

УДК 622.765

Е. П. КАЛИНИН, Л. А. НЕМЧИНОВА, З. Ф. ГАРИФУЛЛИНА (ЗАО «НПО «РИВС», Уральское представительство)**Н. О. ТИХОНОВ** (ЗАО «НПО РИВС»)**А. А. БОНДАРЕВ** (ЗАО «Шемур»)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ И МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД НОВО-ШЕМУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ФАБРИКИ «СЕВЕРНАЯ»



Е. П. КАЛИНИН,
директор



Л. А. НЕМЧИНОВА,
начальник исследовательской
лаборатории,
канд. техн. наук



З. Ф. ГАРИФУЛЛИНА,
инженер-технолог



Н. О. ТИХОНОВ,
зав. сектором



А. А. БОНДАРЕВ,
зам. директора
по обогащению

Представлены результаты изучения вещественного состава и раскрываемости минералов в медных и медно-цинковых рудах Ново-Шемурского месторождения, разработки рациональной схемы обогащения данных руд, определения прочностных свойств руды и выбора рудоподготовительного оборудования, основных компоновочных решений.

Ключевые слова: медные и медно-цинковые руды, раскрываемость минералов, рудоподготовка, схемы флотационного обогащения, оборудование, медный концентрат, фабрика «Северная».

В настоящее время существующий промышленный комплекс по добыче руд и производству цветных металлов (в том числе, меди и цинка) характеризуется нехваткой концентратов, что приводит к необходимости разработки новых месторождений медных и медно-цинковых руд.

Одним из новых перспективных месторождений Урала является Ново-Шемурское медно-цинковое колчеданное, расположенное в 40 км к западу от г. Ивделя, и на базе которого руководство ООО «УГМК-Холдинг» приняло решение о строительстве обогатительной фабрики общей производительностью 1,2 млн т руды в год.

В научно-исследовательской лаборатории НПО «РИВС» разработана технология обогащения медных и медно-цинковых руд Ново-Шемурского месторождения, с выдачей регламента на проектирование обогатительной фабрики «Северная» ОАО «Святогор».

Изучение вещественного состава и раскрываемости рудных минералов

По вещественному составу и текстурно-структурным особенностям исследованные пробы являются характерными представителями месторождений колчеданной формации — содержание пирита достигает 90 %. Текстура руд в основном сплошная (85–

90 %), реже — вкрапленная (5–10 %), колломорфная (2–5 %). Промышленное значение имеют медь, цинк и сопутствующие им элементы, а также золото и серебро. Минеральный состав исследуемых проб приведен на **рис. 1**.

В пробе медной руды, по данным полного химического анализа, содержится, %: 1,63 Cu; 0,36 Zn; 46,9 S; 42 Fe; 0,17 г/т Au и 12 г/т Ag; в пробе медно-цинковой руды: 1,41 Cu; 3,47 Zn; 43,4 S; 37,4 Fe; 0,57 г/т Au и 20 г/т Ag.

Согласно результатам рационального анализа, в медно-цинковой руде по сравнению с медной доля вторичных сульфидов меди увеличена с 12 до 25 %, первичных сульфидов — снижена с 85 до 75 %, доля окисленных минералов не превышает 10 %. Цинк в обеих пробах представлен сульфидными минералами, до 15 % которых связаны с породой.

В пробах руды выявлены три разновидности пирита — зернистый, раздробленный (**рис. 2**) и перекристаллизованный (**рис. 3**), реже — колломорфный) и три разновидности халькопирита (халькопирит в сростании с пиритом, халькопирит в межзерновом пространстве пирита и халькопирит в качестве округлых включений в пирите).

Сфалерит во всех пробах выполняет пространство между зёрнами пирита и встречается в виде включений в халькопирите.

В ходе исследований изучено изменение степени раскрытия

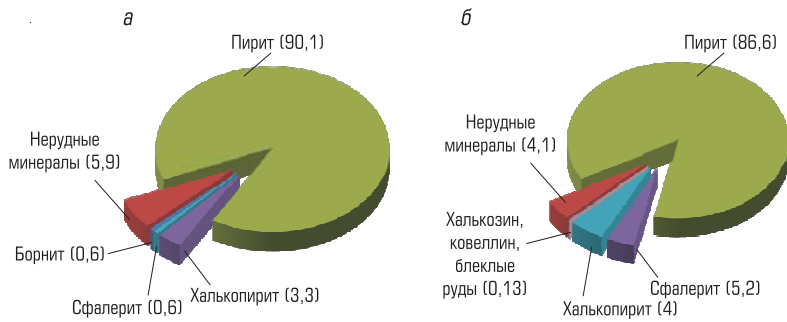


Рис. 1. Минеральный состав (%) проб медной (а) и медно-цинковой (б) руды Ново-Шемурского месторождения

