ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ/MINERAL PROCESSING

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ПРОБЫ РУДЫ БУРЕЛОМНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ

Научная статья

Коннова Н.И.[1, *], Чебокчинов И.П.[2]

[1] Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Российская Федерация

[2] Сибирское Геолого-Геофизическое Предприятие, Кемерово, Российская Федерация

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

Аннотация

Статья посвящена проблеме извлечения золота флотационным методом обогащения из пробы руды Буреломного рудопроявления. Исследования с данной рудой проводились впервые. Экспериментально уточнялись основные факторы: крупность измельчения, расход флотационных реагентов, продолжительность флотации. В лабораторных условиях разработан следующий режим флотации руды: крупность питания – 85% класса 0,071-0 мм; плотность питания основной флотации – 30% твердого; расход реагентов на 1 т руды: соды – 500 г/т, медного купороса – 200 г/т бутилового ксантогената калия – 150 г/т, оксаля (Т-92) 110 г/т; жидкого стекла – 1 000 г/т; время перемешивания с реагентами, в минутах: ксантогенатом -2, Т-92 -1; время основной флотации – 6, перечистной – 5, контрольных 7 и 4 минут соответственно. Предложена оптимальная схема флотационного обогащения, по которой получен концентрат с содержанием золота 175 г/т и извлечении металла 67,40%. Минимальное содержание металла в хвостах флотации составило 0,86 г/т.

Ключевые слова: флотация, концентрат, хвосты, реагенты, извлечение, золото.

A STUDY OF FLOTATION ORE SAMPLE TREATMENT FROM A BREAKAGE ORE OCCURRENCE

Research article

Konnova N.I.[1, *], Chebokchinov I.P.[2]

[1] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

[2] Siberian Geological and Geophysical Enterprise, Kemerovo, Russian Federation

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

Abstract

The article is dedicated to the problem of gold extraction by flotation enrichment method from the ore sample of a sample of the breakage ore occurrence. Studies with this ore were carried out for the first time. The main factors were specified experimentally: grinding size, consumption of flotation reagents, duration of flotation. In laboratory conditions the following ore flotation regime was developed: feed coarseness – 85% of 0,071-0 mm class; main flotation feed density – 30% of solid; consumption of reagents per 1 tonne of ore: soda – 500 g/t, copper sulfate – 200 g/t butyl potassium xanthogenate – 150 g/t, oxal (T-92) 110 g/t; liquid glass – 1 000 g/t; mixing time with reagents, in minutes: xanthogenate – 2, T-92 –1; time of main flotation – 6, re-cleaning – 5, control 7 and 4 minutes respectively. The optimum scheme of flotation enrichment was proposed, according to which the concentrate with gold content of 175 g/t and metal recovery of 67.40% was obtained. The minimum metal content in the flotation tailings was 0.86 g/t.

Keywords: flotation, concentrate, tailings, reagents, recovery, gold.

Введение

В мировой практике в области горного дела большое распространение получило обогащение руд. Флотацию применяют для обогащения большинства руд цветных и благородных металлов.

Флотацией обогащаются частицы крупностью в пределах от 10^{-4} до 4,5 мм. Крупность флотируемых частиц зависит от формы зерен, удельного веса и от поверхностных свойств этих частиц. Флотация является одним из основных методов извлечения золота из коренных руд [1], [2].

Известно, что обогащение золотосодержащих руд производят по различным комбинированным схемам, включающим гравитационное обогащение, флотацию, кроме того, сорбцию, цианирование и электролиз [3].

Крупное золото извлекают гравитацией [4]. Флотируются руды, в которых золото заключено в сульфидах. Свободное золото редко флотируется. Применение флотации для обогащения золотосодержащих руд обеспечивает повышение полноты извлечения золота, комплексное использование и снижение эксплуатационных расходов [4], [5], [7], [8], [10].

