

но доказано существование тесной связи между длительностью ударного импульса и пределом прочности породы на одноосное сжатие, аналитически выражающейся степенной зависимостью.

3. Разработан и апробирован в производственных условиях экспериментальный образец прибора ДИ-КОН для оперативной оценки прочности пород в массиве по величине длительности ударного импульса.

4. Метод может быть использован на месторождениях рудного сырья при получении соответствующих корреляционных зависимостей между значением информативного параметра и прочностью руд и вмещающих пород.

Библиографический список

1. ДСТУ БВ.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами

неруйнівного контролю: Чинний від 2010-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с.

2. Руководство по экспресс-определению прочностных свойств углевмещающих пород Донбасса по их геологическим характеристикам и акустическим измерениям кернов геологоразведочных скважин / А.А. Майборода, О.С.Алферов, А.А. Яланский и др. – Днепропетровск: ДГИ, 1988. – Ч. 1. – 48 с.; Ч. 2. – 82 с.

3. Штенгель В. Г. О методах и средствах НК для обследования эксплуатируемых железобетонных конструкций / В.Г. Штенгель // В мире НК. – 2002. – № 2(16). – С. 12-15.

Поступила 10.12.2012

УДК 622.75/76.022.68:621.926.47

Морус В.Л. /к.т.н./

ИГТМ НАН Украины

Филимонов П.Е. /к.т.н./

ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»

Наука

Опыт применения техники промывки и классификации минерального сырья техногенных месторождений

Разработано технологически высокоэффективное и долговечное обогатительное оборудование на основе рабочих поверхностей из износостойких резин и динамически активных просеивающих поверхностей типа СДАЛ. Приведены примеры применения техники промывки и классификации глиносодержащих материалов и минералов техногенных месторождений. Ил. 5. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: техника, промывка, классификация, глиносодержащие материалы, техногенные месторождения

The technological and highly durable mineral processing equipment, based on the working surfaces of the wear-resistant rubber and dynamically active sieve-type surfaces is developed. The examples of application of leaching technique and classification of clay-containing materials and minerals of industrial deposits are given.

Keywords: technique, leaching, classification, clay-containing materials, industrial deposits.

В ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины в течение многих лет ведутся исследовательские работы по созданию, освоению производства и широкому внедрению технологически высокоэффективного и долговечного обогатительного оборудования на основе рабочих поверхностей из износостойких резин и динамически активных просеивающих поверхностей (СДАЛ).

Проведены исследования и обоснованы рациональные режимные и конструктивные параметры обогатительных машин барабанного типа с одновременным разнонаправленным перемещением частиц надрешетных фракций [1].

На рис. 1 представлена экспериментальная установка для моделирования процесса загрузки барабанного грохота. Проведены экспериментальные исследования противонаправленного движения частиц и оценка влияния частоты вращения и угла наклона

оси барабана на скорость перемещения фракций. Для выполнения основной цели исследований предварительно подготовлен исходный материал для мелкого и тонкого грохочения, который подавался в загрузочную часть грохота. Характеристика грохота длина барабана L_0 - 2,17 м; диаметр барабана D_0 - 0,8 м; объем барабана V_0 - 1,09 м³; число спиралей - 24; ширина спирали - 56 мм; высота буртика спирали - 40 мм; просеивающая поверхность - эластичные резиновые сита динамически активные ленточные (СДАЛ); угол наклона барабана - от минус 5 до 5; частота вращения барабана n_0 7-28 мин⁻¹.

Экспериментальные исследования, выполненные на полноразмерном барабанном грохоте с замкнутым циклом питания показатели, что при противонаправленном перемещении частиц различных фракций увеличение частоты вращения приводит к увеличению скорости перемещения крупных кусков к про-

