

**В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, Е.Л. Чантурия,
Т.И. Юшина, Л.С. Хачатрян, В.Н. Дунаева**

О ВЫБОРЕ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПИРИТНЫХ ХВОСТОВ В СВЯЗИ С ИХ ПЕРЕРАБОТКОЙ*

Рассмотрены особенности вещественного состава лежалых техногенных пиритных хвостов флотационного обогащения колчеданных медных и медно-цинковых руд различных месторождений Уральского региона. Обобщены результаты исследований многих авторов по различным направлениям комплексной переработки пиритных хвостов. Предложена технологическая схема с использованием гравитационных, флотационных процессов и гидрометаллургических способов на основе концентрирования по крупности минералов золота, меди, цинка, пирита в соответствии с плотностью, физико-химическими свойствами и технологическими особенностями рудных и породных минералов. В режиме флотации и гидрохимических процессов применены оптимальные сочетания комбинации селективных сульфидрильных собирателей, различных классификаторов, окислителей, восстановителей и регуляторов среды. Схема позволит получать на стадии обогащения концентраты и медно-цинковые продукты для гидрометаллургической переработки с выделением товарной продукции.

Ключевые слова: минералогический, химический, фазовый состав, фракционирование, концентрирование, гравитация, флотация, окисление, растворение, собиратели, модификаторы, техногенные хвосты, пирит, минералы меди, минералы золота.

Необходимость в использовании техногенных пиритных хвостов и других пирит-содержащих продуктов, выделяемых при обогащении сложных и упорных медно-цинковых руд возникли в связи со снижением объемов добываемых легкообогатимых и богатых руд и уменьшением соответственно выпуска товарных концентратов для металлургического производства меди, цинка и благородных металлов.

Компенсация снижающегося выпуска металлов возможна за счет вовлечения в переработку пиритных хвостов из хвостохранилищ обогатительных

фабрик Уральского и других регионов РФ, в которых за десятилетия эксплуатации заскладированы десятки миллионов тонн техногенно-минеральной массы с концентрацией в них десятков тысяч тонн цветных и благородных металлов [1, 2]. Рентабельная разработка техногенных месторождений и их комплексное обогащение возможна при решении ряда технологических и организационных задач, связанных: с инвентаризацией техногенных хвостов, геологотехнологическим картированием и созданием рациональных технологий переработки с использованием современных способов извлечения ос-

* Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ, грант № 14-05-00232.

новых ценных компонентов в товарные продукты высокого качества.

В ранее выполненных исследованиях [2] технологическая принципиальная схема включала интенсивные способы пульпаподготовки на основе сочетания комбинированных процессов-гравитации, флотации, сульфидирования, различных видов обжига и выщелачивания с целью глубокого вскрытия минералов трудно разделяемых продуктов.

По данным [3, 4, 5] вследствие длительного хранения техногенных пиритных хвостов вещественный состав (минеральный, фазовый, химический, гранулометрический) претерпевает значительные качественно-количественные изменения. Образованы новые сульфидно-окисленные минеральные формы в результате естественной дезинтеграции твердой фазы (окисление, выветривание, разрушение минеральных компонентов); возросло количество тонкодисперсных рудных, глинистых, алюмосиликатных шламов, что привело к изменению физико-химических и технологических свойств минералов и ионного состава жидкой фазы пиритной техногенной пульпы.

Литературный обзор и анализ технологии использования техногенных хвостов позволяет сделать некоторые технологические выводы для практической реализации основных направлений рационального выбора процессов переработки пиритных-«лежалых» хвостов:

Во-первых, техногенные хвосты источник экологической опасности и значительный резерв компенсации и увеличения выпуска металлов, т.к. богатые и легкообогащаемые руды многих месторождений цветных и благородных металлов отработаны, а добываемое сырье является упорным, труднообогащаемым и бедным.

Во-вторых, значительная часть металлов в различных минеральных

формах распределена в тонкие классы крупностью минус 0,043 мм, концентрация которых в разных зонах хвостохранилищ неравномерная как по глубине, так и по простиранию (по площади) техногенного массива, что усложнит задачу селективной выемки наиболее богатых и благоприятных для обогащения участков техногенного месторождения.

