

Основные тенденции современного развития флотационного обогащения углей в Украине



В. П. СОКОЛОВА,
канд. техн. наук
(Криворожский металлургический
институт НМетАУ)

Актуальность флотационного обогащения углей. Согласно анализу, выполненному в 2008 г. [1], в Украине ежегодно перерабатывалось порядка 70 млн т углей с получением продукции для коксования (около 40 %) и энергетики.

За последние 50 лет зольность угля, поступающего на углеобогатительные фабрики Украины, в среднем увеличилась на 19,2 % (с 20,4 до 39,6 %) [2, 3]. Повышение содержания минеральных примесей в рядовых углях связано с расширением разработки высокозольных пластов, ухудшением горно-геологических условий ведения добычных работ в связи с ростом глубины разработки (более 1 км), внедрением комплексной механизации и автоматизации забоев, исключающих отдельную выемку угля и вмещающих пород [4]. В связи с этим необходимость понижения зольности углей до приемлемого уровня в условиях возрастающих требований к качеству кокса обуславливает актуальность совершенствования обогащения рядовых углей.

С развитием механизации угледобычи наметилась тенденция к повышению выхода мелких классов (менее 1 мм) до 30–35 % вместо допустимых ранее 10–15 %. Повышение доли мелких классов требует более широкого применения методов обогащения: флотации, шламовой отсадки, обогащения на винтовых сепараторах, в тяжелосредных и водных гидроциклонах. Наиболее эффективный метод – флотационное обогащение [4, 5].

В Украине флотацией обогащается 10,8 % угля (после отсадки и обогащения в тяжелых средах для крупных классов) [1]. По данным работы [6], удельный вес флотоконцентрата в общем объеме концентрата на обогатительных фабриках с флотацией составил 26,1 %, а диапазон изменения зольности шламов, обогащаемых методом флотации, – от 12,2 до 53,2 %. Зольность флотоконцентрата увеличилась с 11,8 до 13,6 % [3]. Все это определяет необходимость дальнейшего развития флотационного обогащения.

Технологию флотационного обогащения рассматривают в совокупности таких аспектов: флотационные машины, реагентный режим и схемы флотации. Определим основные тенденции современного развития флотационного обогащения углей, направленные на повышение качества концентрата и уменьшение потерь угля. Это оптимизация конструктивных и технологических параметров флотационных машин, которая базиру-

ется на анализе гидродинамических особенностей флотационного процесса; улучшение процесса подготовки и подачи реагентов, кондиционирования пульпы; совершенствование реагентного режима на основе более глубокого изучения физико-химических основ флотации и минералого-петрографических характеристик угольного шлама, использование новых реагентов; интенсификация обогащения ультратонких углей, развитие селективной флокуляции; повышение эффективности гидравлической классификации угольных шламов в целях удаления из питания флотационных машин частиц нефлотационной крупности; совершенствование технологических схем флотации шламов в условиях повышения зольности угля и увеличения доли тонких частиц.

Развитие углеобогащения, в том числе флотационного, тесно связано с разработками ведущих институтов в области углеобогащения: ГП «УкрНИИуглеобогащение», ГП ГПКИ ОО «Гипромашуглеобогащение». Созданы угольные флотационные машины и вспомогательное оборудо-

вание (аппараты для кондиционирования пульпы, питатели и дозаторы реагентов, пеногасители); разработаны и внедрены новые флотационные реагенты, созданы технологические режимы флотации низкометаморфизованных углей и др. [7].

Оптимизация конструктивных и технологических параметров флотационных машин. Определение оптимальных конструктивных и технологических параметров флотационных машин ориентировано на машины механического и пневмомеханического типов (импеллерные) и пневматические (безимпеллерные), в том числе колонного типа.

Парк флотационных машин в Украине главным образом ориентирован на машины механического типа. Из 77 флотационных машин, работающих в настоящее время на углеобогачительных фабриках, 34 оснащены широколопастными аэраторами, 28 модернизированы аэраторами радиально-осевого типа, применение которых дает возможность значительно интенсифицировать процесс флотации [6]. Благодаря развитой рабочей поверхности лопатки широколопастные импеллеры создают оптимальный аэрогидродинамический режим при пониженной частоте вращения и окружной скорости. Это способствует эффективно-му перемешиванию пульпы в камере и всасыванию большого количества воздуха [8].

