

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / MINERAL PROCESSING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13>

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ БУРЕЛОМНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

Научная статья

Коннова Н.И.<sup>1\*</sup>, Чебокчинов И.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Сибирское Геолого-Геофизическое Предприятие, Кемерово, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kni757[at]mail.ru)

**Аннотация**

Изучен вещественный состав пробы руды Буреломного рудопроявления с массовой долей золота 3,63 г/т и серебра – от 14,1 до 50,0 г/т. Руда имеет сравнительно несложный минеральный состав. Преобладают породообразующие минералы (около 93%), рудные минералы (около 7%), кроме золота, представлены преимущественно гетитом и гематитом, пиритом, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, рутилом. Степень окисления руды очень высокая. Пирит интенсивно замещен гематитом и лимонитом вплоть до образования полных псевдоморфоз и преобразования в тонкодисперсный рыхлый лимонитовый агрегат. Самородное золото ассоциирует, преимущественно, с сульфидами и продуктами их замещения. Размер частиц варьирует в интервале 38–340 мкм, средний размер по длине и ширине – 108 мкм. Раскрытие частиц неполное: отмечены сростки золота с кварцем, альбитом, пиритом и лимонитом. Пробность золота составляет в среднем 813%. Происхождение золота гидротермально-метасоматическое. Серебро отмечено как основная примесь в составе самородного золота, также может присутствовать в лимоните и минералах свинца.

На основании детального изучения и анализа вещественного состава пробы руды Буреломного рудопроявления определены основные методы обогащения, а именно: гравитационный для выделения гравитационного концентрата; флотационный для выделения флотационного концентрата и отвальных хвостов; цианирование и сорбционное выщелачивание исходной руды для определения извлечения золота в цианистый раствор и на сорбенты (смолу и уголь). Показана возможность выбора методов и схем обогащения для последующих исследований.

В статье показана взаимосвязь между изучением вещественного состава руды, включающим несколько стандартных методик, и выбором направления последующих исследований на обогатимость, в том числе методов и схем.

Данные исследования проводились с целью последующего возможного расширения сырьевой базы обогатительного предприятия.

**Ключевые слова:** руда золотосодержащая, Буреломное рудопроявление, обогащение, минералогический анализ, пробность золота, вещественный состав.

A MINERALOGICAL ANALYSIS AND PROSPECTS OF ORE PROCESSING OF THE LIGNITE ORE OCCURRENCE

Research article

Konnova N.I.<sup>1\*</sup>, Chebokchinov I.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian Geological and Geophysical Enterprise, Kemerovo, Russian Federation

\* Corresponding author (kni757[at]mail.ru)

**Abstract**

The material composition of the ore sample of the lignite ore occurrence with the mass fraction of gold 3.63 g/t and silver – from 14.1 to 50.0 g/t was studied. The ore has a relatively simple mineral composition. Rock-forming minerals predominate (about 93%), ore minerals (about 7%), except for gold, are represented mainly by goethite and hematite, pyrite, galena, sphalerite, arsenopyrite, rutile. The oxidation degree of the ore is very high. Pyrite is intensively replaced by hematite and limonite up to the formation of complete pseudomorphoses and transformation into a finely dispersed friable limonite aggregate. Nugget gold is associated mainly with sulphides and their substitution products. The particle size varies in the range of 38–340 microns, the average length and width size is 108 microns. Particles are incomplete: gold aggregates with quartz, albite, pyrite and limonite were noted. The gold assay averages 813%. The origin of gold is hydrothermal-metasomatic. Silver is noted as the main impurity in the nugget gold, and may also be present in limonite and lead minerals.

Based on a detailed study and analysis of the material composition of the ore sample of the lignite ore occurrence, the main methods of processing were determined, namely: gravity for the separation of gravity concentrate; flotation for the separation of flotation concentrate and tailings; cyanidation and sorption leaching of the initial ore to determine the recovery of gold in the cyanide solution and on sorbents (resin and coal). The possibility of selecting methods and enrichment schemes for subsequent studies is demonstrated.

The article shows the relationship between the study of ore material composition, including several standard techniques, and the choice of the direction of subsequent enrichment studies, including methods and schemes.

