52	26	148	0,92	0,02	4,0	
	262	140	43	161	0,92	0,03	9,3	
179	Среднее		69	148–161			6,7	
		72	36	200	0,59	0,26	4,8	
		52	26	512	0,25	0,53	–	
	442	52	37	245	0,58	0,27	5,0	
	462	81	31	460	0,30	0,51	–	
461	Среднее		13	20–460			4,9	
	448	58	34	274	0,42	0,40	3,9	
	455	84	43	230	0,75	0,11	5,6	
		48	24	223	0,63	0,25	7,3	
	464	44	22	492	0,54	0,34	4,0	
464	462	62	31	118	0,59	0,26	6,9	
	Среднее		154	118–492			5,5	
	462	55	27	178	0,64	0,21	4,1	
	466	512	41	21	161	0,18	0,65	–
	Среднее		48	161–178			4,1	

блоках и максимальной линейной продуктивностью руд (табл. 2, 4, 5).

Красичные сульфидно-кварцевые жилы на площади Березовского месторождения располагаются во вмещающих дайки гранитоидов породах (габбро, долеритах, серпентинитах, тальк-карбонатных метасоматитах, листовенитах) преимущественно свитами, состоящими из 4–10 и более параллельных жил, реже в виде единичных жил протяженностью от 20 до 300 м и мощностью от первых сантиметров до 1,5 м [3, 4]. Красичные жилы на месторождении образовались одновременно с полосовыми кварцевыми жилами в дайках гранитоидов, нередко являясь продолжением последних во вмещающих породах.

Для изучения характера распределения мощности содержаний золота и серебра в красичных сульфидно-кварцевых жилах были использованы данные их геологической документации и эксплуатационного опробования (811 проб на золото и серебро) в разведочных штрехах, пройденных по простиранию красичных жил, сформировавшихся на разных уровнях локализации золотого оруденения в интервале глубин от 53 до 550 м [22].

В пределах месторождения наилучшим качеством золотого оруденения, исходя из процентного соотношения богатых, рядовых и бедных руд, среднего значения коэффициентов богатства и линейной продуктивности руд, характеризуются красичные жилы, образовавшие-

**Таблица 8. Изменчивость содержаний серебра в рудах красичных сульфидно-кварцевых жил Березовского месторождения**  
**Table 8. Variability silver contents in ores colour sulphide-quartz veins of Berezovskoe deposit**

Рудные тела (жилы)	Горизонты, м	Длина профиля L, м	Количество проб	Среднее содержание С, г/т	Коэффициент вариации V, %	Изменчивость		Радиус геометрической автокорреляции R <sub>q</sub> , м
						Закономерная	Случайная	
176	201	68	32	19,34	206	0,45	0,35	4,0
	230	56	30	10,40	131	0,64	0,23	3,7
	262	58	21	4,11	213	0,52	0,27	5,3
	Среднее		83	12,51	131–213			4,3
179		52	26	42,63	174	0,32	0,47	–
	262	140	43	28,82	228	0,60	0,30	7,4
	Среднее		69	33,59	174–228			7,4
461	442	72	36	6,57	226	0,47	0,25	6,5
		52	37	1,20	512	0,25	0,53	–
	462	81	31	2,25	170	0,64	0,26	6,2
	Среднее		104	2,50	170–512			6,4
464	442	52	26	1,20	219	0,63	0,26	4,7
	448	58	34	5,39	188	0,69	0,19	5,3
	455	84	43	6,68	188	0,71	0,19	6,5
		48	24	43,23	338	0,28	0,50	–
	462	44	22	4,80	148	0,62	0,25	4,0
		62	31	9,96	189	0,51	0,30	4,1
466	Среднее		180	8,16	148–338			4,9
	462	55	27	8,16	140	0,79	0,16	3,8
	512	41	21	12,57	102	0,31	0,46	–
	Среднее		48	10,09	102–140			3,8