Разработанный ГП «УкрНИИУглеобогащение» аэрационный блок механической флотационной машины с радиально-осевым импеллером за счет совмещения в одном импеллере двух встречно расположенных осевых колес и радиальных лопаток позволяет равномерно распределять пульповоздушную смесь по объему камеры, увеличивать степень аэрации пульпы, диспергирования воздуха и реагентов [9]. В целях создания флотационной машины нового поколения с пониженным энергопотреблением и металлоемкостью, оптимальными аэрогидродинамическими и технологическими характеристиками в ГП «УкрНИИ-Углеобогащение» проведены исследования по разработке и испытанию экспериментального образца радиальной перечистой механической флотационной машины [10]. Результаты испытаний показали: по удельным показателям (производительности по твердому, энергоемкости) и техническим возможностям (сте-

пени аэрации) экспериментальный образец радиальной флотационной машины с одним аэратором радиально-осевого типа превышает удельные показатели серийных образцов флотационных машин с шестью аэраторами; возможность регулирования расхода воздуха на аэрацию во флотационной машине позволяет изменять гидродинамические условия в зависимости от характеристик исходного материала и, как следствие, качественно-количественные показатели флотации; использование одного блока-аэратора снижает потребление электроэнергии и металлоемкость по сравнению с существующими образцами флотационных машин в 1,5–2 раза, сокращает расходы на обслуживание и ремонт.

За последние 15–20 лет в мире все шире применяют колонную флотацию, что обусловлено высокими технологическими показателями, возможностью обогащения тонких частиц и грубозернистого материала, простой регулировки процесса, низкими энергозатратами, эффективной флотацией плотных пульп, уменьшением объема аппарата и расхода реагентов, отсутствием движущихся частей, малой установочной площадью, несложной конструкцией. Низкая интенсивность перемешивания пульпы приводит к повышению селективности флотации шламов вследствие резкого сокращения количества механически выносимых частиц. Поэтому особенно перспективно применение метода колонной флотации для переработки тонкозернистых (менее 0,15 мм) отходов углеобогащения зольностью 40–60 %. Зольность концентрата при этом достигает 6,8–7,2 % [5].

В Украине применение колонной флотации связано с вводом в эксплуатацию углеобогачительной фабрики «Свято-Варваринская», где установлены колонные флотационные машины «CoalPro». Поставщик технологии и оборудования колонной флотации – компания «Коралайна Инжиниринг» (СЕТСО), поставившая в Украину восемь колонн. Колонны имеют диаметр 3–4,9 м и высоту 7,3–16 м [11]. На колонную флотацию направляются раздельно два класса угля крупностью 0,04–0,2 и 0–0,04 мм, полученные при классификации слива ГЦ-500 зольностью 31,92 % и крупностью 0–0,2 мм в гидроциклонах ГЦ-152. Из пескового продукта зольностью 24,07 % получают по выходу

39,16 % концентрата зольностью 8,26 %, при этом отходы содержат 81,55 % золы; выход концентрата из сливного продукта составил 24,99 %, зольность концентрата – 11,12 %, зольность отходов – 67,1 % [12]. На ОФ «Красноармейская-Западная» № 1, вновь построенной по технологии компании «Коралайна Инжиниринг», предусмотрено обогащение шламов во флотационной машине колонного типа производства СЕТСО [13].

Улучшение процесса подготовки и подачи реагентов, кондиционирования пульпы. Выделяют несколько направлений исследований: совершенствование методов активации реагентов перед введением в пульпу; разработка новых аппаратов специального назначения; определение точек подачи реагентов по фронту флотации.

Исследования, направленные на совершенствование подготовки пульпы перед флотацией, связаны с получением высокодисперсных стабильных эмульсий реагентов и поиском надежных и простых по конструкции диспергирующих устройств. Из аппаратов подготовки пульпы заслуживают внимания АРКП, АППФ, АКП-2 [14].

