

Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-96-101>

ПРОКОПЬЕВ С.А.

Канд. техн. наук,
начальник отдела
комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
генеральный директор
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: psa@spirit-irk.ru

АЛЕКСЕЕВА О.Л.

Ведущий инженер ИЗК СО РАН, директор
по экономике и финансам
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: aol@spirit-irk.ru

САВОН Д.Ю.

Доктор экон. наук, профессор
кафедры «Экономика», НИТУ «МИСИС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: di199@yandex.ru

КОСТЮХИН Ю.Ю.

Доктор экон. наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Промышленный
менеджмент», НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: kostuhinyury@mail.ru

В статье обоснована важность применения различных методов обогащения угля, которые позволяют получать высококачественные коксующиеся и энергетические угли, способствующие повышению качества угольного сырья на современном этапе, увеличивая востребованность их как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Выявлено, что не все представленные современные методы обогащения угля применимы для утилизации отходов угольного производства. Проведенный анализ позволяет утверждать, что российским обогатительным фабрикам нужно уделить внимание модернизации мощностей по обогащению и сортировке угля на обогатительном оборудовании отечественного производства. В связи с этим для уменьшения объемов гидроотвалов с целью продления их эксплуатационного срока и снижения экологической нагрузки на окружающую среду и для получения дополнительного товарного продукта необходимы специальные технологии, заключающие в себе экологически чистые способы обогащения техногенного сырья.

Ключевые слова: технологии обогащения угля, утилизация отходов, переработка угля, обогатительные фабрики, техногенное сырье, коксующиеся угли.

Для цитирования: Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом / С.А. Прокопьев, О.Л. Алексеева, Д.Ю. Савон и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 96-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-96-101.

ВВЕДЕНИЕ

Обогащение угля остается одной из важных задач современной энергетической отрасли. Обогащение угля производится с целью улучшения качества, уменьшения содержания различных пустых пород и примесей и создания качественного сырья. В структуре мирового потребления топливно-энергетических ресурсов доля угля на современном этапе составляет 29%. Основной центр потребления угольной продукции находится в Китае – 3,8 млрд т (или 49% от общего потребления угля) и Индии – 0,95 млрд т (или 12%). Среди других крупнейших потребителей угля можно выделить США – 0,8 млрд т (10%) и Евросоюз – 0,73 млрд т (более 9%). Сегодня в России обогащается практически весь уголь для коксования (97%) и 40% добываемого каменного энергетического угля [1, 2, 3]. При этом основным стимулирующим фактором является экспорт угля, и текущие темпы роста объемов обогащения энергетических углей соответствуют приросту спроса на эти угли на международных угольных рынках. Согласно Программе развития обогащения каменного энергетического угля России к 2030 г. объ-



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Работы выполнены в рамках КНТП Министерства науки и высшего образования РФ № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата».

емы обогащения угля вырастут до 345 млн т (рост против уровня 2015 г. в 1,9 раза). Будут обновлены все 100% производственных мощностей обогатительных фабрик, введенных в прошлом веке. Охват обогащением каменных энергетических углей достигнет 85%, в пять раз вырастет производительность труда на обогатительных фабриках. Рассматривая географию размещения обогатительных мощностей, следует отметить, что уже сегодня подвергается обогащению 85% всех добываемых углей в Печорском бассейне, 68% – в Ростовской области, 60% – в Якутии и Хакасии, 55% – в Кузбассе. Становится правилом первоочередное строительство обогатительных фабрик при создании новых центров добычи на востоке страны [4, 5].

Объем обогащаемого угля увеличился в 2011-2022 гг. на 54,4%, о чем свидетельствуют данные, представленные на рисунке.