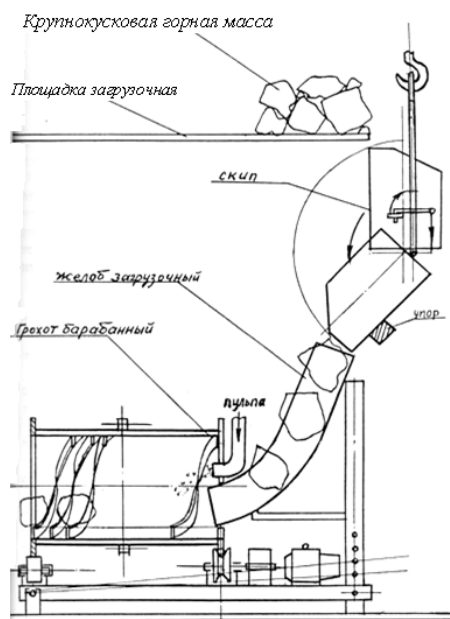


Рис. 1. Экспериментальное устройство для моделирования процессов загрузки и грохочения крупнокусковой горной массы барабанным грохотом

типоволожному разгрузочному порогу, т.е. способствует увеличению производительности грохота по надрешетному продукту и снижению его засорения. Кроме того, куски материала с меньшей массой при любых частотах вращения имеют большую скорость перемещения,

На рис. 2 представлены зависимости скорости перемещения кусков различной массы от угла наклона оси барабана для частот вращения барабана соответственно 10, 15, 20 мин⁻¹. Из графиков видно, что с увеличением частоты вращения с 10 до 20 мин⁻¹ для кусков с массой 3,6 кг скорость перемещения возрастает на 36-70 %, для кусков с массой 6,8 кг - на 33-72 %, а для кусков с массой 54 кг - на 59-127 %.

С увеличением частоты вращения барабана изменяется ударное взаимодействие различных частиц с эластичными СДАЛ. Поэтому скорость мелких частиц возрастает в большей степени, чем крупных. Так, куски с массой до 3 кг и размерами до 75 мм двигались быстрее в 1,1 раза, чем куски с массой до 7 кг и размерами до 200-250 мм. А глыбы с размерами до 600-700 мм и массой до 60 кг двигались в 1,5-1,6 раза медленнее, чем мелкие фракции.

Эксперименты показали, что, кроме частоты вращения и нетрадиционных условий взаимодействия

эластичных СДАЛ с материалом, на процесс возникновения противонаправленного перемещения частиц надрешетных фракций существенное влияние оказывает такой конструктивный параметр грохота как угол наклона оси барабана к горизонту. Так, начало противонаправленного перемещения различных фракций относится к углу 2,8°. Далее при снижении этой величины процесс активизируется и достигает максимальной интенсивности при $\alpha_0 = 1-0,5^\circ$. Таким образом, при угле наклона барабана 2,8° начинается процесс трехпродуктового разделения исходного материала. Поэтому, для фабрик, работающих с широким спектром фракций в исходном, этот эффект позволит удалить крупные фракции, которые могут усложнить дальнейшие процессы классификации, отсадки и др.

Исходя из количественных показателей увеличения производительности наиболее рациональными углами наклона оси барабана, при которых осуществляется трехпродуктовое разделение материала, являются углы 1 и 0,5°. Как и в случае с частотой вращения, здесь также в условиях производства возможна корректировка в пределах 10-15 %.

В процессе проведения исследований эффекта противонаправленного перемещения частиц надрешетных фракций был определен угол 2,8° наклона оси барабана, при котором начинается такое движение частиц, и частота, наиболее интенсивно способствующая этому движению. При любых углах наклона, где такой эффект существует, увеличение частоты вращения барабана интенсифицирует его. Возрастают скорость перемещений и, соответственно, производительности разделения продуктов грохочения.

Установленная рациональная частота вращения барабана, обеспечивающая эффективное трехпродуктовое разделение надрешетного материала, равняется 18-24 мин⁻¹, а угол наклона оси барабана колеблется от 2,6 до минус 1°. В пределах этих углов наклона легко опытным путем для каждого α_0 находится рациональная частота вращения, при которой производительность максимальна. С другой стороны, при заданной частоте вращения барабана таким же образом определяется оптимальный угол наклона оси барабана.