В настоящее время в Украине выпускают и используют аппарат для кондиционирования пульпы АКП-1600, в котором предусмотрены центробежное распыление реагентов, тангенциальный подвод пульпы на периферию аппарата и равномерное распределение по двум кольцевым концентрично расположенным желобам. Распыление реагентов в центробежном распылителе происходит за счет турбулентности потока и давления на поверхности жидкости вследствие трения о воздух, обеспечивая их равномерное распределение в объеме пульпы.

На Центральной обогатительной фабрике «Дуванская» ОАО «Краснодонуголь» проведены лабораторные исследования и промышленные испытания эмульгирования собирателя в многоступенчатом роторно-дисковом диспергаторе при флотации углей марки Ж. Установлено, что подача флотореагентов в процесс в виде прямой эмульсии (масло/вода) позволяет существенно улучшить технологические показатели флотации при одновременном снижении расхода собирателя до 30 % [15]. Аналитическими и экспериментальными ис-

следованиями установлена гиперболическая зависимость крупности капель эмульсии от скорости потока воды при эмульгировании [16].

На технологические показатели флотации значительно влияет способ подачи реагентов. Дробная подача флотореагента в соответствии со способом, изложенном в патенте [17], часть которого подают в узел подготовки пульпы, а часть распределяют непосредственно в воздушные патрубки аэрационных блоков флотационной машины, способствует более равномерному съему пенного продукта во времени. Это дает возможность повысить селективность флотационного разделения и снизить потери горючей массы с отходами. В результате оптимизации режима подачи и распределения реагентов по фронту флотации на ряде обогатительных фабрик Украины (ЦОФ «Киевская», «Дзержинская», «Стахановская», «Пролетарская», «Узловская», «Самсоновская» и др.) был увеличен выход флотоконцентрата на 0,7–1 % при снижении зольности на 0,1–0,2 % [6].

Совершенствование реагентного режима, использование новых реагентов. Дальнейший прогресс в области флотации угля связан с более глубоким изучением физико-химических основ процесса, позволяющего обоснованно рекомендовать и успешно использовать новые реагенты для повышения эффективности флотационного обогащения, рационально сочетая известные реагенты и вновь созданные, в том числе полученные из продуктов коксохимического производства.

Исследования [18], выполненные с использованием таких широко применяемых реагентов, как керосин, соляровое масло (дизельное топливо) и масло ПОД, позволяют констатировать, что для труднофлотируемых шламов газовых углей при подборе реагентных режимов следует сочетать аполярные собиратели с разным содержанием высоко- и низкотемпературных фракций углеводородов. Целесообразно в данном случае применять дизельное топливо и керосин при долевым участии керосина в смеси 0,4–0,6. Применение дизельного топлива и масла ПОД высокой вязкости положительно отражается на длительности существования образовавшегося флотационного комплекса и повышает скорость

извлечения угольных частиц в пенный продукт. Более низкая вязкость керосина компенсирует отрицательное влияние масла ПОД – образование вязкой пены, поскольку пеногасящее действие аполярного реагента усиливается с уменьшением его вязкости. Кроме того, использование керосина в составе смеси способствует лучшему эмульгированию углеводородов дизельного топлива, имеющих более высокую температуру кипения.

Авторы работы [19] предлагают в качестве реагента-собиравателя смесь дизельного топлива и вспенивателя масла ПОД при соотношении вспенивателя к собирателю 10–15:90–85. Кроме того, рекомендуется дополнительная подача вспенивателя в количестве 1,5–3 % массы смеси. Такое соединение реагентов позволяет уменьшить расход флотореагентов в 1,7–1,8 раза и повысить качество концентрата.

Предложенный композиционный реагент (флотореагент-собираватель Луганский) [20] – легкий газоль каталитического крекинга, в состав которого входят углеводороды ароматические (47–50 %), парафиновые (32–37 %), нафтеновые (остальное). Строение ароматических углеводородов создает благоприятные условия для адсорбционного закрепления молекулы собирателя на поверхности угля и способствует дополнительной гидрофобизации его поверхности, что обеспечивает высокие собирательные свойства реагента-собиравателя.