В-третьих, продолжительное хранение техногенных хвостов в условиях действия кислорода воздуха, воды, климатических, сезонных, временных факторов, взаимодействия компонентов техногенной пиритной массы, привели к образованию новых минеральных фаз со сложной окисленной структурой, для которых необходимо применение комплекса физико-химических и энергетических воздействий с целью глубокого вскрытия новых минеральных комплексов. Благоприятным фактором окислительных процессов явилась естественная дезинтеграция с частичным освобождением-раскрытием сростков пирита с минеральными зернами благородных металлов, что позволяет прогнозировать применение в схемах переработки гравитационных аппаратов.

В-четвертых, основные способы использования техногенных хвостов можно свести к следующим направлениям:

- Песковая фракция хвостов часто применяется в качестве основного компонента закладочной шихты для заполнения выработанного пространства в шахтах; легкая тонкая фракция сбрасывается в хвостохранилище.

- В ряде случаев песковая фракция хвостов перерабатывается с основным рудным потоком на обогатительных фабриках.

- Иногда песковая фракция после классификации хвостов в 3х продуктовых гидроциклонах может быть выделена как пиритный концентрат; грубый слив флотуруется с выделе-

нием пиритного и медно-цинкового концентратов для последующей переработки; сливная легкая фракция сбрасывается в хвостохранилище.

• К сожалению, информация прямого использования пиритных хвостов с выделением селективных товарных концентратов и извлечением в них цветных и благородных металлов в отечественной и зарубежной печати практически отсутствует. В некоторых публикациях отмечается, что отвальные хвосты обогащения медно-никелевых руд Талнахской ОФ после флотации пирротина используются для приготовления закладочной смеси. Указанные хвосты содержат металлы платиновой группы (МПГ) в количестве 1,2 г/т. Исследованиями показана возможность извлечения МПГ из хвостов флотации с использованием бутилового ксантогената и дитиофосфата с добавкой полимера. При этом содержание МПГ в хвостах снижается до 0,5 г/т; извлечение в пирротинный продукт составляет платины 45% палладия 60%. Технология извлечения золота и серебра исследована и испытана для хвостов обогащения пиритных медно-цинковых руд Гайского месторождения. В схему извлечения благородных металлов включен цикл гравитационного извлечения свободного самородного золота и открытых сростков частиц золота с пиритом крупностью более 0,04 мм. Гравитация в аппаратах: 3-х продуктовый гидроциклон-центробежный концентратор (винтовой шлюз) – концентрационный стол – позволяет извлечь до 10–20% золота в концентрат, содержащего до 5–7 г/т (содержание в исходных хвостах 0,7–1,0 г/т), который соответствует качеству медного концентрата, поступающего на пирометаллургическую переработку. Из тонкого класса – минус 0,04 мм +0,01 мм флотацией извлекается золото свободное и золото, законсервированное в

тонкодисперсных сростках с пиритом и халькопиритом.

Более широко лежащие хвосты используют при комплексной переработке минерального сырья на Донском ГОК(е), (Казахстан). Из хвостов крупностью -0,071 мм с применением гравитации и магнитной сепарации извлекают минералы хрома. На Ковдорском ГОК(е) из лежалых хвостов обогащения доизвлекают магнитной сепарацией магнетит с получением концентрата, содержащего 61–62% железа; из немагнитных фракций хвостов дополнительно доизвлекают при совместной флотации с рудным апатитовым циклом и другие ценные компоненты.

Следует отметить, что техногенное пиритное сырье в сравнении с другими техногенными минеральными объектами является более труднообогащаемым вследствие значительного изменения и сложного вещественного состава. Окисление сульфидных минералов в процессе длительного хранения в техногенном объекте проходит с большей активностью, чем при хранении рудного сырья на складах, при рудоподготовке и флотации. Окисление пирита и других сульфидов интенсифицируется в следствие тесного взаимодействия тонкодисперсных микро-гальванопор, состоящих в основном из пирита и других компонентов твердой фазы (сульфида, меди, частицы золота, железо и др.). Качественный минеральный и фазовый состав рудных и техногенных образований сопоставим, однако количественное распределение минералов по классам крупности техногенных хвостов значительно отличается от рудных материалов.

Ранее показано [11–13], что рудный пирит и в меньшей степени другие сульфиды активно окисляются в высокощелочных средах в несколько стадий с образованием многих серосодержащих ионов, а в последней стадии-сульфатных ионов.