These studies were carried out for the purpose of further possible expansion of the raw material base of the processing plant.

**Keywords:** gold-bearing ore, lignite ore occurrence, concentration, mineralogical analysis, gold grade, material composition.

### **Введение**

В Красноярском крае старейшими золоторудными районами являются Ольховско-Чибижекский и Сисимский, где еще с 30-х годов XIX века велись добыча россыпного золота. Сисимский золоторудно-россыпной район расположен в пределах Кизир-Казырской минерагенической зоны в зоне влияния Главного Восточно-Саянского глубинного разлома.

В 1985-88 гг. в центральной части Сисимского района были обнаружены и выделены пять контрастных геохимических аномалий рассеяния золота и элементов-спутников и рудопоявление Буреломное. Рудопоявление Буреломное расположено на водоразделе р. Мал. Сейба – руч. Владимировский на территории Курагинского района Красноярского края [1], [2], [3], [4].

Одна из серьезных проблем действующих обогатительных предприятий, заключается в расширении рудной базы, вовлечении в переработку руд новых месторождений, с этой целью были проведены исследования вещественного состава пробы Буреломного рудопоявления. В статье показана взаимосвязь между изучением вещественного состава руды, включающим несколько стандартных методик, и выбором направления последующих исследований на обогатимость, в том числе методов и схем.

Исследования проводились с целью изучения возможности расширения сырьевой базы обогатительного предприятия.

Основная цель данной работы – показать взаимосвязь между изучением вещественного состава руды, включающим несколько стандартных методик, и выбором направления последующих исследований на обогатимость, в том числе методов и схем.

### **Методы и принципы исследования**

Проба руды Буреломного рудопоявления с массовой долей золота 3,63 г/т и серебра – от 14,1 до 50,0 г/т была исследована в Сибирском федеральном университете.

Микроскопические исследования в проходящем и отраженном свете петрографических шлифов и аншлифов, выполнялись с помощью микроскопа ПОЛАМ РР-1 (ЛОМО, Россия) и Аxcioscop 40-A Pol (ZEISS, ФРГ). Изучение минерального состава различных фракций исходной пробы и продуктов обогащения проводилось с помощью бинокулярных микроскопов МСП-1 (ЛОМО, Россия) по стандартным методикам. Фазовый состав исходной пробы уточнялся методами рентгенофазового анализа, выполненного физико-химической лабораторией ЦКП СФУ (волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр XRF-1800, Shimadzu, Япония, автоматизированный рентгеновский дифрактометр XRD-6000 Shimadzu, Япония). Детальное изучение морфологии и вариаций состава самородного золота и сопутствующих минералов проводилось с помощью электронно-микроскопического (СЭМ) и микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) (электронный микроскоп «Tescan Vega 3 SBH», Чехия). Все исследования проводились в лабораториях Сибирского федерального университета по стандартным методикам для каждого типа анализов.

### **Основные результаты и обсуждение**

В результате микроскопического изучения материала пробы установлено, что кусковый материал представлен преимущественно обломками гидротермальных кварцевых жил и развивающимися по их контактам с вмещающими породами кварцитами и метасоматически переработанными двуслюдяными сланцами.

Размеры выделений нерудных минералов составляют от 0,005 мм до 0,1 мм. Микротекстуры – массивные, слоистые, плейчатые и брекчиевидные. В составе пород в различных количественных соотношениях присутствуют кварц, альбит, тонкочешуйчатый практически бесцветный и бледнозеленоватый мусковито-серицит, желтовато-зеленый эпидот с аномальными яркими цветами интерференции. Отмечаются также глинистые минералы, тонкодисперсные гидроокислы железа, гематит, пирит и псевдоморфозы лимонита по пириту.