В 2021 г. объем переработки угля на обогатительных фабриках России составил 211,0 млн т и увеличился по сравнению с 2020 г. на 7,6 млн т, или на 3,7%. Объем обогащения энергетического угля в 2021 г. увеличился по сравнению с 2011 годом на 54,4 млн т, или на 89,3%, коксующегося угля – на 27,4 млн т, или на 40,1%. В 2022 г. переработано угля 200,4 млн т, что по сравнению с 2021 г. снизилось на 10,6 млн т, или на 5,0%. В связи с этим произошло снижение по объему обогащения энергетического угля на 4,4 млн т, или на 3,8%, коксующегося угля – на 6,2 млн т, или на 6,5%. За исследуемый период в структуре объема обогащения угля изменений не наблюдалась. Доля объема обогащения энергетического угля в общем объеме переработки угля варьирует от 53 до 55,4%. При добыче угля в 2022 г. 443,5 млн т переработка угля составила 45,1%, что по сравнению с 2021 г. меньше на 2,8% (47,9% при добыче 442,3 млн т в 2021 г.). В 2021 г. добыто коксующегося угля 102,3 млн т, обогащено коксующегося угля 93,6%, при добыче энергетического угля 340,0 млн т обогащено 33,9%. В 2022 году добыто коксующегося угля 115,1 млн т, обогащено коксующегося угля 77,8%, при добыче энергетического угля 328,4 млн т обогащено 33,8%.

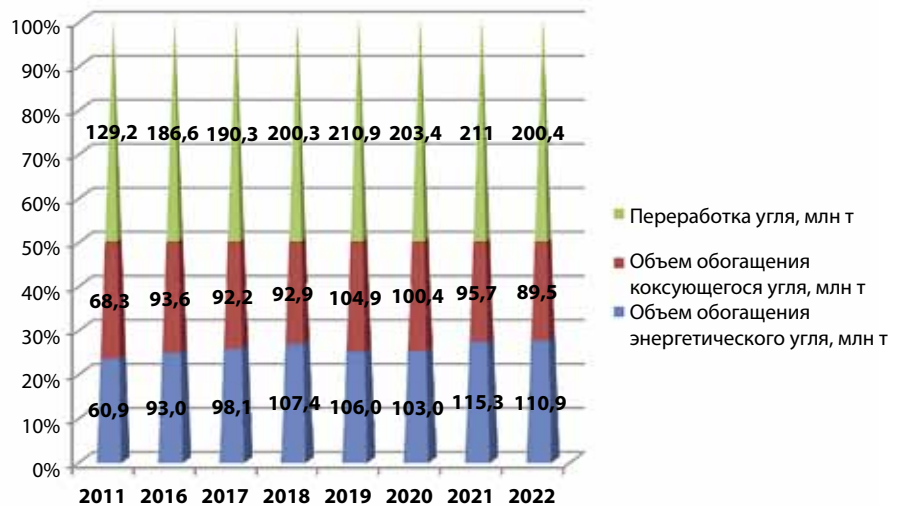
Повышение качества угольного сырья на современном этапе возможно только с применением методов обогащения, которые позволяют получать высококачественные коксующиеся и энергетические угли, востребованные как на внутреннем, так и на внешнем рынках [6, 7]. Активно идет модернизация мощностей по обогащению и сортировке угля. Только за последние 15 лет в России введено в эксплуатацию 27 новых обогатительных фабрик, реконструировано 20 фабрик. В ближайшие 10 лет угольные компании намерены построить более 30 новых углеобогатительных предприятий с оснащением их современным высокопроизводительным оборудованием.

В соответствии с утвержденной Правительством РФ «Программой развития угольной промышленности России на период до 2030 года» заложены обогатительные мощности на новых месторождениях (Эльгинском, Инаглинском, Денисовском) в Якутии (в конце мая 2023 г. введена в строй первая обогатительная фабрика на Инаглинском ГОКе). Построена новая ОФ «Чегдомынская» в Хабаровском крае на Ургальском месторождении, действует крупнейшая ОФ «Тугнуйская» в Забайкальском крае. Предусматривается строительство мощностей по обогащению 15 млн т угля в Республике Тыва (на Элегестском, Межегейском месторождениях) [8, 9, 10].

К сожалению, сегодня оснащение новых фабрик на 89-90% осущест-

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

Младший научный сотрудник
отдела комплексного
использования минерального сырья
Института Земной коры СО РАН,
директор по технологиям и инновациям
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: pes@spirit-irk.ru



Динамика переработки и обогащения угля на обогатительных фабриках в России, млн т

Dynamics of coal processing and preparation at coal preparation plants in Russia, mln tons

вляется импортным оборудованием, производимым прежде всего компаниями из США, а также из Германии, Австрии, Австралии, Великобритании, Испании, Канады, Швеции и ЮАР.