Ранее (2018 г.) в Сибирском федеральном университете проводили работы по изучению вещественного состава и возможного обогащения пробы руды Буреломного рудопроявления. Минералогический анализ показал, руда сравнительно несложного минерального состава, с преобладанием породообразующих минералов: кварца, альбита, мусковита, серицита, кальцита. Количество рудных минералов составляет 7%, это, в основном, гетит, гематит, пирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, рутил. Основным рудным минералом в пробе является золото, на 95,86 % оно находится в цианируемой форме, 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%. Массовая доля золота в пробе составляет 3,63, серебра - от 14,1 до 50,0 г/т. Размер частиц

варьирует в интервале 38-340 мкм, средний размер по длине и ширине – 108 мкм. Преобладают очень мелкие золотины.

Таким образом, учитывая результаты минералогического анализа пробы руды и предшествующего гравитационного обогащения, были выполнены исследования по флотации пробы руды. Следует отметить, что изучение флотационного разделения проводились впервые в лабораторных условиях. В статье представлены результаты исследования на обогатимость методом флотации пробы руды Буреломного рудопроявления. Интерес к руде данного месторождения обусловлен возможным расширением рудной базы золотоперерабатывающих предприятий. Истощение богатых золотосодержащих руд на действующих предприятиях является серьезной проблемой, поэтому на обогатительных фабриках проводятся перспективные работы по изысканию новых месторождений.

Целью данных исследований являлось изучение возможности флотационного извлечения золота из пробы руды Буреломного рудопроявления. Задачи исследований включали выбор и определение основных условий проведения флотационного процесса. Последовательно определялись оптимальные параметры процесса. В работе выявлено, что 85% класса минус 0,074 мм является оптимальной крупностью измельчения данной руды. Расходы флотационных реагентов составили на 1 т руды: соды – 500 (подача соды рекомендуется в операцию измельчения руды), медного купороса – 200, бутилового ксантогената калия –150, оксаля (Т-92) 110 и жидкого стекла – 1 000 г/т соответственно. Определены оптимальная плотность питания основной флотации – 30% твердого и время перемешивания с реагентами, в минутах: с содой – 5, жидким стеклом – 5, бутиловым ксантогенатом калия – 2, Т-92 – 1соответственно. Экспериментально определено время основной флотации – 6, перечистной – 5, контрольных 7 и 4 минут соответственно. Были проведены контрольные опыты в замкнутом цикле по классической схеме (основная, 2 контрольных и 1 перечистная операции). Показано, что при флотации руды по классической схеме возврат промежуточных продуктов в соответствующие операции не ухудшает данный процесс. Извлечение золота во флотационный концентрат с содержанием металла 175 г/т составляет 67,40%.

Методы и принципы исследования

В ранее проведенных исследованиях вещественного состава руды (в 2018 г.) отмечено, что наиболее обогащены металлом классы крупности менее 0,2 мм, содержание золота в них составляет 7,4–9,9 г/т, в эти классы 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. Таким образом, целесообразно изучить возможность флотационного обогащения руды Буреломного рудопроявления. Флотационные схемы золотосодержащих руд, включают основную, перечистную и контрольную операции. Число перечистных операций не превышает трех, контрольных – двух [11], [12].

Подготовка пробы проводили по стандартной схеме [13]. Для дробления материала пробы использовали щековую дробилку типа ДЛЩ 80х150 (дробилка лабораторная щековая с размером приемного отверстия 80х150 мм) в замкнутом цикле с поверочным грохочением. Перемешивание (методом кольца и конуса) и сокращение производили классически с соблюдением расчета минимальной массы пробы.

В мельнице шаровой лабораторной МШЛ-7 (или 40 МЛ мельница лабораторная) объемом 0,007 м^3 осуществляли измельчение пробы руды при соотношении твердого, жидкого и шаров (Т:Ж:Ш), равного: 1:0,5:10 соответственно [1], [13].