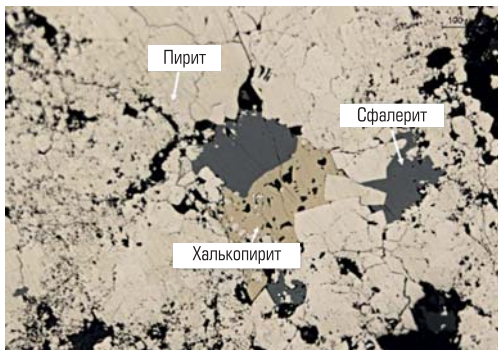


Рис. 2. Раздробленный пирит с халькопиритом и сфалеритом. Отраженный свет, николи параллельны

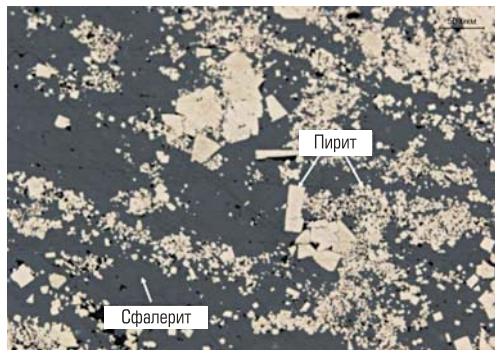


Рис. 3. Перекристаллизованный пирит. Отраженный свет, николи параллельны

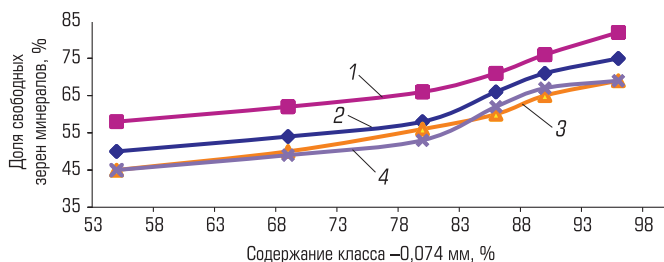


Рис. 4. Зависимость доли свободных зерен минералов в медной руде от ее крупности:

1 — пирит; 2 — сфалерит; 3 — халькопирит; 4 — борнит

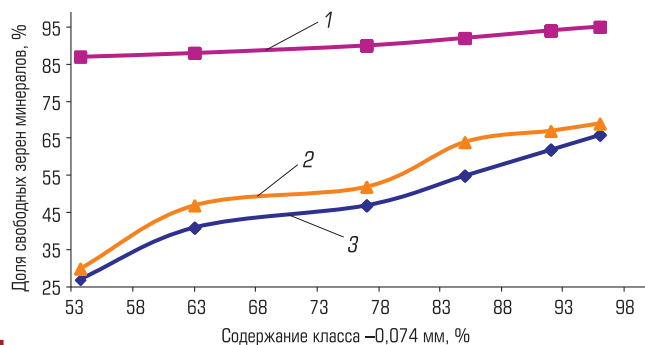


Рис. 5. Зависимость доли свободных зерен минералов в медно-цинковой руде от ее крупности:

1 — пирит; 2 — сфалерит; 3 — халькопирит

минералов при измельчении руды (рис. 4, 5). Наблюдается более равномерное проращивание и более низкая степень раскрытия сульфидных минералов в медной руде: так, при измельчении руды до крупности 55,3 % класса –74 мкм халькопирит и борнит раскрыты на 50 и 45 % соответственно. При этом основная часть свободных зерен сосредоточена в классе +40 мкм.

Наряду с наличием в рудах данного месторождения крупных зерен сульфидов присутствуют мелкие сростки пирита с халькопиритом (для медной руды характерны полиминеральные сростки с борнитом, халькопиритом и пиритом) и сфалерита с пиритом. Их полное раскрытие может быть достигнуто лишь при доизмельчении руды до крупности 80–85 % класса –44 мкм. Таким образом, наличие крупных свободных зерен медных минералов на ранних стадиях измельчения подтверждает целесообразность стадийного их выделения в концентрат межциклового «головки» из руды крупностью 63 % класса

–74 мкм. Рекомендуемая крупность руды после III стадии измельчения — 85–90 % класса –74 мкм. В этих условиях можно выделить до 90–92 % медных минералов в концентрат основной медной флотации, а основную часть цинковых минералов (не менее 90 %) — в питание цинковой флотации.