Поэтому, используя механизм государственно-частного партнерства, необходимо создавать совместные предприятия, позволяющие значительно наращивать мощности по производству углеобогащающего оборудования в отечественном машиностроительном комплексе. Это позволит повысить конкурентоспособность отечественных предприятий.

ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Важным показателем, определяющим оптимальную схему обогащения угля, является его обогатимость, которая характеризует способность добытого угля к разделению на продукты различного качества. В зависимости от значения показателя обогатимости каменные угли и антрациты делят на четыре категории: от легкой (показатель обогатимости < 5%) до очень трудной (показатель обогатимости > 15%).

В зависимости от обогатимости угля, добытого на определенном месторождении, применяют различные методы обогащения (см. таблицу).

Основные способы обогащения угля и их применимость [11]

Main coal preparation methods and their applicability

Способ обогащения	Применимость способа
Гравитационное обогащение сухим способом	Легкообогатимый уголь с малой крупностью кусков (до 80 мм) и 3–5% внешней влаги
Гравитационное обогащение мокрым способом	Все виды угля
Отсадка	Легкообогатимый уголь
Обогащение в тяжелых средах	Труднообогатимый уголь
Флотация	Угольный шлам (< 0,5 мм)

В настоящее время для обогащения угля используют следующие основные методы обогащения углей: гравитационный, флотационный. Каждый из этих методов включает ряд процессов, основанных на общих физических и физико-химических свойствах, по которым производится разделение материала, и отличающихся друг от друга использованием дополнительных разделяющих сил и соответствующих конструкций машин и аппаратов.

Гравитационные методы обогащения занимают ведущее место среди других методов в практике переработки добытого угля и накопленных углесодержащих шламовых отходов в гидроотвалах, шламоотстойниках. Для переработки угольных шламов гравитационным методом обогащения наибольшее распространение получили: отсадка, обогащение в тяжелых средах, технология винтовой сепарации, гидросайзеры.

Чаще всего на углеобогащающих фабриках применяют мокрую отсадку, так как она дает наилучшие качественно-количественные результаты. Традиционно после грохочения и отделения шлама уголь крупный 10(12)–50(80) мм и мелкий уголь 0,5–10(12) мм поступает на обогащение в

отсадочных машинах. Шламы коксующихся и энергетических углей легкой, средней и трудной обогатимости крупностью 0,15–3,0 мм обогащаются при помощи воздушно-золотниковой (беспоршневой) отсадочной машины. Преимущество данного метода в достаточно высокой производительности и относительно низкой энергоемкости. Существенным недостатком отсадочных машин при обогащении угольных шламов является низкая эффективность обогащения тонких шламов [12, 13].

Одним из распространенных методов в углеобогащающей отрасли является обогащение в тяжелых средах. Это обусловлено высокой технологической эффективностью этого процесса. В настоящее время обогащение в тяжелых средах находит все более широкое распространение и для обогащения труднообогатимых углей мелких классов. Для разделения мелкого угля по плотности в центробежном поле используют тяжелосредные гидроциклоны. К достоинствам применения технологии обогащения углей в тяжелосредных гидроциклонах можно отнести: достаточно высокую точность разделения, эффективное обогащение углей трудной и очень трудной обогатимости, высокую точность регулирования плотности разделения. К недостаткам: относительно высокие эксплуатационные затраты (главным образом на электроэнергию и магнетит), необходимость регенерации магнетитовой суспензии, что усложняет технологическую схему [14].

Гидросайзеры успешно используются за рубежом более 20 лет. Свое применение они нашли в извлечении угольной мелочи из отвалов пустой породы, а также угольной мелочи, образуемой при высокomeханизированных методах угледобычи. В России на настоящий момент известно, что на обогатительной фабрике «Распадская» ввели в эксплуатацию новое оборудование – гидросайзер. Представленное оборудование способствует обогащению мелкого угля размером 0,15–2 мм и позволяет получить дополнительный концентрат. Достоинство данного оборудования заключается в возможности обогащения углей по низкой плотности разделения менее 1500 кг/м³, в автоматическом регулировании плотности разделения, а также в относительно высокой удельной производительности. Недостатки: высокая стоимость оборудования, низкая эффективность обогащения углей трудной обогатимости, потребность в чистой оборотной воде для обеспечения процесса обогащения, узкий класс крупности частиц, эффективно обогащаемых в одном аппарате.