Исследования флотационного процесса проводили классически [13], [14] по схеме, включающей основную флотацию, с получением чернового концентрата, и контрольную флотацию хвостов основной операции. На основании экспериментальных данных [6], [7], [8], [9], [12] за базовый был принят следующий режим флотации: расход соды – 500 г/т, медного купороса – 200 г/т, бутилового ксантогената калия – 150 г/т, жидкого стекла – 1 000 г/т; Т-92 (оксаль) – 125 г/т.

Экспериментально уточнялись основные факторы: крупность измельчения, расход реагентов, продолжительность флотации. Подача реагентов осуществлялась в камеру флотационной машины. Время перемешивания с реагентами составило, мин: с содой – 5, жидким стеклом – 5, бутиловым ксантогенатом калия – 2, Т-92 – 1. Основная цель исследований заключается в получении флотационного концентрата, отвечающего ГОСТ, и отвальных хвостов.

Обсуждение и основные результаты

Результаты флотации по влиянию тонины помола приведены в табл. 1. Условия флотации: расход реагентов: соды – 500 г/т, медного купороса – 200 г/т бутилового ксантогената калия – 150 г/т, оксаль 125 г/т, жидкое стекло – не подавалось; плотность питания флотации – 30% твердого; время флотации 6 мин.

Из данных табл. 1 следует, что 85% класса минус 0,074 мм является оптимальной крупностью измельчения руды. В этой крупности выделяется пенный продукт флотации с массовой долей золота 34 г/т при выходе 7,13% и извлечении 66,74 %, потери металла составляют 33,26%. Следует отметить, что при более тонком помоле снижается качество пенного продукта и увеличиваются потери металла с хвостами (37,14%).

Таблица 1 - Влияние тонины помола на показатели флотации

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165.1

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Время флотации, мин	Крупность питания, мм
Пенный	6,19	26,8	45,73	5	65% класса -

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Время флотации, мин	Крупность питания, мм
Камерный	93,81	2,1	54,27		0,074 мм
Исходная руда	100,00	3,63	100,00		
Пенный	7,13	34	66,74	4	85% класса - 0,074 мм
Камерный	92,87	1,3	33,26		
Исходная руда	100,00	3,63	100		
Пенный	6,37	35,8	62,86	6	95% класса - 0,074 мм
Камерный	93,63	1,44	37,14		
Исходная руда	100,00	3,63	100		

Примечание: постоянные условия: сода- 500 г/т, медный купорос - 200 г/т, бутиловый ксантогенат калия – 150 г/т, оксаль 125 г/т, жидкое стекло – не подавалось; плотность питания флотации - 30 % твердого

С целью изучения возможности снижения потерь металла с камерным продуктом флотации исследовано влияние жидкого стекла, медного купороса и пенообразователя.

В качестве активатора был принят медный купорос, это обусловлено тем, что ранее при изучении вещественного состава пробы руды было установлено наличие окисных пленок на поверхности минералов.

Влияние расхода медного купороса на показатели флотации представлено в табл. 2. Условия флотации: крупность измельчения – 85% класса – 0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкое стекло – не подавалось; медного купороса – var; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; оксаль - 125 г/т; время флотации 6 мин.

Таблица 2 - Влияние расхода $CuSO_4$ на показатели флотации

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165.2

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Расход медного купороса, г/т
Пенный	7,13	34	66,74	0
Камерный	92,87	1,3	33,26	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	7,88	36	78,15	200
Камерный	92,12	0,86	21,85	
Итого	100,00	3,63	100	

Примечание: условия опытов: крупность измельчения – 85 % класса – 0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкое стекло – не подавалось; медного купороса – var; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; оксаль - 125 г/т; время флотации 6 мин

Из данных табл. 2 следует, что увеличение расхода медного купороса до 200 г/т приводит к незначительному повышению массовой доли золота в пенном продукте флотации с 34 до 36 г/т. Содержание металла в хвостах изменяется незначительно и составляет в среднем от 1,3 до 0,86 г/т. Наименьшие потери металла с хвостами (21,85%) получены при расходе соды 200 г/т, в связи с чем, данный расход реагента следует принять оптимальным.