По данным ГП «УкрНИИуголеобогащение», сравнительные исследования флотационной активности разных реагентов-вспенивателей в условиях ЦОФ «Пролетарская», «Кондратьевская» и «Селидовская» свидетельствуют о технологических преимуществах флотореагента Оксаль Т-66, КЭТГОЛа и разработанного композиционного реагента по сравнению с маслом ПОД [6]. В результате длительной работы флотационного отделения ОФ «Самсоновская» на новом реагентном режиме (собираватель ТС-1 и вспениватель – разработанный композиционный реагент) зольность отходов увеличилась в среднем на 2,6 % при практически неизменном качестве концентрата. Потребность во вспенивателе уменьшилась в 7 раз [6].

Учитывая возрастающую актуальность проблемы получения недефицитных и более

дешевых флотационных реагентов, в УХИНе были исследованы побочные продукты и отходы разных производств, в частности коксохимические продукты, для определения их флотационной активности [21]. Достаточно высокую флотационную активность при низких по сравнению с ААР-2 расходах показал разработанный на базе продуктов Фенольного завода и испытанный реагент марки КУ-1.

Интенсификация обогащения ультратонких углей, развитие селективной флокуляции. Использование селективной флокуляции позволяет обогащать ультратонкие шламы (менее 35–40 мкм), количество которых неуклонно возрастает. Базовые экспериментальные работы в области селективной флокуляции угольных шламов синтетическими латексами проведены украинскими исследователями в УХИНе совместно с Воронежским заводом синтетических каучуков и Воронежским филиалом ВНИИСК. Разработано и опробовано 29 латексных реагентов-флокулянтов. Наиболее эффективные из них прошли апробацию в промышленных условиях в углеподготовительных цехах коксохимических заводов и на ряде углеобогатительных фабрик Донбасса [22]. Один из самых эффективных – флокулянт БС-30Ф, разработанный научными сотрудниками УХИНа [4, 21, 22]. Его применение позволяет избирательно укрупнить ультратонкие угольные зерна в исходной пульпе до флотационной крупности (0,25–0,15 мм).

Результаты испытаний флокуляционно-флотационного метода обогащения шламов, проведенные в УХИНе, показали, что при расходе 270 г флокулянта на 1 т твердого продукта в пульпе эффективность процесса разделения возрастает до 90,3 % по сравнению с 86,6 % при обычной флотации. Выход концентрата увеличивается на 6,1 % (с 80,9 до 87 %). Зольность отходов возрастает с 76,7 до 83,2 %. При использовании флокулянта снижается расход основных флотационных реагентов на 1 т твердого: керосина – с 2300 до 1700 г, Т-66 – со 180 до 130 г. Скорость флотации увеличивается на 40–50 % [23]. Процесс селективной флокуляции в условиях углеобогатительных фабрик Донбасса с применением латексного флокулянта БС-30Ф повышает выход концентрата на 2–5 % при увеличении зольности отходов флотации до 80 % [24].

Из-за трудностей с закупкой сырья для флокулянта БС-30Ф специалисты Харьковского политехнического института в 2006 г. разработали селективный флокулянт марки ТКП «О», который получают при пиролизе [4, 21, 22]. Данные исследований свидетельствуют о том, что коэффициент селективности при использовании этого реагента в качестве селективного флокулянта для обогащения шламов составляет 96,26 % (при сравнении с флокулянтом БС-30Ф – 92,66 %). Промышленную проверку флокулянта марки ТКП «О» проводили во флотационном отделении ЦОФ «Калининская». Применение ТКП «О» дает возможность уменьшить расход реагента-собирателя, увеличить выход концентрата, повысить зольность отходов флотации и снизить потери угля.

Повышение эффективности гидравлической классификации угольных шламов перед флотацией. Потери горючей массы с флотоотходами связаны не только с тонкодисперсными частицами, но и с зернистой частью питания флотации. Поэтому одним из путей снижения потерь угля с отходами флотации является удаление из питания флотационных машин частиц нефлотационной крупности. В большинстве случаев классификацию осуществляют по граничному зерну 0,5 мм. В этих целях на обогатительных фабриках используют гидроциклоны, что объясняется сочетанием простоты конструкции аппарата с его высокой производительностью.