еся на верхнерудном уровне (53–168 м), табл. 6. На этом уровне в наиболее протяженной красичной жиле 173, расположенной в северо-восточной части месторождения среди долеритов на пересечении с дайкой Самобытной, в распределении золотого оруденения по ее падению по значениям максимальной линейной продуктивности руд установлена, как и в дайках гранитоидов, двухъярусная вертикальная зональность на 85-м и 168-м горизонтах. С возрастанием глубины залегания красичных жил на среднерудном (201–262 м) и нижнерудном (442–512 м) горизонтах качество руд закономерно снижается: уменьшаются средние значения коэффициента богатства и линейной продуктивности руд и увеличивается в них золото-серебряное отношение. В целом красичные жилы Березовского месторождения по качеству руд сопоставимы с сульфидно-кварцевыми полосовыми жилами в минерализованных дайках гранитоидов (табл. 1, 6).

В распределении концентраций золота и серебра в красичных жилах Березовского месторождения резко преобладает, в отличие от минерализованных даек гранитоидов, закономерная составляющая изменчивости над ее случайной составляющей (табл. 4, 5, 7, 8). По амплитудной изменчивости распределение содержаний золота в красичных жилах изменяется от неравномерного до крайне

неравномерного, содержаний серебра в рудах – от весьма неравномерного до крайне неравномерного. Наибольшая частотная изменчивость в распределении концентраций золота установлена для красичных жил, образовавшихся на верхнерудном уровне. А красичные жилы, развитые на средних и нижних горизонтах Березовского месторождения, характеризуются меньшей частотной изменчивостью содержаний золота и серебра в разведочных штреках и близкими средними значениями их радиусов геометрической автокорреляции (табл. 7, 8).

**Заключение**

Латеральная и вертикальная зональность в распределении параметров золотого оруденения (концентраций золота и серебра, продуктивности руд) в минерализованных дайках гранитоидов и сульфидно-кварцевых красичных жилах Березовского месторождения, установленная в результате проведенных исследований, обусловлена совокупностью магматических, структурно-тектонических и гидротермально-метасоматических рудоконтролирующих факторов [33–36]. Одним из важных элементов магматического контроля оруденения месторождения является наличие эндогенной зональности в распределении рудных минеральных ассоциаций в дайках гранитоидов, выраженной в постепенной смене в меридиональ-

ном направлении по мере удаления на север от контакта Шарташского гранитного массива менее продуктивной золото-пирит-кварцевой ассоциации в дайках на более продуктивную золото-полиметаллически-кварцевую [5, 6]. По простираю минерализованных даек гранитоидов в этом направлении в эксплуатационных блоках увеличивается процентное количество богатых руд, средние значения коэффициента богатства и золото-серебряного отношения и улучшается качество руд. По мнению других авторов [37, 38], золотое оруденение максимально проявлено в дайках гранитоидов на участках их пересечения с гипербазиитами Пышминского массива. Характерной особенностью Березовского рудного поля является, согласно [37], приуроченность промышленного золотого оруденения в дайках гранитоидов (Елизаветинской, Соймановской и др.) к областям выклинивания двух наклоненных друг к другу межпластовых интрузий альпинотипных измененных гипербазитов (Шарташского и Пышминского силлов серпентинитов), расположенных над погружающейся на север поверхностью Шарташского гранитного массива. Установлена также четкая пространственная связь с гипербазиитами сульфидно-кварцевых красичных жил, которые на месторождении размещаются либо внутри тел ультрабазитов, замещенных тальк-карбонатными метасоматитами, либо вблизи контакта гипербазитов с долеритами в узлах пересечения жил с дайками гранитоидов (Савельевской, Переплетной, Соединенной) [39].