С целью повышения качества пенного продукта флотации, были поставлены опыты на расход жидкого стекла. Действие расхода жидкого стекла изучали в интервале от 0 до 1 000 г/т (табл. 3). Условия флотации: крупность измельчения – 85% класса – 0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкого стекла – var г/т; медного купороса – 200 г/т; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; оксаль – 125 г/т; время флотации 6 мин 30 сек.

Таблица 3 - Влияние расхода Na_2SiO_3 на показатели флотации

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165.3

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Расход Na_2SiO_3, г/т
Пенный	7,13	34	66,74	0

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Расход Na_2SiO_3, г/т
Камерный	92,87	1,3	33,26	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	3,39	67,5	63,04	250
Камерный	96,61	1,39	36,96	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	2,06	87,9	49,81	500
Камерный	97,94	1,86	50,19	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	2,48	88	60,24	1000
Камерный	97,52	1,48	39,76	
Итого	100,00	3,63	100	

Примечание: условия опытов: крупность измельчения – 85 % класса -0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкого стекла– var г/т; медного купороса – 200 г/т; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; оксаль - 125 г/т; время флотации 6 мин 30 сек

Из данных табл.3 видно, что в качестве оптимального следует рекомендовать расход жидкого стекла 1000 г/т. При этом расходе получен флотационный концентрат с массовой долей золота 88 г/т при извлечении металла 60,24%.

Уточнению подвергался расход пенообразователя Т-92 (оксаля). Результаты флотации по влиянию расхода оксаля на показатели флотации приведены в табл.4. Условия флотации: крупность измельчения – 85% класса – 0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкое стекло – не подавалось; медного купороса – 200 г/т; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; время флотации 6 мин 30 сек. Таким образом, оптимальным для флотации руды является общий расход пенообразователя Т-92 оксаля 110 г/т. При организации оборотного водоснабжения общий расход оксаля может быть снижен.

Таблица 4 - Влияние расхода оксаля на показатели флотации

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165.4

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %	Расход оксаля, г/т
Пенный	2,15	98,1	58,22	75
Камерный	97,85	1,55	41,78	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	3,23	63,3	56,28	110
Камерный	96,77	1,64	43,72	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	7,13	34	66,74	125
Камерный	92,87	1,3	33,26	
Итого	100,00	3,63	100	
Пенный	2,52	72,5	50,32	150
Камерный	97,48	1,85	49,68	
Итого	100,00	3,63	100	

Примечание: условия опытов: крупность измельчения – 85 % класса - 0,074 м; расход реагентов: соды – 500 г/т; жидкое стекло – не подавалось; медного купороса – 200 г/т; бутилового ксантогената калия – 150 г/т; время флотации 6 мин 30 сек

Необходимая продолжительность флотации устанавливалась опытами с фракционным снятием концентрата. Основная часть золота извлекается за 5-6 минут, за последующие 7-9 минут флотация практически заканчивается (табл. 5). Продолжительность основной флотации следует принять 6, перечистной – 5, контрольных 7 и 4 минут соответственно.

Постоянные условия флотации: расход сода – 500 г/т, медный купорос – 200 г/т, жидкое стекло1000 г/т, бутиловый ксантогенат калия – 150 г/т, оксаль – 110 г/т, крупность питания 85% класса 0,071-0 мм, время флотации 9,5 минут, плотность питания флотации – 30% твердого.