Исследованиями в отраженном свете выявлены пятнистые и полосчатые текстуры руд, участками отмечаются процессы дробления и рассланцевания материала прожилков. Широко развиты процессы вторичного минералообразования и окисления

Проба дробленной руды была подвержена фракционному гравитационному анализу в бромформе по плотности 2 900 кг/м<sup>3</sup> с выделением тяжелой и легкой фракции. Минералогический анализ каждой фракции каждого класса крупности проводился по стандартным методикам, минералогический состав пробы представлен в таблице 1. Более подробная информация с распределением минералов по классам крупности дана в таблице 2. Разделение на тяжелую и легкую фракции довольно условно в связи с промежуточной плотностью некоторых минералов и склонностью минералов образовывать сростания и взаимопорастания – в породе присутствует значительное количество обломков сланцевых пород переменной плотности (21,75%), а также полиминеральных агрегатов. Сведения о раскрытии сростков представлены в таблице 3.

Результаты химического анализа руды показывают, что содержание серы в пробе невысокое и составляет 0,16%. Из цветных металлов в незначительных количествах присутствует медь (0,0006%), цинк (0,001%), свинец (0,0006%). Содержание мышьяка и сурьмы низкое и составляет 0,006 и 0,0004% соответственно. Массовая доля золота в пробе составляет 3,63, серебра – от 14,1 до 50,0 г/т. Установлено, что основная масса пробы представлена литофильными компонентами, из которых существенно преобладает оксид кремния (более 80%). Доля оксида алюминия составляет 6,02, суммарная доля щелочей – 1,27% соответственно.

Результаты ситового анализа дробленной исходной пробы свидетельствуют о преобладании в ней крупных классов, это позволяет констатировать, что руда крепкая [6], [7], [8], [9]. Распределение золота в руде крупностью 3-0 мм неравномерное. Наиболее обогащены металлом классы крупности менее 0,2 мм, содержание золота в них составляет

7,4-9,9 г/т, в которые распределено 48,43% металла. В дробленной до крупности 3-0 мм исходной руде количество класса менее 44 мкм составило 9,87%, массовая доля золота в котором примерно в 3 раза превышает содержание металла в исходной руде – 9,8 г/т.

В результате микроскопических исследований и минералогического анализа (табл. 1) различных фракций пробы установлено, что основными породообразующими минералами в ее составе являются кварц, мусковито-серицит и гидрослюды, альбит, минералы группы хлорита, кальцит, эпидот и бассанит. В составе нерудных минералов резко преобладает кварц (около 80%). Другие породообразующие минералы – мусковит, альбит, хлорит, кальцит, эпидот и бассанит в сумме составляют около 13% пробы (альбит (3,79%), мусковит и серицит (5,25%), в меньшем количестве присутствуют клинохлор (2,33%), кальцит (1,62%), бассанит (0,24%) и эпидот (0,06%). Рудные минералы составляют оставшиеся 7% с явным преобладанием лимонита (5%). Рудные минералы представлены лимонитом (гётит и гематит) в составе тонкодисперсного лимонитового агрегата (5,11%), пиритом (0,87%), галенитом (0,74%), сфалеритом, арсенопиритом, рутилом (0,03%), в резко подчиненном количестве (единичные мельчайшие выделения) – халькопиритом, теннантитом и вторичными минералами свинца и цинка. Степень окисления руды очень высокая. Пирит интенсивно замещен гематитом и лимонитом вплоть до образования полных псевдоморфоз и преобразования в тонкодисперсный рыхлый лимонитовый агрегат.

Полезным компонентом руды является самородное золото. Самородное золото ассоциирует, преимущественно, с сульфидами и продуктами их замещения. Размер частиц варьирует в интервале 38-340 мкм, средний размер по длине и ширине – 108 мкм. Преобладают очень мелкие золотины. Поверхность частиц неровная, ступенчатая, крючковатая, её скульптура, как и форма частиц в целом, обусловлена многочисленными отпечатками минералов, окружавших золотины до дробления руды. В результате электронно-микроскопического и микрорентгеноспектрального изучения установлено, что присутствующие в концентрате золотины имеют светло-жёлтый цвет, форма, преимущественно, удлинённо-уплощённая до комковатой, реже встречаются ажурные частицы. Раскрытие частиц неполное: отмечены сростки золота с кварцем, альбитом, пиритом и лимонитом (табл. 4). Происхождение золота гидротермально-метасоматическое.