Винтовые сепараторы являются популярным гравитационным оборудованием в области обогащения угольных шламов. Нижний предел крупности питания винтовых сепараторов для угля находится в пределах 0,1–0,15 мм, что дает возможность существенно снизить нагрузку на дорогостоящий и экологически напряженный процесс флотации. В последние годы в России в процессах обогащения угольных зернистых шламов крупностью 0,15(0,2)–1,0(3) мм успешно используются установки из классифицирующего гидроциклона и винтовых сепараторов. Достоинства данного метода: визуальное наблюдение процесса, отсутствие движущихся частиц, регулирование процесса без остановки, энергосбережение и экологичность. К недостаткам винтовых аппаратов при обога-

щении угольных шламов можно отнести снижение эффективности обогащения частиц крупностью менее 0,15 мм, относительно невысокую удельную производительность на единицу занимаемой площади по питанию [15].

Флотация углей – наиболее эффективный и практически единственный метод обогащения угольных шламов. Пенная флотация получила всеобщее признание и промышленное распространение. Эффективность флотационного обогащения зависит не только от аппаратного оформления, но и от применяемых флотационных реагентов. Несмотря на то, что уголь относится к неполярным минералам с высокой естественной гидрофобностью, для его эффективного флотационного обогащения необходимо использование флотореагентов – собирателей, пенообразователей либо комплексных флотореагентов. Оптимальной крупностью зерен угля в питании флотации считается размер до 0,5 мм, причем наилучшей флотируемостью обладают частицы класса 0,08-0,3 мм. Достоинство представленного метода в высокой эффективности разделения, недостатки – высокие эксплуатационные затраты, расходование реагентов легко вызывает загрязнение окружающей среды [16].

Проведенный анализ современных методов обогащения углей показал, что повысить эффективность обогащения угля можно с помощью интенсификации процесса флотации. Основными направлениями в данной области могут служить поиски селективных флотационных реагентов и разработка на их основе новых реагентных режимов, которые позволят повысить технико-экономические показатели процесса.

Группа компаний «Маррико» внедряет новые флотореагенты UnicoITM марок «С» и «F» на спиртовой основе для флотации угольных шламов. Флотореагент UnicoITM марки «С» обладает более выраженным свойством собирателя. Флотореагент UnicoITM марки «F» обладает более выраженным свойством вспенивателя. При совместном использовании флотореагентов UnicoITM марок «С» и «F» достигается выраженный синергетический эффект. Флотореагенты UnicoITM флотируют все известные виды углей: газовые, жирные, коксовые, тощие, а также антрациты, образуют стабильную пену, которая хорошо обезвоживается, действуют селективно во всем спектре размеров частиц в пульпе. Разработаны реагенты для флотации труднообогащаемого и высокозольного угля с высоким содержанием фузеновых элементов. Полученные реагенты удовлетворяют требованиям технологического процесса, обеспечивают безопасность флотационного процесса, повышают скорость флотации, производят качественные концентраты.

Существуют схема и оборудование фирмы Iris (США) для микрофлотации углей в промышленных масштабах на колоннах большого диаметра. Известны работы по применению вакуумной флотации, электрофлотации, флотации с носителем, где в роли носителя применяются более крупные частицы. Проблема экономичного обогащения угольных шламов до «нуля» была решена на ОФ «Распадская» с помощью метода их селективной флокуляции. Институтом «Сибнииглеобогащение» разработана технологическая схема для обогащения коксующихся и энергетических марок углей, которая базируется на применение флотаци-

онных машин пневматического типа «Пневнофлот» и механического – «Флотомодерн». Данная технология прошла испытания на обогатительных фабриках Кузнецкого бассейна. Флотация StackCell™ – новая технология для тонкого извлечения угля. Она была разработана как альтернатива к традиционным и к колонным флотационным машинам. Запатентован способ обогащения угольного шлама и угля, включающий масляную агломерацию угольных частиц при перемешивании суспензии вращающейся мешалкой в течение 2-3 мин, отличается тем, что происходит интенсивное смешивание угольного шлама или угля и воды со скоростью вращения мешалки 1000-1500 об./мин, при этом добавляют масляный реагент-собиратель в количестве 8-10% от массы угольных частиц, смесь перемешивают еще в течение 5-8 мин со скоростью 1000-1500 об./мин, постепенно с интервалом 1-2 мин увеличивая скорость вращения мешалки до 4000 об./мин.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по сущности и достигаемому результату является способ обогащения угольных шламов, который включает операцию селективной масляной агломерации угольных частиц при перемешивании суспензии вращающейся мешалкой в течение 2-3 мин.