*Исследования проведены в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН по теме «Рудообразующие процессы и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых во внутриплитных коллизионных складчатых поясах» (номер гос. учета НИОКТР 123011800011-2).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Березовское золоторудное месторождение (история и минералогия) / Д. А. Клейменов [и др.]. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2005. 200 с.
2. Калугина Р. Д., Копанев В. Ф., Стороженко Е. В., Лукин В. Г., Степанов А. Е., Рапопорт М. С., Ильясова Г. А., Суслов Д. Л., Михалева Е. Н., Шуб И. З., Глазырина Н. С., Стратович В. И., Черняк З. Б., Михайлов А. П., Герасименко Б. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Сер. Среднеуральская. Лист О-41-XXV: объяснит. записка. М.: ВСЕГЕИ, 2017. 156 с.
3. Бородаевский Н. И., Бородаевская М. Б. Березовское рудное поле. М.: Металлургия, 1947. 264 с.
4. Кутюхин П. И. Условия локализации оруденения в жилах Березовского месторождения // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: Изд-во УФАИ СССР, 1948. С. 249–275.
5. Беллавин О. В., Вагшалль Д. С., Ниренштейн В. А. Шарташский гранитный массив (Средний Урал) и связь с ним золотого оруденения // Известия АН СССР. Сер. геол. 1970. № 6. 86–90.
6. Самарцев И. Т., Захваткин В. А., Казимирский В. Ф., Михайлова Л. В., Бирюков В. Ф. О зональности Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале // Геология рудных месторождений. 1973. № 1. С. 110–117.
7. Бортников Н. С., Сазонов В. Н., Викентьева О. В., Викентьев И. В., Мурзин В. В., Наумов В. Б., Носик Л. П. Роль магматогенного флюида в формировании Березовского мезотермального золото-кварцевого месторождения, Урал // Докл. АН. 1998. Т. 363. № 1. С. 82–85.
8. Baksheev I. A., Prokof'ev V. Yu., Ustinov V. I. Genesis of metasomatic rocks and mineralized veins at the Berezovskoe deposit, Central Urals: Evidence from fluid inclusion and stable isotopes // Geochemistry International. 2001. Vol. 39. No. 9. P. 129–144.
9. Vikent'eva O. V., Bortnikov N. S., Vikentyev I. V., Groznova E. O., Lyubimtseva N. G., Murzin V. V. The Berezovsk giant intrusion-related gold-quartz deposit, Urals, Russia: Evidence for multiple magmatic and metamorphic fluid reservoirs // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 91. P. 837–863. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.08.018>
10. Прибавкин С. В., Монтеро П., Беа Ф., Ферштатер Г. Б. U–Pb возраст и состав пород Березовского золоторудного поля (Средний Урал) // Литосфера. 2013. № 1. С. 136–145. <https://elibrary.ru/qbxfaj>
11. Знаменитые месторождения Урала / Д. А. Клейменов [и др.]. Екатеринбург: Изд-во «Баско», 2006. Ч. 1. 240 с.
12. Прокофьев В. Ю., Наумов В. Б., Миронова О. Ф. Физико-химические параметры и геохимические особенности флюидов палеозойских золоторудных месторождений // Геохимия. 2018. № 12. С. 1141–1157. <https://doi.org/10.1134/S0016752518120087>
13. Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Солодов Н. А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. М.: НИА-ПРИРОДА, 1999. 220 с.
14. Беневольский Б. И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Изд. 2-е. М.: Геоинформмарк, 2002. 464 с.
15. Добычные возможности недр / отв. ред. И. В. Егорова. М.: ФГБУ «ВИМС», 2019. 544 с.
16. Spiridonov E. M. Granitic rocks and gold mineralization of North Kazakhstan // Granite-related ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent areas. St. Petersburg, 1996. P. 197–217.
17. Atlas of minerals deposit models (Republic of Kazakhstan). Almaty, 2004. 141 p.
18. Thompson J. F. H., Sillitoe R. H., Baker T., Lang J. R., Mortensen J. K. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces // Mineralium Deposita. 1999. Vol. 34. P. 323–334. <https://doi.org/10.1007/s001260050207>