В последние годы наметилась тенденция к снижению верхнего предела крупности шламов, обогащаемых флотацией, до 0,35 мм [25] и даже до 0,25 мм [6, 26, 27]. Однако необходимость снижения верхнего предела крупности питания флотационных машин предопределяет двухстадийную классификацию шламов в гидроциклонах, так как в большинстве случаев слив гидроциклонов первой стадии классификации содержит частицы, которые больше флотационной крупности. Наиболее эффективно, с точки зрения авторов работы [25], соединение гидроциклонов ГЦ-1000 + ГЦ-630 и ГЦ-630 + ГЦ-360. Более высокая эффективность классификации достигается при перемешивании двух продуктов первой стадии классификации в гидроциклонах. Так, при перемешивании слива ГЦ-1000 в гидроциклоне

ГЦ-710, а сгущенного продукта в гидроциклоне ГЦ-630 содержание класса +0,5 мм в общем сливе отсутствует. Для эффективной классификации соотношение диаметров гидроциклонов второй стадии к первой должно быть 0,55–0,63. Однако при низкой плотности твердого материала гидроциклоны не обеспечивают кондиционность по крупности сливного продукта, поступающего на флотацию, и двухстадийная схема классификации угольных шламов в гидроциклонах малоэффективна [25, 28].

Авторы работ [25, 28] считают, что перспективное направление решения задачи контроля крупности питания флотации – сочетание в одном аппарате достоинств гидроциклона и грохота с ситовой поверхностью. Специалисты ГП «УкрНИИуглеобогащение» разработали трехпродуктовый циклонно-ситовый классификатор ЦСК-630, промышленные испытания экспериментального образца которого прошли на ЦОФ «Пролетарская». Применение циклонно-ситового классификатора, по сравнению с гидроциклоном ГЦ-630, позволяет уменьшить содержание частиц крупностью более 0,3 мм в питании флотации на 2,4 % (с 2,6 до 0,2 %) при размере отверстий сита 0,5 мм и тем самым снизить их содержание в отходах флотации на 0,7 % (с 1,1 до 0,4 %) [28].

Совершенствование технологических схем флотации угольных шламов. Необходимость совершенствования схем флотации в настоящее время обусловлена, главным образом, повышением содержания в питании флотации тонких частиц, высокозольных и труднообогатимых шламов. В зависимости от зольности, гранулометрического состава, наличия промпродуктовых фракций выбирают ту или иную схему обогащения шлама, включающую разные операции предварительной и промежуточной классификации.

Перспективные схемы флотационного обогащения угольного шлама – раздельная флотация крупного и мелкого. В частности, при использовании колонных машин на обогатительных фабриках в Украине применяют раздельное обогащение пескового и сливного продуктов гидроциклонов, так называемые классы крупности 0,04–0,2 и 0–0,04 мм [11, 13].

Специфические физико-механические свойства газовых углей с большим содержанием легкоразмокаемой породы определяют особенности их обогащения, в том числе флотации. Исследования [29] показали, что для шламов углей Западного Донбасса характерно высокое содержание классов (65–75 %), представленных в основном глинистым материалом.

Шламы крупностью более 0,5 мм – чистые угольные компоненты зольностью 5–6 %, их содержание достигает 15–20 %. Долевое участие средних классов (0,08–0,5 мм) невелико (10–15 %). Это механическая смесь низкзолных угольных зерен и глинистых частиц общей зольностью 15–20 %. В основу обогащения шламов подобного гранулометрического состава могло быть положено механическое разделение их по крупности и флотационное обогащение промежуточного класса 0,08–0,5 мм. Однако эффективно разделить шлам по указанной граничной крупности на существующем оборудовании невозможно, поэтому на ЦОФ «Павлоградская» применена схема обогащения флотацией с предварительной двухстадийной классификацией шламов в ГЦ-630 и ГЦ-350. Зольность концентрата (без перерешетки) не превышала 16 %, а отходов была не ниже 72 %.

Кроме того, исследования гранулометрического состава шламовых продуктов ЦОФ «Павлоградская» выявили класс 0,2–2 мм кондиционной зольности, не требующий обогащения. Для классификации по данной крупности в ГП «УкрНИИуголеобогащение» разработан классификатор ленточный КЛ-10, оснащенный зонами классификации (безвакуумная), противоточной промывки и обезвоживания (дробленое вакуумирование). Классифицируют как необогащенный шлам по граничной крупности 0,2 и 2 мм, так и обогащенный (сгущенный продукт радиального сгустителя) по 0,2 мм.