Известен способ обогащения угля, который включает измельчение, смешивание водно-угольной суспензии с агломерирующими агентами и дополнительным введением вспенивателя. Флотация отличается тем, что измельченное сырье подвергают грохочению с выделением крупных и мелких классов, крупные классы обогащают гравитационными процессами с получением концентратов, которые отправляют на дальнейшую переработку, и хвостов, которые отправляют в отвал. Мелкие классы смешивают с водой с получением водно-угольной суспензии, в которую вводят агломерирующие агенты, в качестве которых используют собиратель из смеси углеводорода овациклического и ароматического типов нефтяного происхождения (расход – от 2400 до 2600 г/т), депрессора – жидкого стекла (расход – от 500 до 600 г/т), вспенивателя – реагент Montanol 800 (расход – от 190 до 210 г/т). Далее проводят аэрацию водно-угольной суспензии и затем ее обогащают флотацией в центробежном поле с получением угольного концентрата, который отправляют на дальнейшую переработку, и отвальных хвостов.

Запатентован способ обогащения угля, который включает флокуляцию пульпы, кондиционирование с последовательным введением в пульпу собирателя и вспенивателя и выделение горючей массы в концентрат. Перед флокуляцией предварительно смешивают анионный сополимер акриламида с акрилатом натрия и натриевую соль карбоксиметилатов оксиэтилированного изонилфенола общей формулы $C_9H_{19}-C_6H_4-O-(C_2H_4O)_n-COONa$, где $n = 10-12$, в соотношении 20:1, после чего полученную смесь вводят в пульпу в количестве 33-42 г/т угля.

Также современные технологии рассматривают сухие методы обогащения, которые подразумевают использование аэросуспензий для тех стран и регионов, где остро ощущается нехватка воды. Запатентован способ переработки рядового угля, включающий процесс его избирательного дробления, предварительное разделение на низ-

козольные и высококозольные классы. После предварительного выделения на грохотах угля с пониженным содержанием золы его подвергают разделению по крупности и плотности на высококозольные и низкокозольные классы с помощью струйного пневмокласификатора с последующей отгрузкой низкокозольного угля (концентрата) потребителю. Корейский институт геологии и минеральных ресурсов предложил «сухой» способ обогащения угля. Извлекаемая на поверхность масса сперва измельчается в специальных аппаратах-грохотах, после чего измельченная порода подвергается сильному воздействию направленной воздушной струи (пневматический метод) или сортируется на специальных вибростендах, в процессе чего очищенный уголь собирается с одной стороны, а примеся – с другой (установка KAT-Table).

Новая область для исследования – сепарация в интенсивном или сильном магнитном поле. Разработки проводятся в «Сала Магнетикс» (Кембридж, Массачусетс) и Национальной лаборатории (Окридж, Теннесси, США). Методы предварительного сухого обогащения предлагает южноафриканская компания Osborn Engineered Products. На новосибирском предприятии «Гормашэкспорт» разработана, внедрена в серийное производство и доведена до коммерческого использования установка «СЕПАИР®». В настоящее время эта технология является уникальной в своей области и не имеет аналогов в мире. Компания «SUN Energy» совместно с российскими партнерами применяет в ТЭС уникальную технологию сухого обогащения угля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ современных методов обогащения углей и уровня развития в России и за рубежом показал, что практически все представленные методы современной технологии обогащения угля являются энергозатратными и дорогостоящими, а разработанные и запатентованные флотационные технологии требуют повышенного потребления необходимых реагентов, технически сложные и при этом оказывают негативное влияние на окружающую среду. Также не все методы применимы для утилизации отходов угольного производства. В связи с этим для уменьшения объемов гидроотвалов с целью продления их эксплуатационного срока и снижения экологической нагрузки на окружающую среду и для получения дополнительного товарного продукта необходимы специальные технологии, заключающие в себе экологически чистые способы обогащения техногенного сырья.