19. Bortnikov N. S., Prokof'ev V. Yu., Razdolina N. V. Origin of the Charmitan gold-quartz deposit (Uzbekistan) // *Geology of Ore Deposits*. 1996. Vol. 38. No. 3. P. 208–226.
20. Ebert S., Dodd S., Miller L., Petsel S. The Donlin Creek Au–As–Sb–Hg deposit, southwestern Alaska // *Geology and Ore Deposits 2000: The Great Basin and Beyond: Geological Society of Nevada Symposium Proceedings*. Nevada, USA, 2000. P. 1069–1081.
21. Goldfarb R. J., Baker T., Dube B., Groves D. I., Hart C. J. R., Gosselin P. Distribution, Character and Genesis of Gold Deposits in Metamorphic Terranes // *Economic Geology 100<sup>th</sup> Anniversary volume*. Littleton, Colorado, USA, 2005. P. 407–450. <https://doi.org/10.5382/AV100.14>
22. Дворник Г. П., Ощуква С. Л. Распределение мощности, содержаний золота и серебра в красичных жилах Березовского золоторудного месторождения // *Вестник УрО РМО*. 2009. Вып. 6. С. 34–40.
23. Дворник Г. П., Шалагинова И. А., Кубакаева И. П. Распределение содержаний золота и серебра в минерализованных дайках гранитоидов Березовского золоторудного месторождения // *Вестник УрО РМО*. 2010. Вып. 7. С. 42–52.
24. Дворник Г. П., Имамутдинов Е. В. Распределение содержаний золота и серебра в рудах Андреевской и Ильинской минерализованных даек гранитоидов Березовского месторождения // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сборник научных статей. Пермь: ПГНИУ, 2022. Вып. 25. С. 55–63. <https://doi.org/10.17072/chirvinsky.2022.55>
25. Дворник Г. П. Оценка изменчивости содержания золота и серебра в рудах и их качества при разведке и разработке золоторудных месторождений // *Известия вузов. Горный журнал*. 2011. № 3. С. 120–125.
26. Мягков В. Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 1984. 128 с.
27. Капутин Ю. Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб: Недра, 2002. 424 с.
28. Abzalov M. *Applied mining geology*. Switzerland: Springer international Publishing, 2016. 448 p.
29. Рундквист Д. В., Неженский И. А. Зональность эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1975. 236 с.
30. Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Поленов Ю. А. Вертикальная метасоматическая зональность и ее значение для прогнозирования слепого оруденения и оценка перспектив обрабатываемых месторождений на глубину (на примере золоторудных и золотополиметаллических месторождений) // *Литосфера*. 2008. №1. С. 77–89.
31. Rafailovich M. S. Vasilkovskoye deposit as an example of large-volume gold-sulphide-quartzes stovworks of the world-class // *News of the Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2013. No. 4. P. 16–28.
32. Константинов М. М., Варгунина Н. П., Косовец Т. Н., Симкин Г. С., Шишакова Л. Н. Минералого-геохимическая зональность золоторудных месторождений // *Геология рудных месторождений*. 1998. Т. 40. № 1. 20–34.
33. Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Бабенко В. В. Березовское месторождение золота – уникальный объект полихронного и полигенного рудообразования. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 150 с.
34. Бабенко В. В. Структурные условия размещения и зональность оруденения Березовского месторождения (Урал) // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1978. № 10. С. 114–126.
35. Баранников А. Г. Березовское золоторудное месторождение: проблемы формирования, дальнейшего изучения // *Известия УГГУ*. 2019. Вып. 4 (56). С. 39–52. <https://doi.org/10.21440/2037-2091-2019-4-39-52>
36. Sazonov V., Smirnov V. The Shartash granitic pluton and Berezonky gold deposit // *International Geology Field Conference in the Urals, Russia: Excursion Guidebook*. London, 2000. P. 20–31.
37. Желобов П. П. О взаимосвязи мантийных и верхнекоровых процессов при формировании Березовского золоторудного поля (Средний Урал) // *Известия УГГА*. 2002. Вып. 15. С. 12–17.
38. Кузовков Г. Н., Двоеглазов Д. А. Об астенолитовой модели Среднего Урала и строении Шарташской золоторудной вихревой структуры // *Руды и металлы*. 2002. № 4. С. 63–72.
39. Желобов П. П. Роль гипербазитов в локализации красичных жил на Березовском рудном поле // *Проблемы образования рудных столбов*. Новосибирск: СО АН СССР, 1972. С. 199–210.
40. Бабенко В. В., Поленов Ю. А., Огородников В. Н. Роль интрузивного магматизма в генезисе Березовского золоторудного месторождения (Средний Урал) // *Известия УГГУ*. 2016. Вып. 1 (41). С. 39–49.