Таблица 5 - Результаты опыта с фракционным снятием пены

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.165.5

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %	Продолжительность флотации, с
Пенный 1	1,77	88	42,81	30
Пенный 2	0,93	46	11,80	60
Пенный 3	0,70	10	1,94	90
Пенный 4	0,97	16	4,26	150
Пенный 5	0,95	16	4,17	210
Пенный 6	0,71	10	1,96	270
Пенный 7	0,51	10	1,41	330
Пенный 8	0,50	10	1,37	390
Пенный 9	0,40	10	1,09	450
Пенный 10	0,66	6,7	1,21	570
Итого пенный продукт	8,08	32,36	72,02	
Камерный	91,92	1,11	27,98	
Исходная руда	100,0	3,63	100,0	

С целью уточнения технологических показателей обогащения руды и влияния промежуточнх продуктов при их возврате на конечные показатели, были проведены контрольные опыты в замкнутом цикле на 8 навесках по классической схеме, включающей основную, 2 контрольных флотации и 1 перечистку пенного продукта основной флотации. Результаты эксперимента, показывают, что при флотации руды по классической схеме возврат промежуточных продуктов в соответствующие операции не ухудшает данный процесс. Стабилизация суммы выходов продуктов флотации начинается с 3-го цикла. Извлечение золота во флотационный концентрат с содержанием металла 175 г/т составляет 67,40%.

Минералогический анализ позволяет констатировать, что флотационный концентрат, содержит гидроокислы железа, вторичные минералы свинца и цинка, кварц, альбит. Характерной особенностью является присутствие минералов в сросках и плёнках. Площадь, занятая плёнками и вростками минералов-спутников, варьирует от 1 до 65%, среднее значение – 18%. Толщина выявленных плёнок в среднем составляет менее 1 мкм, строение пористое.

Наличие пористых пленок на поверхности золотин микронного размера, объясняет относительно высокое содержание металла в хвостах флотации. В хвостах флотационного обогащения наблюдаются золотины пылевидные и тонкодисперсные.

Заключение

В лабораторных условиях впервые были проведены классические исследования по флотационному обогащению пробы руды Буреломного рудопроявления. Показана принципиальная возможность флотации руды данного месторождения с получением флотационного концентрата высокого качества. В соответствие с ТУ-48-16-6-75 концентрат флотационный золотосодержащий должен содержать золота не менее 20 г/т.

Экспериментально уточнялись основные факторы: крупность измельчения, расход реагентов, продолжительность флотации.

Разработан следующий оптимальный режим флотации руды:

- крупность питания – 85% класса 0,071-0 мм;
- плотность питания основной флотации – 30% твердого;
- расход реагентов на 1 т руды: соды – 500 г/т (подача соды рекомендуется в операцию измельчения руды), медного купороса – 200 г/т, бутилового ксантогената калия -150 г/т, оксаля (Т-92) 110 г/т; жидкого стекла – 1 000 г/т;
- время перемешивания с реагентами, в минутах: ксантогенатом -2, Т-92 -1;
- время основной флотации – 6, перечистной – 5, контрольных 7 и 4 минут соответственно.

Извлечение золота во флотационный концентрат с содержанием металла 175 г/т составляет 67,40%, Флотационные концентраты аналогичного качества, как правило, подвергаются металлургической переработке. Минимальное содержание металла в хвостах флотации составило 0,86 г/т, что объясняется наличием пористых пленок на поверхности золотин микронного размера (а также пылевидных и тонкодисперсных). Для сравнения, на ведущих предприятиях Северо-Енисейского района Красноярского края получают флотационные концентраты с содержанием металла 20-40 г/т при извлечении 60-70%. Следовательно, извлечение золота флотацией для данного рудопроявления целесообразно.

Благодарности

Авторы благодарят Кондратьеву А.А.

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 A.A. Kondratyeva.

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. Зеленов В.И. Методика исследования золото- и серебросодержащих руд / В.И. Зеленов. — Москва: Недра, 1989. — 302 с.

2. Лопатин А.Г. Разработка технологической схемы для полного выделения свободного золота из проб золотосодержащих песков. / А.Г. Лопатин, З.М. Гирдасова // Исследование вещественного состава, технология обогащения и анализ золотосодержащего сырья. — 1971. — 97. — С. 33-35.

3. Брагина В.И. Технология переработки золотосодержащих руд и россыпей: учеб. пособие / В.И. Брагина, Н.И. Коннова. — Красноярск: ИЦМиМ СФУ, 2013. — 254 с.