Выбор рациональной схемы обогащения исследуемых руд

Характер вкрапленности сульфидных минералов, низкая степень их окисления (менее 10 %), высокое содержание пирита (86–90 %) и невысокое содержание вторичных минералов меди (13–26 %) и, как следствие, низкая степень активации сульфидов цинка определили выбор схемы обогащения. Для исследуемых проб руды разработана селективно-коллективно-селективная схема флотации с выделением концентратов двух Си-«головок», их совместной перечисткой и с выделением концентрата Zn-«головки» с получением коллективного Си-Zn-концентрата. Установлено, что для более высоко-го извлечения меди необходимо извлекать в концентраты Си-«головок» до 50–60 % медных минералов. Для раскрытия сложных сростков в цикле селекции предусматривается доизмельчение питания основной Си-флотации и питания I перечистки. В цинковом цикле предусматривается доизмельчение концентрата основной цинковой флотации и хвостов цинковой перечистки.

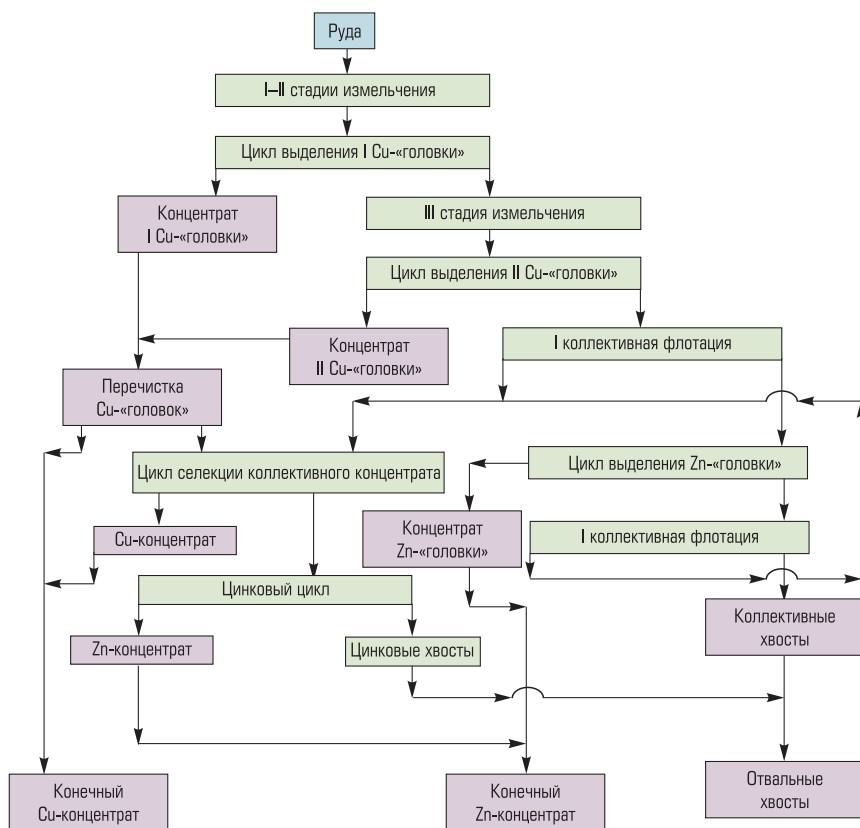


Рис. 6. Рекомендуемая схема переработки медно-цинковой руды Ново-Шемурского месторождения

При разработке технологии обогащения и реагентного режима для медной и медно-цинковой руды при разделении коллективно-концентрата используется сочетание слабого (диизобутилдитиофосфината) и сильного (бутилового ксантогената) собирателей [1]. Для подавления флотации цинковых минералов использовали сочетание сернистого натрия и цинкового купороса, пирита — известь, для активации цинковых минералов — медный купорос.

С целью повышения извлечения цинка предусмотрено выделение концентрата Zn-«головки», в качестве собирателя используется сочетание бутилового ксантогената и аэрофлота.

Рекомендуемая технологическая схема приведена на **рис. 6**.

Применение азрации (для дополнительного подавления пирита) и селективного собирателя, а также введение операции перечистки грубых Cu-«головков» позволило получить концентрат, содержащий 23,6 % меди при извлечении около 50 %, что повысило содержание меди в суммарном концентрате до 20,17 %. В цинковом цикле применен комплекс термомеханических операций, в том числе совместная азрация, пропарка и оттирка [2].