Пробность золота составляет, в среднем, 813‰ (интервал 737-916‰, 54 точки анализа). По классификации Петровской Н.В. самородное золото относится к высокопробному.

Площадь, занятая плёнками и вросками минералов-спутников, варьирует от 1 до 65%, среднее значение – 18%. Толщина выявленных плёнок в среднем составляет менее 1 мкм, строение пористое. Серебро отмечено как основная примесь в составе самородного золота, также может присутствовать в лимоните (до 2,4%) и минералах свинца (до 5,2%).

Результаты фазового анализа представлены в табл. 5. Золото в пробе на 95,86% находится в цианируемой форме (амальгамируемая и в сростках), 2,48% металла ассоциировано с оксидами и гидроксидами железа, а также карбонатами. С сульфидами связана незначительная часть металла 0,27%, тонковкраплено в породообразующие минералы – 1,39%.

Таким образом, для выбора методов и схем обогащения, известны размер вкрапленностей золота, раскрываемость сростков, фазовый состав и др. В данной пробе металл на 95,86% находится в амальгамируемой форме и в сростках, следовательно, необходимо рассматривать в перспективе исследования на обогатимость флотационным и гидрометаллургическим методами. Кроме того, наличие свободного металла в мелких классах, позволяет предусмотреть исследования на гравитационных аппаратах. Следует также, рассматривать комбинированные схемы обогащения с целью получения максимального извлечения металла высокого качества.

Таблица 1 - Минеральный состав пробы исходной руды

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13.1>

Минералы	Содержание, %	Размер, мм	
		От-до	Преобладает
Кварц	79,98	0,1-3	2
Мусковит	5,25	0,005-0,3	0,05
Альбит	3,79	0,005-0,05	0,03
Хлорит	2,33	0,005-0,1	0,05
Карбонат	1,62	0,01-3	2
Эпидот	0,06	0,01-1	0,2
Лимонит	5,11	0,001-5	3
Пирит	0,87	0,05-3	2
Галенит	0,74	0,05-3	2
Бассанит	0,22	0,001-0,044	0,01
Рутил	0,03	0,001-0,2	0,003
Арсенопирит	зн.	0,005-8	1
Сфалерит	зн.	0,5-5	3
Теннантит	зн.	0,001-0,15	0,1

Халькопирит	зн.	0,001-0,005	0,003
Самородное золото	зн.	38-340 мкм	108 мкм
Итого	100,0	-	-

Таблица 2 - Минеральный состав пробы исходной руды по классам крупности

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13.2>

Минерал	Класс крупности, мм							Сумма
	-3+2	-2+1	-1+0,5	-0,5+0,2	-0,2+0,1	-0,1+0,074	-0,074+0,0	
Кварц	24,60	16,06	14,10	12,73	5,60	0,56	6,33	79,98
Мусковит	0,44	0,35	0,17	0,07	0,66	0,11	3,45	5,25
Альбит	1,32	1,05	0,52	0,20	0,17	0,01	0,52	3,79
Хлорит	0,87	0,70	0,35	0,13	0,11	0,00	0,17	2,33
Карбонат	0,44	0,35	0,17	0,42	0,11	менее 0,01	0,13	1,62
Эпидот	менее 0,01	0,05	менее 0,01	0,01	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	0,06
Лимонит	1,25	1,01	0,61	0,94	0,92	0,13	0,25	5,11
Пирит	0,20	0,22	0,06	0,05	0,11	менее 0,01	0,23	0,87
Галенит	0,32	0,32	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,74
Бассанит	-	-	-	-	-	-	0,22	0,22
Рутил	-	-	-	-	-	-	0,03	0,03
Итого	29,44	20,11	15,99	14,58	7,70	0,82	11,36	100,00

Таблица 3 - Раскрытие породообразующих и рудных минералов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13.3>