4. Коннова Н.И. Изучение возможности применения современных гравитационных аппаратов Kelsey и Gemeni. / Н.И. Коннова, Л.П. Пехова // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — 7. — С. 193-196.

5. Брагина В.И. Комплексное использование золотосодержащих руд и россыпей. / В.И. Брагина, Н.И. Коннова // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — 5. — С. 51-54.

6. Коннова Н.И. Особенности обогатимости руд месторождения Еловое / Н.И. Коннова, Л.П. Пехова, О.Ю. Перфилова и др. // Цветные металлы и минералы 2014: сборник докладов VII международного конгресса и выставки; — Красноярск: РИНЦ, 2014.

7. Коннова Н.И. Особенности вещественного состава и обогатимости руд месторождения Еловое / Н.И. Коннова, Л.П. Пехова, О.Ю. Перфилова и др. // X конгресс обогатителей стран СНГ; — Москва: МИСиС, 2015.

8. Коннова Н.И. Технологическая оценка обогатимости руды золото-кварц-карбонатного убого-сульфидного типа. / Н.И. Коннова // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — 9. — С. 74-76.

9. Коннова Н.И. Технологическая минералогия и прогнозы обогатимости руды Колпинского рудопроявления Восточного Саяна Красноярского края. / Н.И. Коннова, О.Ю. Перфилова, П.Н. Самородский. // / IX международный конгресс и выставка «Цветные металлы и минералы 2017» и международная конференция Плаксинские чтения 2017 «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техно-генного сырья»; — Красноярск: СФУ, 2014.

10. Алгебраистова Н.К. Технология извлечения золота из золотосодержащего техногенного сырья. / Н.К. Алгебраистова, П.Н. Самородский, Д.М. Колотушкин // Обогащение руд. — 2018. — 1. — С. 33-37.

11. Саломатова С.И. Результаты сравнительных экспериментальных исследований обогащения золотосодержащих продуктов. / С.И. Саломатова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — 12(126).

12. Коннова Н.И. Изучение вещественного состава и перспективность флотационного обогащения руды Раисинского месторождения / Н.И. Коннова, Д.А. Гольсман, И.И. Бакшеева и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — 6(132).

13. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость / С.И. Митрофанов, Л.А. Барский, В.Д. Самыгин — Москва: Недра, 1974. — 352 с.

14. Мелик-Гайказян В.И. Методы исследования флотационного процесса / В.И. Мелик-Гайказян. — Москва: Недра, 1990. — 140 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zelenov V.I. Metodika issledovaniya zoloto- i serebrosoderzhashhix rud [Methodology for the Study of Gold and Silver-containing Ores] / V.I. Zelenov. — Moscow: Nedra, 1989. — 302 p. [in Russian]

2. Lopatin A.G. Razrabotka texnologicheskoj sxemy' dlya polnogo vy'deleniya svobodnogo zolota iz prob zolotosoderzhashhix peskov [Development of Process Flow Diagram for Complete Extraction of Free Gold from Samples of Gold-bearing Sands]. / A.G. Lopatin, Z.M. Girdasova // Analysis of Material Composition, Processing Technology and Analysis of Gold-bearing Raw Materials. — 1971. — 97. — P. 33-35. [in Russian]

3. Bragina V.I. Texnologiya pererabotki zolotosoderzhashhix rud i rossy'pej: ucheb. posobie [Technology for Processing Gold-bearing Ores and Placers: a textbook] / V.I. Bragina, N.I. Konnova. — Krasnoyarsk: ICzMiM SFU, 2013. — 254 p. [in Russian]

4. Konnova N.I. Izuchenie vozmozhnosti primeneniya sovremenny'x gravitacionny'x apparatov Kelsey i Gemeni [Study of the Possibility of Using Modern Gravity Vehicles Kelsey and Gemeni]. / N.I. Konnova, L.P. Pexova // Mining Information and Analytical Bulletin. — 2012. — 7. — P. 193-196. [in Russian]