Преимуществом данной технологической схемы является возможность перерабатывать медные руды по схеме медного цикла, разработанной для медно-цинковой руды.

По разработанной технологии с использованием водооборота в замкнутом цикле при флотации медной руды Ново-Шемурского месторождения получен медный концентрат, содержащий 19 % меди при извлечении 90 %.

При обогащении медно-цинковой руды получен медный концентрат, содержащий 20,17 % меди (извлечение 87,2 %), 2,52 % цинка (извлечение 4,4 %), 0,96 г/т золота (извлечение 10,2 %), 87,87 г/т серебра (извлечение 25,5 %). Содержание цинка в цинковом концентрате составило 49,9 % при извлечении 78,9 %.

Качество получаемого медного и цинкового концентратов соответствует основным требованиям, предъявляемым к готовой продукции.

Определение прочностных свойств руды и выбор рудоподготовительного оборудования

В рамках выполнения работ по составлению технологического регламента в лаборатории рудоподготовки НПО «РИВС» определены прочностные свойства проб медных и медно-цинковых руд Ново-Шемурского месторождения. По стандартной методике Бонда определены рабочие индексы дробления (CWI), стержневого (RWI) и шарового (BWI) измельчения, а также индексы абразивности (**рис. 7**).

По рабочему индексу дробления пробы руд обоих типов относятся к сравнительно легкоразрушаемым в промышленных дробилках. Медная руда оказывает существенно меньшее сопротивление стержневому измельчению, чем медно-цинковая, что характеризует ее как более мягкую в соответствующем диапазоне крупности. Рабочие индексы шарового измельчения для руд обоих типов позволяют отнести их к типу средних по сопротивляемости шаровому измельчению.

В результате проведения технологических исследований, изучения вещественного состава и анализа раскрываемости основ-

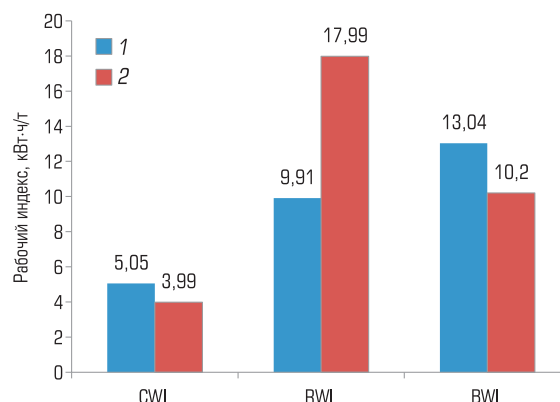


Рис. 7. Результаты определения прочностных свойств медной (1) и медно-цинковой (2) руды

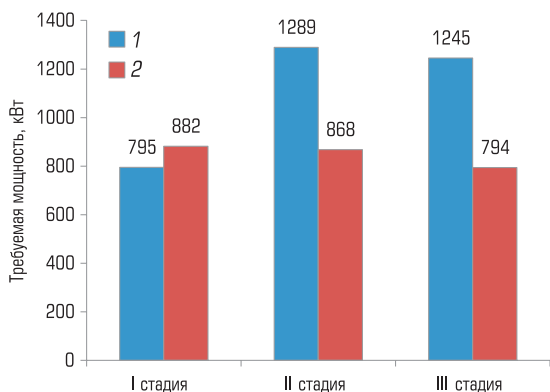


Рис. 8 Результаты расчета требуемых мощностей измельчительного оборудования для медных (1) и медно-цинковых (2) руд:

I стадия — мельницы полусамоизмелчения; II и III стадии — шаровые мельницы с центральной разгрузкой

ных рудных минералов определена оптимальная крупность питания флотации и разработана трехстадийная схема рудоподготовки с применением процесса полусамоизмелчения в I стадии и межцикловой флотации после II стадии.

Выбор основного рудоподготовительного оборудования произведен по результатам определения прочностных свойств руд и полученных данных об оптимальной крупности продуктов измельчения. Результаты расчета требуемых для обеспечения проектной производительности (1,2 млн т руды в год) мощностей мельниц представлены на **рис. 8**.

Проведение всех описанных выше исследований позволяет рекомендовать к установке на проектируемой для переработки руд Ново-Шемурского месторождения ОФ одну мельницу мокрого полусамоизмелчения ММС-70×23 и двух шаровых мельниц сливного типа МШЦ-4000×5500. При этом гарантируется достижение оптимальной крупности поступающих на флотацию продуктов.