Выводы. Основные тенденции современного развития флотационного обогащения углей в Украине определяются необходимостью повышения качества концентрата, а также уменьшения потерь угля, что обусловлено увеличением доли тонкодисперсных углей и возрастанием их зольности, и отражают следующие направления совершенствования флотационного обогащения углей:

- оптимизацию аэрогидродинамических режимов работы механических флотационных машин, в том числе применение машин с широколопастными аэраторами и аэраторами радиально-осевого типа, а также использование пневматических флотационных машин, в частности колонных;
- повышение эффективности подготовки флотационных реагентов и кондиционирования пульпы с использованием аппаратов с центробежным распылением реагентов; создание и применение новых реагентов и их сочетаний; развитие селективной флокуляции шламов;
- совершенствование схем предварительной классификации с использованием нового классифицирующего оборудования в целях удаления из питания флотационных машин частиц нефлотационной крупности (более 0,2–0,35 мм), а также внедрение технологических схем отдельной флотации крупного и мелкого шлама.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппенко Ю. Н. Состояние и перспективы развития углеобогащения в Украине / Ю. Н. Филиппенко, И. П. Курченко // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 33 (74). – 2008. – С. 30–37.
2. Полулях А. Д. Развитие углеобогащения в Украине: анализ и перспективы / А. Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 54 (95). – 2013. – С. 3–14.
3. Полулях А. Д. Перспективы развития углеобогащения в Украине / А. Д. Полулях // Уголь Украины. – 2014. – № 4. – С. 35–39.
4. Никитин Н. И. Разработка процесса обогащения ультратонких углей / Н. И. Никитин, И. Н. Никитин // Кокс и химия. – 2007. – № 8. – С. 8–11.
5. Гагарин С. Г. Современные тенденции в обогащении углей (обзор) / С. Г. Гагарин, А. М. Гюльмалиев, Ю. А. Толченкин // Кокс и химия. – 2008. – № 2. – С. 2–15.
6. Морозова Л. А. Анализ технологии флотации углей на углеобогащительных фабриках Украины / Л. А. Морозова, О. А. Морозов, Г. А. Мавренко // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 41 (82). – 42 (83). – 2010. – С. 210–219.
7. Филиппенко Ю. Н. ГП «УкрНИИуголеобогащение» – 55 лет в угольной промышленности / Ю. Н. Филиппенко // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 53 (94). – 2013. – С. 3–7.
8. Рубинштейн Ю. Б. Тенденции в развитии технологии флотации углей и флотационного оборудования / Ю. Б. Рубинштейн // Кокс и химия. – 1992. – № 4. – С. 3–9.