Изменение частоты вращения барабана приводит к изменению траекторий движения частиц различных

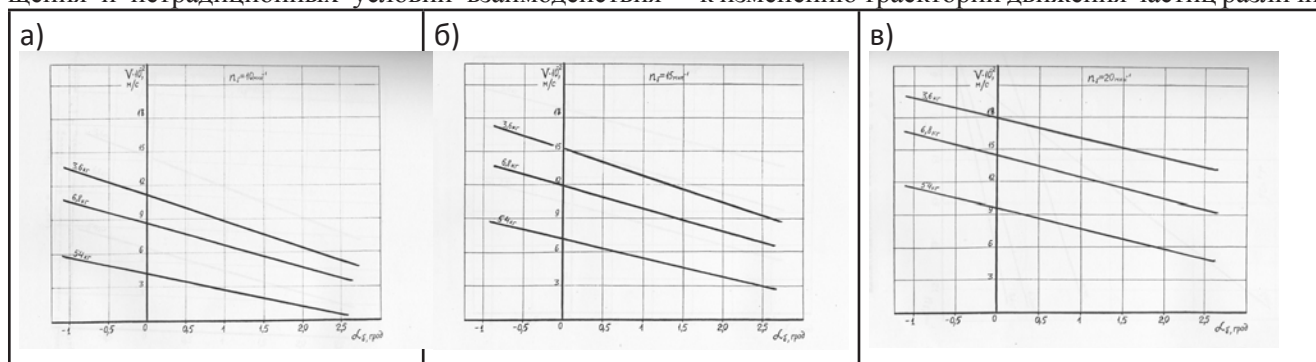


Рис. 2. Зависимости скорости перемещения различных фракции от угла наклона барабана:

а) $n_0 = 10$ мин, б) $n_0 = 15$ мин⁻¹, в) $n_0 = 20$ мин⁻¹

фракций и, соответственно, к различным усилиям и углам соударения их с резиновыми просеивающими поверхностями СДАЛ. В результате этого и формируются частоты колебаний просеивающих элементов, при которых крупные фракции материала начинают движение в противоположную сторону.

При уменьшении угла наклона оси барабана после $2,8^\circ$ возрастает интенсивность противонаправленного движения частиц материала. Уменьшается наклон траекторий движения частиц материала к горизонту, что также способствует изменению частоты колебаний элементов сита, и, как следствие, возрастают скорости движения частиц материала различных фракций.

Таким образом, при совместном воздействии на материал внутри барабана частоты вращения и угла наклона барабана возможно достичь максимальной производительности машины и эффективности грохочения.

В результате создано специальное высокопроизводительное оборудование для отмывки добытых и измельчённых абразивных минералов техногенных месторождений. В числе последних разработок указанного назначения - скруббер-бутара СБР-100 для промывочно-сортировочного комплекса по переработке кварцитов Васильковского месторождения предприятием ООО «КВАРЦИТ ДМ» (Днепропетровская обл.).

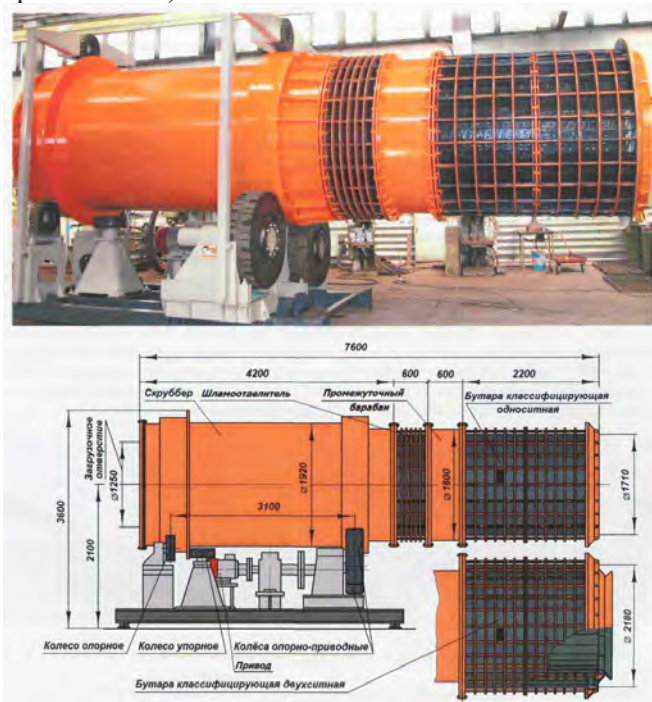


Рис. 3. Общий вид и принципиальная схема скруббер-бутары СБР-100

Созданный совместно с предприятием «КВАРЦИТ ДМ» и основывающийся на применении скруббер-бутары комплекс, включает: приёмный бункер с питателем; питающий конвейер; скруббер-бутару СБР-100; трёхдечный вибрационный грохот ГИЛ-43, оснащённый резиновыми ситами СДАЛ для тонкого грохочения подрешётного продукта и выпуска кварцитовых песков узких классов крупности: $-5,0+3,0$;

$-3,0+1,2$; $-1,2+0,8$ мм с их финишной промывкой; двухдечный вибрационный грохот ГИЛ-52 для сортировки надрешётного продукта и выпуска щебня товарных классов крупности: $-10,0+5,0$; и $-20,0+10,0$ мм.