Выбор оборудования и основные проектные решения

Для обеспечения производительности новой фабрики на пусковой период, рассчитанной на 1,2 млн т в год, с поочередной переработкой медной и медно-цинковой руды, выбраны флотационные машины и контактные чаны НПО «РИВС». На основных и контрольных операциях флотации рекомендуется установка флотомашин РИФ 25, на перечистных операциях РИФ 8,5. Выбрано оборудование для отделения сгущения и фильтрования. Произведен также расчет и выбор чанов для приготовления растворов реагентов. Подача флотационных реагентов будет осуществляться дозировочными установками в 35 точках.

Выбор точек опробования процесса обогащения руды выполнен с учетом возможности составления технологического баланса металлов и оперативного управления технологическим процессом. Контроль параметров операций измельчения, флотации и сгущения ставит целью поддержание заданных параметров для получения качественных показателей обогащения. Регламентом предусматривается 30 точек опробования и контроля.

С целью достижения максимального коммерческого эффекта предусмотрено автоматическое управление производством на базе надежного функционирования четырех уровней автоматизации, при использовании данных экспресс-анализа, систем видеоконтроля процессов, обработки изображений, математического моделирования и упреждающих управленческих воздействий.

Отрицательным моментом разработки месторождений на Северном Урале может стать нанесение непоправимого ущерба экологии региона. Район Шемурского и Ново-Шемурского месторождений представляет собой ненарушенную антропогенной деятельностью природную территорию [3]. Испрашиваемые земельные участки Шемурского и Ново-Шемурского месторождений находятся вблизи охранной зоны государственного природного заповедника Денежкин Камень, являющегося особо охраняемой природной территорией федерального значения. Фауна рек в регионе Северного Урала — холоднолюбивые представители пресноводного комплекса, предъявляющие высокие требования к качеству водной среды. Водоемы отличаются низкой продуктивностью биомассы. В условиях низких температур воды как продукционные, так и деструкционные процессы в водоемах протекают медленно. Все это обуславливает высокую уязвимость водных экосистем к воздействию загрязняющих веществ и низкую способность самоочищения [4, 5].

Необходимый уровень экологической безопасности, в том числе при эксплуатации обогатительной фабрики, достигается за счет одного из следующих инженерных решений: предусмотрен сухой способ складирования хвостов обогащения, который значительно снижает риски, связанные с экологической безопасностью, так как на отвалах отсутствуют напорные дамбы, материал хвостов обогащения после сгущения и фильтрования складировается более компактно, а жидкая фаза после дренирования через фильтрующую дамбу собирается в прудах-накопителях и используется в качестве оборотной воды; вопросы по дополнительной очистке технологической воды на ОФ будут решаться на предпроектных и проектных этапах.

Таким образом, разработанный технологический регламент на переработку медной и медно-цинковой руды Ново-Шемурского месторождения лег в основу составления ТЭО и использован при подготовке рабочего проекта строительства новой обогатительной фабрики «Северная».

Библиографический список

1. Игнаткина В. А., Бочаров В. А., Пунцукова Б. Т. Применение композиций модифицированных собирателей для снижения флотиремости пирита при флотации сульфидных руд. Изд-во ИГД СО РАН, 2009.
2. Ягудин Р. А., Ягудина Ю. Р., Зимин А. В., Немчинова Л. А. Совершенствование технологии флотации руд на обогатительной фабрике ОАО «Учалинский ГОК» // Горный журнал. Специальный выпуск. 2008. С. 31–35.
3. Евдокимова Г. А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. — Изд-во КНЦ РАН, 1995.
4. Программа развития рудно-сырьевой базы металлургической промышленности «Руда Урала». Постановление правительства Свердловской

области от 18.07.1997 г. № 607-П.