Породы, добываемые попутно с углем, после их обогащения, а также отходы обогащения углеобогажительных фабрик могут быть использованы для производства цемента, при изготовлении кирпича и для других целей. Из сернистых углей наряду с получением концентратов для энергетических нужд может быть удалено более 40% серы, содержащейся в них в виде углистого серного колчедана, вполне пригодного для получения серной кислоты. Из бурых углей могут быть выделены и после обогащения получены высококачественные каолины для фарфоро-фаянсового производства, огнеупоры и формовочные пески.

Таким образом, угольная промышленность может значительно повысить свои экономические показатели при

рациональном использовании не только горючей массы угля, но и сопутствующих ей минералов. Научные исследования по совершенствованию различных методов обогащения угля, несомненно, обеспечат дальнейшее значительное развитие технологии и техники в этой важной отрасли угольной промышленности.

Список литературы

1. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии / А.М. Лялин, А.В. Зозуля, Т.Н. Еремина и др. // Уголь. 2021. № 5. С. 62–65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Чернова О.А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // Journal of Applied Economic Research. 2022. № 1. С. 49–78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
3. Краснянский Г.Л., Сарычев А.Е. Влияние пандемии COVID-19 на мировой рынок энергетического угля // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. № 12. С. 147–152. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2020.12.05.017.
4. Новоселов С.В., Мельник В.В., Агафонов В.В. Экспортно ориентированная стратегия развития угольных компаний России – основной фактор обеспечения их финансовой устойчивости // Уголь. 2017. № 11. С. 54–56. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112017pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
5. Новоселов С.В. Альтернативные подходы и дискуссионные вопросы при проектировании шахт нового поколения уровня 2035 года // Уголь. 2019. № 1. С. 37–39. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012019pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Усольцева И.О., Передерин Ю.В., Крайденко Р.И. Обогащение углей: современное состояние технологий // Ползуновский вестник. 2017. № 3. С. 131–137.
7. Малышев Ю., Ковальчук А., Рожков А. Угольная отрасль: поиск ориентиров в эпоху перемен // Энергетическая политика. 2021. № 2. С. 18–29. DOI: 10.46920/2409-5516-2021-2156-18.
8. Угольная промышленность районов Крайнего Севера: специфические особенности, текущее положение и концепция развития / М.С. Гончаров, Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов и др. // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 1. С. 95–107. DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.
9. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development / V. Samarina, T. Skufina, A. Samarin et al. // Espacios. 2019. Vol. 40. No. 16, pp. 6.
10. Влияние кризиса на финансовый результат деятельности угольной отрасли / Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов, Н.О. Вихрова и др. // Уголь. 2022. № 11. С. 62–68. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.
11. ИТС 37–2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Добыча и обогащение угля.
12. Прокопьев С.А. Обзор гравитационных технологий обогащения угольных шламов // Науки о Земле и недропользование. 2022;45(4): С. 458–468. DOI: 10.21285/2686-9993-2022-45-4-458-468.
13. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Парижское соглашение по климату, Covid-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 83–90. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.
14. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. No 10. P. 465–470. DOI: 10.32479/ijeep.9396.

15. Самарина В.П., Скуфина Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. 2021. № 7. С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
16. Campbell B. Corporate influence and the global pandemic – reflections from the mining sector. *Revista Brasileira de Política Internacional*. 2022. Vol. 65. No. 1. e001. DOI: 10.1590/0034-7329202200101.

Original Paper

UDC 332.365:622.7 © S.A. Prokopyev, O.L. Alekseeva, D.Yu. Savon, Yu.Yu. Kostyukhin, E.S. Prokopyev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 96-101
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-96-101>

Title
THE PROCESS OF DEVELOPING COAL ENRICHMENT TECHNOLOGIES IN RUSSIA AND ABROAD

Authors

Prokopyev S.A.^{1,2}, Alekseeva O.L.^{1,2}, Savon D.Yu.³, Kostyukhin Yu.Yu.³, Prokopyev E.S.^{1,2}

¹ Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russian Federation

² NPK LLC "Spirt", 664033, Irkutsk, Russian Federation

³ National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors information

Prokopyev S.A., PhD (Engineering), Head of the Department of Complex Utilization of Mineral Raw Materials, General Director, e-mail: psa@spirit-irk.ru