Безусловно, главным технологическим агрегатом комплекса является скруббер-бутара СБР-100 (рис. 3) конструкция которой состоит из следующих основных узлов: скруббера, шламоотделителя, промежуточного барабана, бутары классифицирующей, привода, колёс опорно-приводных, колёс опорных, прижимных, колеса упорного, платформы. Компоновка перечисленных узлов и агрегатов предусматривает выполнение следующих операций: дезинтеграцию и отмывку дробленого кварцита крупностью до 40 мм от каолинистых глин; выделение и сброс в процессе отмывки глинистых шламов крупностью $-0,5$ мм; совмещение доводочной промывки с классификацией кварцита по крупности 5 мм. Скруббер представляет собой тонкостенный цилиндрический барабан, торцовые части которого являются фланцами, а на внешней части по краям выполнены бандажы, которыми он опирается на систему колес, с резиновыми шинами.

Техническая характеристика скруббер-бутары СБР-100: производительность, т/ч: максимальная расчётная - до 200 (в промывочно-сортировочном комплексе «КВАРЦИТ ДМ» - 100-120); максимальная крупность кусков в питании, мм - до 300; тип рабочего органа - четырёхсекционная скруббер бутара с шламоотделяющей и грохотильной секциями; рабочий объём скруббера, м^3 - 11,3; площадь рабочей поверхности скруббера, м^2 - 24,4; просеивающие поверхности - резиновые СДАЛ; площадь просеивающей поверхности, м^2 : секции шламоотделяющей - 3,3; секции грохотильной - 11,6; все рабочие поверхности защищены износостойким резиновым покрытием; продольный наклон скруббер-бутары, регулируемый - $0-5^\circ$; тип привода рабочего органа - фрикционный электромеханический; частота вращения барабана мин^{-1} - 15; установленная мощность, кВт - 37; тип редуктора - цилиндрический двухступенчатый; габаритные размеры, мм: длина (с загрузочным устройством) - 8360; ширина - 3380; высота - 4250; масса, т: скруббер-бутары с приводом, платформой и ограждением - 14,5; обрезиненного рабочего органа - 7,2; барабана скруббера (металлоконструкция) - 3,7.

С августа 2005 г. скруббер-бутара введена в эксплуатацию в промывочно-сортировочном комплексе Васильковского карьера. По завершении пусконаладочных работ комплекс выведен на режим круглосуточной эксплуатации с производительностью по исходному питанию от 80 до 120 т/ч и возможностью выпуска готового продукта в виде высококачественно отмытых фракций кварцита крупностью $-1,2+0,8$; $-3,0+1,2$; $-5,0+3,0$; $-10,0+5,0$; $-20,0+10,0$ и $+20,0$ мм. Таким образом, началась эффективная высокопроизводительная переработка давно хранящихся в отвалах карьера глиносодержащих отсеков дроблёного кварцита крупностью - 40 мм. В промежутке време-

ни с августа 2005 г. по декабрь 2006 г. включительно комплекс находился в работе в течение около 14 мес. и им переработано свыше 700 тыс. т горной массы, которая выпущена в виде товарных сортов кварцевых песков и щебня, отмытых от повышенного (до 40 %) содержания каолинистых глин (рис. 4).