В связи с тем, что в технологии селективной флотации пиритных медно-цинковых руд, используется высокощелочная известковая среда с $\text{pH} = 9-12$, в начальной стадии складирования формирование вещественного состава техногенной пульпы проходит также в щелочной среде с pH до 12, в которой процесс окисления сульфидов продолжает развиваться с постепенным понижением pH среды до слабокислых значений, при которых окисление может идти не только за счет кислорода, но и более сильного окислителя – катионов железа Fe^{3+} , образующихся при разложении и окислении железосодержащих минералов и особенно пирита. Ионный состав пиритной техногенной пульпы близок к составу жидкой фазы рудной флотационной пульпы, но концентрация тиосульфатных, сульфитных, сульфатных и полиитионатных ионов в связи с более активным окислением сульфидов значительно превышает концентрацию ионов рудного сырья. В формировании ионо-молекулярного состава пиритной пульпы основная роль принадлежит: минеральному составу рудных и породных компонентов; наличию примесных элементов в минералах; составу технологической и оборотной воды; концентрации применяемых флотореагентов; значениям pH среды, температуре пульпы и воздуха; наличию растворенных газов; крупности минеральных частиц; плотности пульпы и другим факторам. Ионно-молекулярный состав определяет качественный состав формируемых поверхностных соединений на разделяемых минералах и электрохимическое состояние пиритной пульпы. Оптимальный состав пульпы способствует снижению подавления флотации флотируемых минералов меди, свободного золота, открытых сростков золота с другими сульфидами и усиливает депрессию подавляемых минералов (пирита, сфалерита, породы).

В работах [1, 2, 11–14] показано, что наиболее устойчив к окислению борнит, а наименее – пирит; породные минералы снижают потребление кислорода и соответственно уменьшают количество образующихся продуктов окисления серы.

Разница в окислении сульфидных минералов в условиях изменения pH среды, температуры, концентрации кислорода, других окислителей, позволяет выбрать оптимальные режимы разделения минералов. Важное значение в определении режима пульпоподготовки и селективного обогащения пиритных техногенных хвостов имеет гранулометрический состав разделяемых минералов. Гранулометрический состав техногенного пиритного продукта имеет более тонкодисперсную характеристику разделяемых минералов. Выход тонкой фракции $-0,074$ мм в техногенных хвостах больше в сравнении с питанием рудного цикла на 25–30%. При фракционировании хвостов на узкие классы крупности возможно сконцентрировать разделяемые минералы в отдельные продукты. В классе $+0,074$ наблюдается концентрация свободного золота и открытых сростков золота с пиритом, этот класс целесообразно выделить гравитацией в Au-FeS_2 продукт. В классе $-0,074$ мм $+0,03$ мм отмечается значительная концентрация медных минералов в сростках с пиритом и тонкого золота, законсервированного в пирите; этот класс необходимо флотировать с выделением $\text{Cu-FeS}_2\text{-Au}$ продукта; в классе $-0,03+0,01$ мм сконцентрированы тонкодисперсные свободные зерна и сростки сфалерита, медных минералов и золото с пиритом; этот класс необходимо флотировать с получением коллективного $\text{Zn-Cu-FeS}_2\text{-Au}$ продукта с последующим его разделением по индивидуальной комбинированной технологии. Исследованиями прогнозируются по результатам изучения гран-

состава и распределения минеральных форм проб хвостов по классам крупности возможные концентрации абсолютного содержания металлов и минеральных фаз с получением концентратов и продуктов. В техногенных хвостах определен рост содержания самородного свободного золота, образованного в процессе естественной селективной дезинтеграции в массиве хвостохранилища 5–15%; золота, покрытого оксидными пленками 5–7%; в сростках с сульфидами и породными минералами 30–35%; законсервированного в пирите в виде тонких зерен менее 0,03 мм 45–60%. Для сравнения в рудном материале свободного гравитационного золота в два раза больше и оно находится в крупном классе + 0,074 мм. Распределение золота в техногенных хвостах в классах крупности +0,043 – 0,074 мм в 1,5–2,0 раза меньше, большая часть золота распределяется в тонкие классы менее 0,03 мм. Для извлечения частиц золота с таким распределением требуется каскад гравитационных аппаратов, каждый из которых эффективно выделяет в тяжелую фракцию зерна золота определенной узкой крупности.