Класс крупности, мм	Выход, %	Минералы легкой фракции, %						Минералы тяжелой фракции, %					
		Свободные		Сростки			Раскрытие, %	Свободные		Сростки			Раскрытие, %
		От класса	От исх.	От класса	От исх.	Обл. пород от исх.		От класса	От исх.	От класса	От исх.	Обл. пород от исх.	
-3+2	29,44	60,75	16,99	39,25	10,98	8,32	60,75	26,91	0,40	73,09	1,08	0,47	26,91
-2+1	20,1	65,13	12,44	34,87	6,66	6,58	65,13	35,23	0,35	64,77	0,65	0,39	35,23
-1+0,5	16,02	75,04	11,78	24,96	3,92	3,46	75,04	53,11	0,17	46,89	0,15	0,03	53,11
-0,5+0,2	14,58	81,48	10,93	18,52	2,48	0,62	81,48	23,11	0,27	76,89	0,90	0,70	23,11
-0,2+0,1	7,68	81,33	5,43	18,67	1,25	0,83	81,33	14,23	0,14	85,77	0,86	0,29	14,23
- 0,1+0,074	0,81	89,02	0,63	10,98	0,08	0,04	89,02	8,34	0,01	91,66	0,10	0,02	8,34
- 0,074+0,0	11,37	90,99	8,79	9,01	0,87	0,00	90,99	34,53	0,59	65,47	1,12	0,00	34,53
Исходная руда	100,00	-	69,99	-	26,23	19,85	-	-	1,93	-	4,84	1,90	-

Таблица 4 - Раскрытие самородного золота при различной тонине помола

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13.4>

Класс крупности, мм	Выход, %	Золото, г/т				Раскрытие, %
		Свободные		Сростки		
		От класса	От исх.	От класса	От исх.	
-3+2	29,44	-	-	1,8	0,53	0
-2+1	20,1	-	-	2,1	0,42	0
-1+0,5	16,02	-	-	2,5	0,40	0
-0,5+0,2	14,58	-	-	3,5	0,53	0
-0,2+0,1	7,68	3,87	0,30	3,83	0,29	50,85
-0,1+0,074	0,81	7,13	0,06	2,77	0,02	72,02
-0,074+0,0	11,37	9,09	1,03	0,39	0,04	95,88
-	100,00	-	1,39	-	2,24	-

Таблица 5 - Результаты фазового анализа пробы руды Буреломного рудопоявления (Красноярского края)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.13.5>

Форма нахождения золота в руде	Тонина помола 13,74% класса -0,071 мм (исходная крупность)		Тонина помола 93,97% класса -0,071 мм	
	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %
Свободное амальгируемое и в сростках (цианируемое)	2,59	71,46	3,48	95,86
Ассоциированное с оксидами и гидроксидами железа, карбонатами	0,25	6,89	0,09	2,48
Ассоциированное с сульфидами	0,35	9,64	0,01	0,27
Тонко вкрапленное в породообразующие минералы	0,44	12,01	0,05	1,39
Исходная руда	3,63	100,00	3,63	100,00

### Заключение

В Сибирском федеральном университете были выполнены исследования вещественного состава пробы руды Буреломного рудопоявления с массовой долей золота 3,63 г/т и серебра – от 14,1 до 50,0 г/т.

Руда имеет сравнительно несложный минеральный состав. Преобладают породообразующие минералы (около 93%), рудные минералы (около 7%), кроме золота, представлены преимущественно гетитом и гематитом, пиритом, галенитом, сфалеритом, арсенипиритом, рутилом. Степень окисления руды очень высокая.

Самородное золото ассоциирует, преимущественно, с сульфидами и продуктами их замещения. Размер частиц варьирует в интервале 38-340 мкм, средний размер по длине и ширине – 108 мкм.

Пробность золота составляет, в среднем, 813%. Происхождение золота гидротермально-метасоматическое. Серебро отмечено как основная примесь в составе самородного золота, также может присутствовать в лимоните и минералах свинца.

На основании анализа вещественного состава пробы руды Буреломного рудопоявления следует выделить основные методы обогащения, а именно: гравитационный для выделения гравиконоцентрата; флотационный для выделения флотоконцентрата и отвальных хвостов; цианирование и сорбционное выщелачивание исходной руды для определения извлечения золота в цианистый раствор и на сорбенты (смолу и уголь).