*Статья поступила в редакцию 30 мая 2023 года*

# Conformities distribution contents gold and silver in ore bodies of the Berezovskoe deposit (Middle Urals)

Gennadiy Petrovich DVORNIK\*

The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

## Abstract

**The relevance of the work** is due to the importance industrial meaning associated with beresits and listvenites gold ores deposit in the world production.

**Purpose of the work** – study conformities of distribution gold and silver concentration in ore bodies of the Berezovskoe deposit.

**Methods of research** included separation industrial types of ores for valuation quality gold chute, use probabilistic-statistic, geometric-statistic and geostatistic models for description amplitude and frequency changeability gold and silver content in ore bodies of Berezovskoe deposit.

**Results.** It was established definite conformities in distribution contents gold and silver in primary types ores of Berezovskoe deposit. So in limits mineralized dikes granitoids on percentage correlation rich, ordinary and poor ores, meaning coefficients wealth and the gold-silver ratio the best quality distinguished sulphide-quartz ores in the strip veins in comparison with more poor impregnation ores in beresites near veins. In distribution parameters gold mineralization (contents gold and silver, linear productivity of ores) was established tier vertical zonality with separation 2–3 levels the largest foul prevalence mineralization on dip dikes granitoids in interval of depth 112–712 meters. In distribution contents gold and silver in ores registered lateral zonality on strike ore-bearing dikes granitoids. She expressed in conforming growth productivity of ores on horizons with moving off in direction with south to the north from the contact Shartash massif of granitoids. Distribution gold and silver content in mineralized dikes granitoids on amplitude variability changed from quite uneven to extremely uneven. Among colour sulphide-quartz veins of Berezovskoe deposit on content in their gold and silver, linear productivity of ores the best quality defined veins, formed on upper ore level (53–168 m). Quality ores conforming lowered with growth of depth bedding veins on middle ore level (201–262 m) and lower ore level (442–512 m) horizons.

**Keywords:** dikes granitoids, strip and colour sulphide-quartz veins, impregnation ores in beresites, zonality, content gold and silver, distribution.

*The studies carried out as part of the state assignment of the IGG UB RAS (state registration number 123011800011-2).*

## REFERENCES

1. Kleimenov D. A. [et al.]. 2005, Berezovskoe gold ore deposit (history and mineralogy). Ekaterinburg, 200 p. (In Russ.)
2. Kalugina R. D., Kopanev V. F., Storozhenko E. V., Lukin V. G., Stepanov A. E., Rapoport M. S., Ilyasova G. A., Suslov D. L., Mikhaleva E. N., Shub I. Z., Glazyrina N. S., Stratovich V. I., Chernyak Z. B., Mikhailov A. P., Gerasimenko B. N. 2017, The State geological map of the Russian Federation 1 : 200 000 scale. Issue second. Middle Ural's series. Explanatory note. Moscow, 156 p. (In Russ.)
3. Borodaevsky N. I., Borodaevskaya M. B. 1947, Berezovskoe ore field. Moscow, 264 p. (In Russ.)
4. Kutukhin P. I. 1948, Mineralization locating conditions in the veins of the Berezovskoe deposit. 200 years gold industry of the Ural. Sverdlovsk, pp. 249–275. (In Russ.)
5. Bellavin O. V., Vagshal' D. S., Nirenshtein V. A. 1970, Shartash granite massif (Middle Ural) and the gold mineralization connection with it. *Izvestiya Akademii nauk USSR. Seriya geologicheskaya* [News of the USSR Academy of Sciences. Geology series], no. 6, pp. 86–90. (In Russ.)
6. Samartsev I. T., Zakhvatkin V. A., Kazimirsky V. F., Mikhailova L. V., Biryukov V. F. 1973, On the zonality of the Berezovskoe gold ore deposit in the Middle Urals. *Geologiya rudnikh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], no. 1, pp. 110–117. (In Russ.)
7. Bortnikov N. S., Sazonov V. N., Vikent'eva O. V., Vikent'ev I. V., Murzin V. V., Naumov V. B., Nosik L. P. 1998, The role of magmatogene fluids in forming Berezovskoe mesothermal gold-quartz deposit, Ural. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], vol. 363, no. 1, pp. 82–85. (In Russ.)
8. Baksheev I. A., Prokof'ev V. Yu., Ustinov V. I. 2001, Genesis of metasomatic rocks and mineralized veins at the Berezovskoe deposit, Central Ural: Evidence from fluid inclusion and stable isotopes. *Geochemistry International*, vol. 39, no. 9, pp. 129–144.
9. Vikent'eva O. V., Bortnikov N. S., Vikentyev I. V., Groznova E. O., Lyubimtseva N. G., Murzin V. V. 2017, The Berezovsk giant intrusion-related gold-quartz deposit, Urals, Russia: Evidence for multiple magmatic and metamorphic fluid reservoirs. *Ore Geology Reviews*, vol. 91, pp. 837–863. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.08.018>
10. Pribavkin S. V., Montero P., Bea F., Fershtater G. B. 2013, U–Pb age and composition of the rocks of Berezovskoe gold field (Middle Ural). *Litosfera* [Lithosphere], no. 1, pp. 136–145. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qbxafj>
11. Kleimenov D. A. [et al.]. 2006, Famous deposits of the Urals. Part 1. Ekaterinburg, 240 p. (In Russ.)
12. Prokof'ev V. Yu., Naumov V. B., Mironova O. F. 2018, Physical and chemical parameters and geochemical peculiarity fluids Paleozoic gold ores deposits. *Geokhimiya* [Geochemistry], no. 12, pp. 1141–1157. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0016752518120087>