5. Bragina V.I. Kompleksnoe ispol'zovanie zolotosoderzhashhix rud i rossy'pej [Integrated Use of Gold-bearing Ores and Placers]. / V.I. Bragina, N.I. Konnova // Mining Information and Analytical Bulletin. — 2012. — 5. — P. 51-54. [in Russian]

6. Konnova N.I. Osobennosti obogatimosti rud mestorozhdenija Elovoe [Features of Ore Enrichment of the Elovoye Deposit] / N.I. Konnova, L.P. Pehova, O.Ju. Perfilova et al. // Non-ferrous Metals and Minerals 2014: collection of reports of the VII International Congress and Exhibition; — Krasnojarsk: RINTs, 2014. [in Russian]

7. Konnova N.I. Osobennosti veschestvennogo sostava i obogatimosti rud mestorozhdenija Elovoe [Features of the Material Composition and Concentration of Ores of the Elovoye Deposit] / N.I. Konnova, L.P. Pehova, O.Ju. Perfilova et al. // X CIS Enrichment Congress; — Moskva: MISiS, 2015. [in Russian]

8. Konnova N.I. Texnologicheskaya ocenka obogatimosti rudy' zoloto-kvarcz-karbonatnogo ubogo-sul'fidnogo tipa [Technological Assessment of Ore Enrichment of Gold-Quartz-Carbonate Slaughter-Sulfide Type]. / N.I. Konnova // Mining Information and Analytical Bulletin. — 2015. — 9. — P. 74-76. [in Russian]

9. Konnova N.I. Texnologicheskaya mineralogiya i prognozy' obogatimosti rudy' Kolpinskogo rudoproyavleniya Vostochnogo Sayana Krasnoyarskogo kraya [Technological Mineralogy and Ore Enrichment Forecasts of the Kolpinsky Ore Show of the East Sayan of the Krasnoyarsk Territory]. / N.I. Konnova, O.Yu. Perfilova, P.N. Samorodskij. // / IX International Congress and Exhibition "Non-ferrous Metals and Minerals 2017" and International Conference Plaksin Readings 2017 "Modern Problems of Complex Processing of Hardly Rich Ores and Techno-Gene Raw Materials"; — Krasnoyarsk: SFU, 2014. [in Russian]

10. Algebraistova N.K. Texnologiya izvlecheniya zolota iz zolotosoderzhashhego texnogennogo sy'r'ya [Technology of Gold Extraction from Gold-bearing Technogenic Raw Materials]. / N.K. Algebraistova, P.N. Samorodskij, D.M. Kolotushkin // Benefication. — 2018. — 1. — P. 33-37. [in Russian]

11. Salomatova S.I. Rezul'taty' sravnitel'ny'x e'ksperimental'ny'x issledovanij obogashheniya zolotosoderzhashhix produktov [Results of Comparative Experimental Studies of Gold-containing Products Enrichment]. / S.I. Salomatova // International Research Journal. — 2022. — 12(126). [in Russian]

12. Konnova N.I. Izuchenie veschestvennogo sostava i perspektivnost' flotatsionnogo obogaschenija rudy Raisinskogo mestorozhdenija [Study of Material Composition and Prospects for Flotation Ore Concentration at Raisinskoye Deposit] / N.I. Konnova, D.A. Gol'sman, I.I. Baksheeva et al. // International Research Journal. — 2023. — 6(132). [in Russian]

13. Mitrofanov S.I. Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost' [Mineral Enrichment Study] / S.I. Mitrofanov, L.A. Barskij, V.D. Samygin — Moskva: Nedra, 1974. — 352 p. [in Russian]

14. Melik-Gajkazyan V.I. Metody' issledovaniya flotacionnogo processa [Flotation Process Study Methods] / V.I. Melik-Gajkazyan. — Moscow: Nedra, 1990. — 140 p. [in Russian]