Выбор гравитационных аппаратов, используемых в исследованиях, базировался на крупности зерен золота. Отсутствие крупных частиц золота в пробе позволяет исключить применение отсадочных машин и винтовых сепараторов. Гравитационное обогащение следует проводить на центробежном сепараторе и концентрационном столе, с целью получения максимально возможных показателей извлечения золота в гравитационный концентрат. При составлении схемы гравитационного обогащения необходимо предусмотреть перечистные и контрольные операции.

Флотационное обогащение с целью выделения концентрата и отвальных хвостов следует проводить в лабораторных флотационных машинах ФМР. Выбор реагентного режима должен быть классическим. В схему флотационного обогащения следует включить основную, перечистные и контрольные операции. Кроме того, необходимо рассмотреть вопрос флотации хвостов гравитационного обогащения.

В последующем необходимо предусмотреть исследования по определению рациональной схемы обогащения руды Буреломного рудопроявления.

### Благодарности

Авторы выражают признательность минерологам Ахмедову Д.А., Самородскому П.Н.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Acknowledgement

The authors express their gratitude to the mineralogists Akhmedov D.A., Samorodskiy P.N.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Миронов А.А. Золотоносные коры выветривания горной Бурятии / А.А. Миронов, Г.Б. Шуляк // Золотодобыча. — 2010. — № 135.
2. Бакшеев Н.А. Минерагенция и минерально-сырьевые ресурсы Федоровского рудного поля Кузнецкого Алатау / Н.А. Бакшеев, Ю.А. Калинин, Н.А. Росляков и др. // Материалы Международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения». — Алматы, 2009. — С. 172-177.
3. Калинин Ю.А. Золотоносные коры выветривания юга Сибири / Ю.А. Калинин, Н.А. Росляков, С.Г. Прудников. — Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006. — 339 с.
4. Петровская Н.В. Самородное золото / Н.В. Петровская. — Москва: Наука, 1973. — 349 с.
5. Щербаков Ю.Г. Федоровское месторождение золота и перспективы золотоносности Южно-Сибирской рудной провинции (Горная Шория) / Ю.Г. Щербаков, Н.В. Росляков, В.В. Колпаков // Геология и геофизика. — 2003. — Т. 44. — № 10. — С. 979-992.
6. Российская Федерация. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное : [утверждены распоряжением Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 5 июня 2007 г. № 37-р]. — Москва, 2007.
7. Шепотьев Ю.М. Минеральное сырье. Золото: справочник / Ю.М. Шепотьев, В.И. Куторгин, В.И. Наточинский и др. — М.: Геоинформмарк, 1998. — 85 с.
8. Остапенко П.Е. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования: справочник / П.Е. Остапенко. — Москва: Недра, 1990. — 268 с.
9. Бедрань Н.Г. Практикум по обогащению полезных ископаемых / Н.Г. Бедрань. — Москва: Недра, 1991. — 526 с.
10. Зеленов В.И. Методика исследования золото- и серебросодержащих руд / В.И. Зеленов. — Москва: Недра, 1989. — 302 с.
11. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость / С.И. Митрофанов, Л.А. Барский, В.Д. Самыгин. — Москва: Недра, 1974. — 352 с.
12. Вамбольдт А.Я. Поисковые работы на рудное золото в центральной части Сисимского района : Отчет Геохимической партии за 1985-88 гг. / А.Я. Вамбольдт, Л.А. Вамбольдт, В.В. Скирда. — Минусинск, 1988. — 204 с.
13. Коннова Н.И. Обогащение и переработка минерального и техногенного сырья: учебник: в 2 ч. Ч.1 / Н.И. Коннова, Э.А. Рудницкий. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. — 222 с.
14. Коннова Н.И. Рудная и технологическая минералогия: учебное пособие / Н.И. Коннова. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. — 176 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Mironov A.A. Zolotonosnye kory vyvetrivaniya gornoj Burjatii [Gold-bearing Bark Weathering of Mountainous Buryatia] / A.A. Mironov, G.B. Shuljak // Zolotodobycha [Gold Mining]. — 2010. — № 135. [in Russian]
2. Baksheev N.A. Minerageniya i mineral'no-syr'evye resursy Fedorovskogo rudnogo polja Kuznetskogo Alatau [Mineralogeny and Mineral Resources of Fedorovsky Ore Field of Kuznetsk Alatau] / N.A. Baksheev, Ju.A. Kalinin, N.A. Rosljakov et al. // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Satpaevskie chtenija» [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Satpayev Readings"]. — Almaty, 2009. — P. 172-177. [in Russian]
3. Kalinin Ju.A. Zolotonosnye kory vyvetrivaniya juga Sibiri [Gold-bearing Bark Weathering of Southern Siberia] / Ju.A. Kalinin, N.A. Rosljakov, S.G. Prudnikov. — Novosibirsk: Academic Publishing House «Geo», 2006. — 339 p. [in Russian]