9. *Интенсификация* процесса флотации углей путем совершенствования конструкции флотационных машин механического типа / И. П. Курченко, А. П. Левандович, Л. А. Морозова [и др.] // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 22. – 2005. – С. 140 с.
10. *Экспериментальный образец* механической радиальной флотационной машины нового поколения / Г. А. Мавренко, С. О. Федосеева, О. А. Морозов [и др.] // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 41 (82)–42 (83). – 2010. – С. 186–192.
11. *Козлов В. А.* Применение колонной флотации в угольной промышленности / В. А. Козлов, В. И. Новак // Горный информ.-аналит. бюл.: науч.-техн. журн. – 2011. – № 4. – С. 277–283.
12. *Полулях Д. А.* Особенности обогащения угля флотационной крупности на ОФ «Свято-Варваринская» / Д. А. Полулях, А. В. Тарновский // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 55 (96). – 2013. – С. 64–66.
13. *Козлов В. А.* СЕТСО – 15 лет в углеобогащении / В. А. Козлов, В. И. Новак // Уголь. – 2009. – № 7. – С.15–19.
14. *Рубинштейн Ю. Б.* О совершенствовании процесса подготовки угольных пульп к флотации / Ю. Б. Рубинштейн, С. Н. Юфитенко // Кокс и химия. – 1992. – № 5. – С. 3–8.
15. *Разработка* и испытание способов эмульгирования реагентов при флотации углей / С. О. Федосеева, О. А. Морозов, Л. А. Морозова [и др.] // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 45 (86). – 2011. – С. 119–127.
16. *Федосеева С. О.* Анализ процесса эмульгирования аполярных собирателей при флотации углесодержащих шламов / С. О. Федосеева, Е. И. Назимко // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 49 (90). – 2012. – С. 76–81.
17. *Пат. 12709* Україна, МПК В03D1/00, В03В5/28. Спосіб флотації вугілля / І. П. Курченко, В. В. Черкасов, О. О. Морозов, Л. О. Морозова, Г. А. Мавренко, В. А. Спінєєв; заявник і патентовласник ДП «УкрНДІвуглезбагачення». – № u200508713; заявл. 12.09.05; опубл.15.02.06, Бюл. № 2.
18. *Назимко Е. И.* Выбор рационального реагентного режима для флотации угольных шламов / Е. И. Назимко, Н. А. Звягинцева, Л. И. Серафимова // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 41 (82) – 42 (83). – 2010. – С. 192–200.
19. *Льяный С. I.* Вдосконалення реагентного режиму флотації вугілля / С. I. Льяный, П. В. Сергєєв, В. С. Білецький // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 41 (82)– 42 (83). – 2010. – С. 182–185.
20. *Пат. 5482* Україна, МПК В03D1/02. Спосіб флотації вугілля / І. П. Курченко, О. А. Золотко, О. О. Краснонос, Л. О. Морозова, О. О. Морозов; заявник і патентовласник ДП «УкрНДІвуглезбагачення». – № 20040604897; заявл. 21.06.04; опубл.15.03.05, Бюл. № 3.
21. *Никитин Н. И.* Флотационные реагенты, полученные из коксохимических продуктов, их использование / Н. И. Никитин, И. Н. Никитин, Н. И. Топоркова // Кокс и химия. – 2007. – № 6. – С. 14–22.
22. *Никитин Н. И.* Оптимизация селективной флокуляции углей с использованием избирательного реагента / Н. И. Никитин // Углекимический журн. – 2008. – № 1–2. – С. 3–10.
23. *Василенко С. Г.* Флокуляционные методы обогащения углей / С. Г. Василенко, А. П. Бойко, И. Н. Никитин // Углекимический журн. – 2007. – № 5. – С. 22–29.
24. *Сергєєв П. В.* Полігонні і промислові випробування технологій селективної флокуляції вугільних шламів / П. В. Сергєєв, В. С. Білецький // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 35 (76). – 2008. – С. 124–131.
25. *Полулях А. Д.* Пути снижения потерь угля при обогащении / А. Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 34 (75). – 2008. – С. 7–19.
26. *Оптимизация* технологии обогащения угольных шламов по гранулометрической характеристике / М. Б. Шащанова, Л. Л. Корсак, А. Н. Муклакова [и др.] // Кокс и химия. – 2007. – № 6. – С. 10–14.
27. *Совершенствование* процессов классификации и обогащения угольного шлама / М. Л. Калабухов, В. В. Бобриков, М. В. Давыдов [и др.] // Кокс и химия. – 2001. – № 8. – С. 5–8.
28. *Исследование* технологических параметров циклонно-ситового классификатора ЦСК-630 / А. Д. Полулях, В. Ф. Нелепов, Д. А. Полулях [и др.] // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 31 (72). – 2007. – С. 50–57.
29. *Полулях А. Д.* Особенности обогащения углей с большим содержанием легкоразмокаемой породы / А. Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – Вип. 51 (92). – 2012. – С. 3–13.

ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

Год 1977

В журнале № 3 в статье Б. Х. Белостоцкого, А. Н. Вычигина «Рациональная конструкция поддерживающих роликоопор холостой ветви ленточных конвейеров» описаны результаты исследования схода ленты при поперечном наклоне секции става с однороликовыми и двухроликовыми опорами холостой ветви. Приведены рекомендации по применению двухроликовых опор холостой ветви и результаты эксплуатации опытного образца конвейера 1Л-100 с такими роликоопорами.