В работах [1, 7, 11] показана принципиальная технологическая возможность фракционного выделения минералов цветных металлов и золота в концентраты и продукты в соответствии с технологическими свойствами. Изучение вещественного состава техногенного сырья позволило определить: оптимальные условия гравитационного выделения частиц самородного свободного золота и его открытых сростков в золотосодержащий продукт; подобрать режим фракционирования и концентрирования минералов меди, цинка, пирита в отдельных продуктах с последующей их доводкой по индивидуальным технологическим схемам с использованием процессов обогащения и пиро-гидрометаллургии.

Особенностью выбранного направления совершенствования технологии комплексной переработки пиритных техногенных хвостов является максимальное изучение и использование физико-химических свойств полезных минералов с усилением контрастности признаков разделяемых минералов: крупность, плотность среды разделения, степень окисления, критерии дезинтеграции, концентрация и сочетание собирателей и модификаторов, рН среды, ионный состав жидкой фазы, создание условий повышения гидрофобности флотуруемых минералов и гидрофильности депрессируемых минералов. На основе полученных данных спрогнозирована принципиальная схема переработки с получением следующих показателей: гравитационный концентрат с содержанием золота до 10 г/т при извлечении около 5%; медно-пиритный продукт с содержанием золота до 4 г/т при извлечении до 15% и меди до 70%; пиритный концентрат с содержанием золота до 2 г/т при извлечении до 30%; медно-цинковый промпродукт с содержанием золота до 0,8 г/т при извлечении до 50%.

В соответствии с изученными технологическими свойствами минералов техногенных хвостов полученный медно-пиритный продукт и гравитационный Au-содержащий продукт по составу близки рудным фабричным, которые могут быть проплавлены совместно с фабричным медным концентратом, выделяемым из рудного сырья. Цианирование пиритного концентрата с предварительным обжигом позволяет извлечь в раствор до 70% золота (от операции), что составит общий прирост извлечения около 33% [14, 18].

При доводке медно-цинкового продукта можно выделить кондиционный медный концентрат [17].

Исследованиями показана принципиальная переработка пиритных продуктов способами выщелачивания, хлор-

ной металлургии или других гидрометаллургических процессов, технологическая эффективность которых очевидна, однако для экономической целесообразности необходимы дополнительные исследования [14, 15, 16].

При пиро-гидрометаллургической переработке пиритных продуктов, хорошие результаты получены при плавке с получением богатого штейна с последующей флотацией с распределением: до 80% меди; золота 81,1%; серебра 77,0%; основная масса серы и цинка переходит в пылегазовую фазу 87% и 80% соответственно.

Проведенные исследования показали, что решение проблемы комплексного использования пиритных руд и пиритных концентратов (продуктов) наиболее целесообразно на стадии переработки пиритных фабричных кон-

центратов, выход которых составляет (по региону Урала) не менее 80% с содержанием в них меди 0,3–0,4%; цинка 0,4–0,6%; золота 0,8–1,2 г/т; серебра 10–15 г/т; при извлечении – (потерях) до 20% меди; до 40% цинка; до 80% золота и до 70% серебра.