✉ [gpdvornik@yandex.ru](mailto:gpdvornik@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-9013-2223>

13. Boitsov V. E., Pilipenko G. N., Solodov N. A. 1999, Precious, radioactive and rare metals deposits. Moscow, 220 p. (*In Russ.*)
14. Benevol'skiy B. I. 2002, Gold of Russia: Problems of Use and Replacement of Mineral Resources base. 2<sup>nd</sup> Revised Edition. Moscow, 464 p. (*In Russ.*)
15. 2019, Extrative possibility subsoil. Editor-in-chief I. V. Egorova. Moscow, 544 p. (*In Russ.*)
16. Spiridonov E. M. 1996, Granitic rocks and gold mineralization of North Kazakhstan. Granite-related ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent areas. St. Petersburg, pp. 197–217.
17. 2004, Atlas of minerals deposit models (Republic of Kazakhstan). Almaty, 141 p.
18. Thompson J. F. H., Sillitoe R. H., Baker T., Lang J. R., Mortensen J. K. 1999, Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita*, vol. 34, pp. 323–334. <https://doi.org/10.1007/s001260050207>
19. Bortnikov N. S., Prokof'ev V. Yu., Razdolina N. V. 1996, Origin of the Charnitan gold-quartz deposit (Uzbekistan). *Geology of Ore Deposits*, vol. 38, no. 3, pp. 208–226.
20. Ebert S., Dodd S., Petsel S. 2000, The Donlin Creek Au–As–Sb–Hg deposit, southwestern Alaska: Geology and Ore Deposits 2000: The Great Basin and Beyond, Geological Society of Nevada Symposium proceedings. Nevada, USA, pp. 1069–1081.
21. Goldfarb R. J., Baker T., Dube B., Groves D. I., Hart C. J. R., Gosselin P. 2005, Distribution, Character and Genesis of Gold Deposits in Metamorphic Terranes. Economic Geology 100<sup>th</sup> Anniversary volume. Littleton, Colorado, USA, pp. 407–450. <https://doi.org/10.5382/AV100.14>
22. Dvornik G. P., Oshchukova S. L. 2009, Distribution thickness, gold and silver content in colour veins of Berezovskoe gold ore deposit. *Vestnik Ural'skogo otdeleniya Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* [Bulletin of the Ural branch of Russia Mineralogical Society], issue 6, pp. 34–40. (*In Russ.*)
23. Dvornik G. P., Shalaginova I. A., Kubakaeva I. P. 2010, Distribution gold and silver content in mineralized dikes granitoids of Berezovskoe gold ore deposit. *Vestnik Ural'skogo otdeleniya Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* [Bulletin of the Ural branch of Russia Mineralogical Society], issue 7, pp. 42–52. (*In Russ.*)
24. Dvornik G. P., Imamutdinov E. V. 2022, Distribution gold and silver content in ores of Andreevskaya and Il'inskaya mineralized dikes of granitoids of Berezovskoe deposit. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii* [Problems of mineralogy, petrography and metallogeny]. Science readings of memory P. N. Chirvinsky: collection of science articles. Perm, issue 25, pp. 55–63. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.17072/chirvinsky.2022.55>
25. Dvornik G. P. 2011, Estimation changeability of gold and silver content in ores and their quality by prospecting and development gold ore deposits. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher educational institutions. Mining Journal], no 3, pp. 120–125. (*In Russ.*)
26. Myagkov V. F. 1984, Geochemical method paragenetic analysis of the ores. Moscow, 128 p. (*In Russ.*)