Рис. 4. Исходные и переработанные в скруббер-бутаре СБР-100, отмытые и расклассифицированные продукты

На основании реализации приведенных выше научно-технических решений и результатов эксплуатации СБР-100 в промывочно-сортировочном комплексе Васильковского карьера можно сделать вывод, что создана машина, в конструкции которой решены следующие проблемы:

- реализованы условия для эффективной мокрой дезинтеграции отсева дроблёного кварцита с диспергацией каолинистых глин содержанием до 40% и производительностью до 100 - 120 т/ч. Задачи решены путём создания специальной полностью резиновой рабочей поверхности скруббера малой массы и повышенной износостойкости, снабжённой системой чередующихся прямых и возвратных лифтёров с разновысокими кольцевыми переливными порогами;

- совмещены операции дезинтеграции и диспергации с обесшламливанием по крупности 0,5 мм и последующей сортировкой любым видом тонкого или мелкого грохочения для получения отмытых и готовых товарных сортов продуктов с выгрузочного конца бутары;

- разработана специальная конструкция просеивающих элементов СДАЛ тонкого грохочения и обесшламливания для ударного взаимодействия с кусками, превышающими граничную крупность разделения в 80-100 раз;

- создана конструкция рабочего органа скруббер-бутары минимальной массы за счёт полного эффективного футерования износостойкими резиновыми элементами всех узлов и деталей, взаимодействующих с перерабатываемым материалом;

- разработаны способы бескрепёжного, простого соединения футеровки с корпусом и замены всех резиновых узлов, формирующих рабочую поверхность скруббер-бутары, с герметизацией узлов стыковки и созданием поля сжимающих напряжений со стороны взаимодействия с перерабатываемым материалом;

- разработана компоновка привода с максимальным приближением приводных колёс к центру масс скруббер-бутары, как в продольном, так и в попереч-

ном сечениях. Это оптимизирует тяговые и сцепные характеристики привода, позволяет применять упрощённые, легко адаптируемые под конкретные технологические задачи энергосберегающие схемы с одним электродвигателем и облегчёнными опорными неприводными колёсами малого диаметра и массы.

Оценивая уровень технико-экономических показателей, достигнутых эксплуатацией СБР-100 в сравнении с известным оборудованием [2-3], необходимо отметить, что принципы применения износостойких резин для формирования в скруббер-бутарах всех дезинтегрирующих и просеивающих рабочих поверхностей, позволяют создавать аналогичные по производительности и эффективности машины с уменьшением массы в 1,5-1,8 раз, а энергопотребления - до 2 раз. Причём степень снижения масс узлов и деталей рабочего органа такова, что надёжная работа привода новых машин в некоторых случаях может обеспечиваться одним электродвигателем против двух таких же по мощности у аналогов. Это дополнительно упрощает конструкции, уменьшает стоимость скруббер-бутар а также снижает затраты на их эксплуатацию и ремонт.

Полученный опыт позволил обоснованно использовать модульный принцип для конструирования скрубберов с самой широкой областью назначения и применения. Для технологических задач, связанных с высокопроизводительной диспергацией трудноразмываемых каолинистых глин рациональными могут являться конструкции с длиной скрубберов до 6-10м. Охватывая диапазон конструктивных параметров с диаметрами от 1,5 до 3,0 м и длиной от 2,0 до 10,0 м и более, разработана концепция и принципы конструирования любых вариантов исполнения скрубберов с высокоэластичной и износостойкой резиновой футеровкой. Не вызывает каких либо значительных технических проблем установка на дезинтегрирующие агрегаты больших размеров аналогичных по принципу конструирования модульных, соответствующих по диаметру классифицирующих бутар повышенной длины. Бутарами с рабочей длиной сеющих барабанов от до 4-5 м могут эффективно решаться задачи достижения самых высоких технологических показателей грохочения по крупности от 0,5 до 300 мм. Причём, является крайне важным и принципиальным то, что разработанные конструкции просеивающих элементов СДАЛ тонкого грохочения с самыми малыми размерами ячеек (0,5-3,0 мм), предусматривают возможность взаимодействия с кусками, размеры которых в 300-500 раз превышают граничную крупность разделения. Например, созданные и уже модернизированные на базе более чем пятилетнего опыта промышленной эксплуатации специальные конструкции просеивающих элементов СДАЛ для грохочения по классам крупности 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 5,0 мм, позволяют формировать рабочие поверхности бутар, способные взаимодействовать с кусками размерами до 300-400мм. При этом надёжность крепления, прочность сит, а также их износостойкость исходно закладываются и гарантированно обеспечиваются на уровне не

менее одного сезона эксплуатации. Такие особенности конструкций СДАЛ для бутарных модулей являются крайне важными при решении становящихся всё более актуальными задач высокопроизводительного выделения тонких, в том числе продуктивных классов, в голове технологических процессов. Особенно остро указанные задачи стоят при создании и развитии современных технологий переработки россыпных и техногенных месторождений с тонковкрапленными включениями полезных минералов и продуктивными классами с минимальными размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм, что наиболее характерно для создаваемых новых технологических схем обогащения в алмазо- и золотодобывающей промышленности.