Наиболее применяемыми способами для полного разложения пирита с освобождением законсервированного в нем золота является процесс хлорной металлургии, освоенный на заводах ФРГ, Испании, Японии; этот процесс отработан Гинцветмететом на Рязанском опытном заводе; биоокисление и последующее цианирование золота (ЦНИГРИ, МИСиС); процессы магнитно-импульсного, электро-импульсно-химического, СВЧ-воздействия (ИПКОН, ЦНИГРИ, МИСиС и др.) также являются эффективными и конкурентными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Чантурия Е.Л. Основные направления решения проблем комплексной переработки пиритных хвостов флотации медно-цинковых руд // Цветные металлы. – 2011. – № 12. – С. 20–26.
2. Бочаров В.А., Игнаткин В.А., Чантурия Е.Л. и др. Комплексная переработка пиритсодержащих хвостов флотации медно-цинковых руд // Горный журнал. – 2013. – № 12. – С. 68–71.
3. Чантурия В.А. Перспектива устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России // Горный журнал. – 2007. – № 2. – С. 2–9.
4. Хабаров В.В., Забельский В.И., Воробьев Д.Е. Прогрессные технологии добычи и переработки золотосодержащего сырья. – М.: Недра, 1994. – 150 с.
5. Макаров Д.М. Теоретическое и экспериментальное обоснование химических превращений сульфидов в техногенных отходах и изучение влияния продуктов окисления на технологические свойства, диссертация соискания уч. степени д.т.н. – М.: ИПКОН РАН, 2006.
6. Глухова Н.М., Лавриненко А.А., Саркисов П.М. Извлечение сульфидов и металлов платиновой группы из отвальных хвостов. VII Конгресс обогатителя СНГ, т. 2. – М.: МИСиС, 2002. – С. 148–152.
7. Козин В.З., Морозов Ю.П., Корюкин Б.М. Хвосты и хвостохранилища обогатительных фабрик // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 5. – С. 111–116.
8. Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Чантурия Е.Л. и др. Технология извлечения золота различной крупности из сульфидных руд и техногенного сырья. Материал конференции УГТА. – Екатеринбург, 2002. – С. 28–35.
9. Кушаков Л.Б., Сулейманов Г.А., Коспанов М.М. и др. Исследования по разработке комбинированной технологии переработки отходов обогащения хромитовых руд. Конгресс обогатителя СНГ, т. 1. – М.: МИСиС, 2011. – С. 219–224.
10. Барлин И.С. Повышение эффективности флотации апатита из техногенного месторождения складированных хвостов. Конгресс обогатителя СНГ, т. 2. – М.: МИСиС, 2011. – С. 338–341.
11. Бочаров В.А., Игнаткина В.А. К вопросу изучения влияния генетических особенностей разновидности пирит и его структурных ассоциаций на контрастности и технологические свойства // Цветные металлы. – 2014. – № 8. – С. 20–27.
12. Игнаткина В.А. // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2011. – № 1. – С. 1–7.

13. Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Флотационные свойства сфалерита и сульфидов меди колчеданных руд // Горный журнал. – 2014. – № 12.

14. Бочаров В.А., Мынцевич М.И., Захаров Б.А. Состояние и перспективы развития технологии комплексной переработки руд цветных металлов // Цветные металлы. – 2007. – № 2. – С. 65–71.

15. Зак М.С., Чехова Е.Ф., Каримов Е.В., и др. Комплексная переработка полиметаллического сырья на основе хлоридовозгоничного обжига / Научные труды Гинцветмета. – М., 1990. – С. 2–6.

16. Галушенко В.В., Багрова Т.А., Тарасов А.В. Переработка пиритных золотосодержащих концентратов / Научные труды Гинцветмета. – М., 1993. – С. 46–49.

17. Манцевич М.И., Мызенков Ф.А. Разделение медно-цинковых продуктов путем селективного обжига и флотации / Научные труды Гинцветмета. – М., 1988. – С. 38–42.

18. Мечев В.В., Бочаров В.А., Шербаков В.А. Основные направления переработки руд тяжелых цветных металлов с применением комбинированных процессов / Научные труды Гинцветмета. – М., 1988. – С. 3–11. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Бочаров Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, Игнаткина Владислава Анатольевна – доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: woda@mail.ru,

Чантурия Елена Леонидовна – доктор технических наук, профессор, e-mail: elenachan@mail.ru,

Юшина Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: yuti62@mail.ru,

Хачатрян Л.С. – кандидат технических наук,

Дунаева Вера Николаевна – аспирант, e-mail: vera.dunaeva1@yandex.ru, НИТУ «МИСиС».

UDC 622:331:817

CHOICE OF METHODS FOR INTEGRATED UTILIZATION OF PYRITE TAILINGS AFTER PROCESSING

Bocharov V.A.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ignatkina V.A.¹, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor, e-mail: woda@mail.ru,

Chanturiya E.L.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: elenachan@mail.ru,

Yushina T.I.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Head of Chair, e-mail: yuti62@mail.ru,

Khachatryan L.S.¹, Candidate of Technical Sciences, Dunaeva V.N.¹, Graduate Student, e-mail: vera.dunaeva1@yandex.ru, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The author examines characteristics of material constitution of old pyrite tailings after flotation of copper–pyrite and copper–zinc ore at different deposits in the Urals. Research findings of various authors in different areas of integrated processing of pyrite tailings are generalized. It is proposed to use a process flow chart including gravitation, flotation and hydrometallurgical methods based on size concentration of gold, copper, zinc and pyrite in conformity with density, physicochemical properties and process characteristics of minerals and rocks. The flotation and hydrochemical processes use combinations of selective sulphhydryl collectors, various classifiers, oxidizers, reducers and regulators. This process flow chart will allow production of concentrates and copper–zinc products for hydrometallurgical treatment as well as commercial output at the stage of mineral dressing.