4. Petrovskaja N.V. Samorodnoe zoloto [Native Gold] / N.V. Petrovskaja. — Moscow: Nauka, 1973. — 349 p. [in Russian]
5. Scherbakov Ju.G. Fedorovskoe mestorozhdenie zolota i perspektivy zolotonosnosti Juzhno-Sibirskoj rudnoj provintsii (Gornaja Shoriya) [Fedorovskoye Gold Deposit and Prospects of Gold Bearing in the South Siberian Ore Province (Gornaya Shoria)] / Ju.G. Scherbakov, N.V. Rosljakov, V.V. Kolpakov // Geologija i geofizika [Geology and Geophysics]. — 2003. — Vol. 44. — № 10. — P. 979-992. [in Russian]
6. Russian Federation. Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu Klassifikacii zapasov mestorozhdenij i prognoznyh resursov tverdyh poleznyh iskopaemyh. Zoloto rudnoe [Guidelines for the Use of the Classification of Reserves of Deposits and Forecast Resources of Solid Minerals. Ore Gold] : [approved by the Decree of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation № 37-r dated June 5, 2007]. — Moscow, 2007. [in Russian]
7. Shepotyev Yu.M. Mineral'noe syr'e. Zoloto: spravochnik [Mineral Raw Materials. Gold: reference book] / Yu.M. Shepotyev, V.I. Kutorgin, V.I. Natotsinsky et al. — M.: Geoinformmark, 1998. — 85 p. [in Russian]
8. Ostapenko P.E. Tehnologicheskaja otsenka mineral'nogo syr'ja. Metody issledovaniya: spravochnik [Process Evaluation of Mineral Raw Materials. Research Methods: reference book] / P.E. Ostapenko. — Moscow: Nedra, 1990. — 268 p. [in Russian]
9. Bedran N.G. Praktikum po obogascheniju poleznyh iskopaemyh [Workshop on Mineral Enrichment] / N.G. Bedran. — Moscow: Nedra, 1991. — 526 p. [in Russian]
10. Zelenov V.I. Metodika issledovaniya zoloto- i serebrosoderzhaschih rud [Procedure for the Study of Gold and Silver-containing Ores] / V.I. Zelenov. — Moscow: Nedra, 1989. — 302 p. [in Russian]
11. Mitrofanov S.I. Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost' [Mineral Enrichment Research] / S.I. Mitrofanov, L.A. Barskij, V.D. Samygin. — Moscow: Nedra, 1974. — 352 p. [in Russian]
12. Vamboldt A.Ya. Poiskovye raboty na rudnoe zoloto v central'noj chasti Sisimskogo rajona [Prospecting for Ore Gold in the Central Part of the Sisima Region] : Report of the Geochemical Party for 1985-88 / A.Ya. Vamboldt, L.A. Vamboldt, V.V. Skirda. — Minusinsk, 1988. — 204 p. [in Russian]
13. Konnova N.I. Obogaschenie i pererabotka mineral'nogo i tehnogennogo syr'ja: uchebnik: v 2 ch. Ch.1 [Enrichment and Processing of Mineral and Man-made Raw Materials: textbook: in 2 parts. Pt.1] / N.I. Konnova, E.A. Rudnitskij. — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2020. — 222 p. [in Russian]
14. Konnova N.I. Rudnaja i tehnologicheskaja mineralogija: uchebnoe posobie [Ore and Process Mineralogy: tutorial] / N.I. Konnova. — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2019. — 176 p. [in Russian]