Примером агрегата с протяжённой дезинтегрирующей секцией для диспергации трудноразмываемых глин и бутарой на основе резиновых просеивающих элементов грохочения по крупности 80 мм является скруббер-бутара СБР 2,2x8/2. Она создана для переработки минералов с содержанием каолиновых глин до 90 % и подготовки к обогащению алмазосодержащего сырья из россыпных месторождений на промысловых обогатительных установках компании «УРАЛ-АЛМАЗ».

Одним из направлений нашей деятельности в области технологий переработки минерального сырья с применением оборудования барабанного типа является также создание новой техники для операций агломерирования или окомкования. Принципиально эту технику от барабанного оборудования дезинтеграции отличают лишь более низкий в 1,3-1,6 раз диапазон рабочих частот вращения и рабочая поверхность, на которой внутри барабанов должны реализовываться режимы перемещений только с перекачиванием частиц материала без подъёмов и сбрасываний. Ещё одним важнейшим требованием к рабочим поверхностям такого оборудования является их способность к самоочистке от налипающих глинистых, бентонитовых и других связующих материалов. Используя те же модульные принципы в конструировании, а также унифицированные узлы и детали, в особенности для агрегатов и конструкций опорно-приводной платформы, разработан барабанный окомкователь ОБР 2,5x9. Этот агрегат создан для получающих в настоящее время большое развитие технологий кучного выщелачивания золота и с сезона 2010 г. эксплуатируется на золотодобывающем предприятии «Покровский рудник» УК Петропавловск в Амурской области (рис. 5).



Рис. 5. Барабанный окомкователь ОБР 2,5x9 в технологической линии кучного выщелачивания золота предприятия «Покровский рудник» УК Петропавловск

Выводы

1. Проведены исследования и обоснованы рациональные режимные и конструктивные параметры обогатительных машин барабанного типа с одновременным разнонаправленным перемещением частиц надрешетных фракций.

2. Разработана техника промывки и классификации материалов и минералов техногенных месторождений: скруббер-бутара СБР-100 для промывочно-сортировочного комплекса по переработке кварцитов Васильковского месторождения предприятием ООО «КВАРЦИТ ДМ»; скруббер-бутара СБР 2,2x8/2 для переработки минералов с содержанием каолиновых глин до 90 % и подготовки к обогащению алмазосодержащего сырья из россыпных месторождений на промысловых обогатительных установках компании УРАЛ-АЛМАЗ; барабанный окомкователь ОБР 2,5x9 для технологий кучного выщелачивания золота и золотодобывающего предприятия «Покровский рудник» УК Петропавловск в Амурской области.

3. Разработана специальная конструкция просеивающих элементов СДАЛ тонкого грохочения и обесшламливания для ударного взаимодействия с кусками, превышающими граничную крупность разделения в 80-100 раз. Разработанная техника реализовывает условия для эффективной мокрой дезинтеграции отсева дроблёного кварцита с диспергацией каолинистых глин содержанием до 40 % и производительностью до 100-120 т/ч; совмещает операции дезинтеграции и диспергации с обесшламливанием по крупности 0,5 мм и последующей сортировкой любым видом тонкого или мелкого грохочения для получения отмытых и готовых товарных сортов продуктов с выгрузочного конца бутары.

Библиографический список

1. Износостойкие динамически активные просеивающие поверхности из эластомеров для разделения сыпучих материалов и пульпы / Червоненко А.Г., Морус В.Л. // Тр. II Междунар. симпозиума по механике эластомеров, июнь, 1997. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 1997. – Т. 1. – С. 296-309.

2. Степаненко А.И. Современное оборудование дезинтеграции // - Новосибирск: <http://gmexp.ru/about/>.

3. Скрубберный агрегат облегчённой конструкции / Пятаков Вл.Г., Пятаков В.Г. // Горный журнал. – 2006. - № 2. – С. 2-8.

Поступила 23.01.2013