Key words: mineralogical, chemical and phase compositions, fractionating, gravity, flotation, oxidation, solubilizing, collectors, modifiers, mining waste, pyrite, copper minerals, gold minerals.

ACKNOWLEDGEMENTS

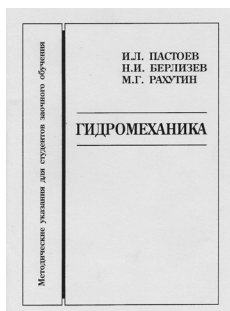
The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 14-05-00232.

REFERENCES

1. Bocharov V.A., Ignatkina V.A., Chanturiya E.L. *Tsvetnye metally*. 2011, no 12, pp. 20–26.
2. Bocharov V.A., Ignatkin V.A., Chanturiya E.L. *Gornyy zhurnal*. 2013, no 12, pp. 68–71.
3. Chanturiya V.A. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 2, pp. 2–9.
4. Khabarov V.V., Zabel'skiy V.I., Vorob'ev D.E. *Progressnyye tekhnologii dobychi i pererabotki zoloto-soderzhashchego syr'ya* (Advanced technologies of gold-bearing material extraction and processing), Moscow, Nedra, 1994, 150 p.
5. Makarov D.M. *Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie khimicheskikh prevrashcheniy sulfidov v tekhnogennykh otkhodakh i izuchenie vliyaniya produktov oksleniya na tekhnologicheskie svoystva* (Theoretical and experimental validation of chemical transformation of sulfides in mine waste and investigation of influence of oxidation products on processing characteristics), Doctor's thesis, Moscow, IPKON RAN, 2006.
6. Glukhova N.M., Lavrinenko A.A., Sarkisov P.M. *VII Kongress obogatitelya SNG*, t. 2 (VII CIS Dressers' Congress, vol. 2), Moscow, MISiS, 2002, pp. 148–152.
7. Kozin V.Z., Morozov Yu.P., Koryukin B.M. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 1994, no 5, pp. 111–116.
8. Bocharov V.A., Ignatkina V.A., Chanturiya E.L. *Materialy konferentsii UGGA* (Ural State Mining University Conference Proceedings), Ekaterinburg, 2002, pp. 28–35.
9. Kushakov L.B., Suleymanov G.A., Kospanov M.M. *Kongress obogatitelya SNG*, t. 1 (Конгресс обогатителя СНГ, vol. 1), Moscow, MISiS, 2011, pp. 219–224.
10. Barlin I.S. *Kongress obogatitelya SNG*, t. 2 (Конгресс обогатителя СНГ, vol. 2), Moscow, MISiS, 2011, pp. 338–341
11. Bocharov V.A., Ignatkina V.A. *Tsvetnye metally*. 2014, no 8, pp. 20–27.
12. Ignatkina V.A. *Izvestiya vuzov. Tsvetnaya metallurgiya*. 2011, no 1, pp. 1–7.
13. Bocharov V.A., Ignatkina V.A. *Gornyy zhurnal*. 2014, no 12.
14. Bocharov V.A., Myntsevich M.I., Zakharov B.A. *Tsvetnye metally*. 2007, no 2, pp. 65–71.
15. Zak M.S., Chekhova E.F., Karimov E.V. *Nauchnye trudy Gintsvetmeta* (GINTSVETMET Institute Transactions), Moscow, 1990, pp. 2–6.
16. Galushenko V.V., Bagrova T.A., Tarasov A.V. *Nauchnye trudy Gintsvetmeta* (GINTSVETMET Institute Transactions), Moscow, 1993, pp. 46–49.
17. Mantsevich M.I., Myzenkov F.A. *Nauchnye trudy Gintsvetmeta* (GINTSVETMET Institute Transactions), Moscow, 1988, pp. 38–42.
18. Mechev V.V., Bocharov V.A., Shcherbakov V.A. *Nauchnye trudy Gintsvetmeta* (GINTSVETMET Institute Transactions), Moscow, 1988, pp. 3–11.



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Гидромеханика: методические указания для студентов заочного обучения

Авторы: Пастоев И.Л., Берлизев Н.И., Рахутин М.Г.

Год: 5-е изд. 2015.

Страниц: 24

ISBN 978-5-98672-410-2

Приведены контрольные вопросы и варианты задач для проверки знаний студентов по дисциплине «Гидромеханика».