27. Kaputin Yu. E. 2002, Mining computer technology and geostatistics. St. Petersburg, 424 p. (*In Russ.*)
28. Abzalov M. 2016, Applied mining geology. Switzerland: Springer international Publishing, 448 p.
29. Rundquist D. V., Nezhensky I. A. 1975, Zonality of endogenous ore deposits. Moscow, 236 p. (*In Russ.*)
30. Sazonov V. N., Ogorodnikov V. N., Polenov Yu. A. 2008, Vertical metasomatic zonality and their meaning for prediction the blind mineralization and estimation perspective development deposits on the depth (on example gold ore and gold-polymetallic deposits). *Litosfera* [Lithosphere], no. 1, pp. 77–89. (*In Russ.*)
31. Rafailovich M.S. 2013, Vasilkovskoye deposit as an example of large-volume gold-sulphide-quartzes stockworks of the world-class. *Izvestiya akademii nauk respubliki Kazakhstan. Seriya geologicheskikh i tekhtonicheskikh nauk* [News of the Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences], no. 4, pp. 16–28.
32. Konstantinov M. M., Vargunina N. P., Kosovets T. N., Simakin G. S., Shishakova L. N. 1998, Mineralogical and geochemical zonality gold ore deposits. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], vol. 40, no. 1, pp. 20–34. (*In Russ.*)
33. Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Babenko V. V. 2015, The Berezovskoe gold deposit is a unique object of polychronous and polygenic ore formation. Ekaterinburg, 150 p. (*In Russ.*)
34. Babenko V. V. 1978, Structural condition of placement and zonality mineralization Berezovskoe deposit (Ural). *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Geologicheskaya seriya* [News of the USSR Academy of Sciences. Geology series], no. 10, pp. 114–126. (*In Russ.*)
35. Barannikov A. G. 2019, Berezovskoe gold deposit: problems of formation and further study. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], issue 4 (56), pp. 39–52. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.21440/2037-2091-2019-4-39-52>
36. Sazonov V., Smirnov V. 2000, The Shartash granitic pluton and Berezovsky gold deposit. International Geology Field Conference in the Urals, Russia: Excursion Guidebook. London, pp. 20–31.
37. Zhelobov P. P. 2002, About inter connection mantle and upper crust processes by forming of Berezovskoe ore gold field (Middle Ural). *Izvestiya Ural'skoy gorno-geologicheskoy akademii* [News of the Ural State Mining Geological Academy], issue 15, pp. 12–17. (*In Russ.*)
38. Kuzovkov G. N., Dvoeglazov D. A. 2002, On the astenolite model of the Middle Urals and the structure of the Shartashskaya gold ore vortex structure. *Rudy i metally* [Ores and Metals], no. 4, pp. 63–72. (*In Russ.*)
39. Zhelobov P. P. 1972, Role hyperbasic in locating colour veins on the Berezovskoe ore field. *Problemy obrazovaniya rudnykh stolbov* [Problems of formation ore pole]. Novosibirsk, pp. 199–210. (*In Russ.*)
40. Babenko V. V., Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N. 2016, The role of intrusive magmatism in the genesis of the Berezovskoe gold ore deposit (Middle Ural). *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], issue 1(41), pp. 39–49. (*In Russ.*)

The article was received on May 30, 2023