5. Приказ Государственного комитета РФ по охране окружающей среды № 372 от 16.05.2000 г. «Об утверждении положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». **ГЖ**

Калинин Евгений Петрович,
e-mail: ufa@rivs.ru

Немчинова Лариса Анатольевна,
e-mail: I.Nemchinova@mail.ru
Гарифуллина Зульфия Фаритовна,
e-mail: ufa@rivs.ru
Тихонов Николай Олегович,
e-mail: rivs@rivs.ru
Бондарев Александр Андреевич,
тел.: 8-912-206-20-66

"GORNYI ZHURNAL"/"MINING JOURNAL", 2014, № 11, pp. 61–65	
Title	Development of technology of concentration of copper and copper-zinc ores of Novo-Shemurskoe deposit for design and construction of «Severnaya» factory
Author 1	Name & Surname: Kalinin E. P.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: Director, Ural Representative Office
	Contacts: e-mail: ufa@rivs.ru
Author 2	Name & Surname: Nemchinova L. A.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: Head of Research Laboratory
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences Contacts: e-mail: I.Nemchinova@mail.ru
Author 3	Name & Surname: Gorifullina Z. F.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia) Work Position: Process Engineer
Author 4	Name & Surname: Tikhonov N. O.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: Head of subdivision Contacts: e-mail: rivs@rivs.ru
Author 5	Name & Surname: Bondarev A. A.
	Company: Shemur Ltd (Krasnouralsk, Russia)
	Work Position: Deputy Director for Mineral Beneficiation Contacts: phone: 8-912-206-20-66
Abstract	Implication of oxidized ferruginous quartzites as preproduction mining product in mineral dressing circuit is a promising and cost-effective way of enhancing prod- Sustainable development of mining and processing is currently impossible in the Ural without the required volume of the quality feedstock supply; therefore the Ural Ore Program has been developed in the Sverdlovsk Region in line with the All-Russia Project named as The Ural Industrial—The Ural Polar. The project assumes the involvement of the industrial capacities available in the Ural industrial area as well as the construction of a transportation corridor from the Middle Ural to the Supolar Ural and, then, to the Polar Ural areas for hard mineral delivery to plants in the Sverdlovsk and Chelyabinsk Regions. Severny copper–zinc mine (Ural Mining-and-Metallurgical Company) develops Tarnier, Shemur and Novo-Shemur deposits of copper and copper–zinc ore. For Novo-Shemur copper and copper-zinc ore processing, it is planned to construct a processing plant with an annual capacity of 1.2 Mt. In 2013 Novo-Shemur ore samples were tested in a laboratory of the Ural Representative Office of RIVS with the aim to determine an adequate dressing circuit. Based on the developed ore dressing chart, the production procedures have been worked out. The developed flotation chart will enable production of quality copper and zinc concentrates (copper content of 20 % and zinc content of 50 %, respectively) at the copper and zinc recovery of 87 and 78 %, respectively. The ecological safety required in operation of a processing plant is achieved owing to engineering designs of tailing storage and wastewater use without disposal on local land.
Keywords	Copper and copper–zinc ore, mineral dissociation ability, ore pre-processing, flotation circuits, equipment, copper concentrate, Severnaya plant.
References	1. Ignatkina V. A., Bocharov V. A., Puntukova B. T. Primenenie kompozitsiy modifitsirovannykh sobiratelye dlya snizheniya flotiruемости pirita pri flotatsii sulfidnykh rud (Application of compositions of modified collectors for decreasing of pyrite floatability in the time of sulfide ore flotation). Publishing House of Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 2009. 2. Yagudin R. A., Yagudina Yu. R., Zimin A. V., Nemchinova L. A. Sovershenstvovanie tekhnologii flotatsii rud na obogatitelnoy fabrike Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Uchalinskiy GOK» (Improvement of ore flotation technology at concentration plant of JSC "Uchaly MMC"). Gornyi Zhurnal = Mining Journal. 2008. Special issue. pp. 31–35. 3. Evdokimova G. A. Ekologo-mikrobiologicheskie osnovy okhrany pochv Kraynego Severa (Ecological-microbiological basis of protection of Far North soils). Publishing House of Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 1995. 4. Programma razvitiya rudno-syrevoiy bazy metallurgicheskoy promyshlennosti «Ruda Urala». Postanovlenie pravitelstva Sverdlovskoy oblasti ot 18.07.1997 goda No. 607-P (Program of development of ore-mineral base of metallurgical industry "Urals Ore". Regulation of government of Sverdlovsk Oblast of July 18, 1997. No. 607-P (607-П)). (in Russian). 5. Prikaz Gosudarstvennogo komiteta RF po okhrane okruzhayushchey sredy № 372 ot 16.05.2000 goda «Ob utverzhdenii polozheniya ob otsenke vozdeystviya namechaemoy khozyaystvennoy i inoy deyatel'nosti na okruzhayushchuyu sredyu v Rossiyskoy Federatsii» (Order of the State Committee of Russian Federation on environmental protection No. 372 of May 16, 2000 "About approval of assessment of influence of intended economic and other activity on environment in Russian Federation"). (in Russian).