Alekseeva O.L., Leading Engineer, Director for Economics and Finance, e-mail: aol@spirit-irk.ru

Savon D.Yu., Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economy, e-mail: di199@yandex.ru

Kostyukhin Yu.Yu., Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Management, e-mail: kostuhinyury@mail.ru

Prokopyev E.S., Junior Researcher, Director for Technology and Innovation, e-mail: pes@spirit-irk.ru

Abstract

The article substantiates the importance of using coal enrichment methods, which allow you to obtain high-quality coking and energy coals that contribute to the improvement of the quality of coal raw materials at the present stage, increasing their demand, both in the domestic and foreign markets. It was revealed that not all the methods presented by modern technology of coal enrichment are applicable for the disposal of coal production waste. The analysis allows us to argue that Russian enrichment factories must pay attention to the modernization of capacities for the enrichment and sorting of coal for carbon enrichment equipment of domestic production. In this regard, in order to reduce the volume of hydraulic explosives in order to extend their operational period and reduce the environmental load on the environment and to obtain an additional commodity product, special technologies are needed that contain environmentally friendly methods of enriching technogenic raw materials. The authors are invited to use the unique technology of dry enrichment of coal, which is currently used by Sun Energy together with Russian partners.

Keywords

Technologies for enriching coal, Waste disposal, Coal processing, Enrichment factories, Technogenic raw materials, Coking coals.

References

1. Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N. & Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Chernova O.A. Stress factors of sustainable development of the Russian coal industry. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, (1), pp. 49-78. (In Russ.). DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
3. Krasnyansky G.L. & Sarychev A.E. Impact of the COVID-19 pandemic on the global energy coal market. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2020, (12), pp. 147-152. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2020.12.05.017.
4. Novoselov S.V., Melnik V.V. & Agafonov V.V. Export-oriented development strategy of the coal companies of Russia – the main factor ensuring their financial stability. *Ugol'*, 2017, (11), pp. 54-56. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112017pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
5. Alternative approaches and controversial issues in the design of new mines generation level 2035. *Ugol'*, 2019, (1), pp. 37-39. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012019pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

6. Usoltseva I.O., Perederin Yu.V. & Kraydenko R.I. Coal enrichment: current technological state. *Polzunovskij vestnik*, 2017, (3), pp. 131-137. (In Russ.).

7. Malyshev Yu., Kovalchuk A. & Rozhkov A. Coal industry: search for reference points in the times of change. *Energeticheskaya politika*, 2021, (2), pp. 18-29. (In Russ.). DOI: 10.46920/2409-5516-2021-2156-18.

8. Goncharov M.S., Savon D.Yu., Safronov A.E. et al. The coal industry in the Far North: distinctive features, current status and a development concept. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka*, 2023, (1), pp. 95-107. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.

9. Samarina V., Skufina T., Samarin A. & Ushakov D. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development. *Espacios*, 2019, Vol. 40, (16), pp. 6.

10. Savon D.Yu., Safronov A.E., Vikhrova N.O., Kruzhkova G.V. & Goncharov M.S. Impact of the crisis on the financial performance of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 62-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.

11. ITS 37–2017. Information and technical reference book on the best available technologies. Coal mining and preparation. (In Russ.).

12. Prokopyev S.A. Overview of coal sludge gravity concentration technologies. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2022;45(4): pp. 458-468. (In Russ.). DOI: 10.21285/2686-9993-2022-45-4-458-468.

13. Plakitkina L.S. & Plakitkin Yu.A. Paris Agreement on Climate Change, Covid-19 and Hydrogen Energy – New Realities of Coal Mining and Consumption in the EU and Asia in the Period until 2040. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, (1), pp. 83-90. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.

14. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S. & Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020, (10), pp. 465-470. DOI: 10.32479/ijeep.9396.

15. Samarina V.P., Skufina T.P. & Savon D.Yu. Comprehensive assessment of sustainable development of mining and metallurgical holdings: problems and mechanisms of their resolution. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 20-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.

16. Campbell B. Corporate influence and the global pandemic – reflections from the mining sector. *Revista Brasileira de Política Internacional*, 2022, Vol. 65, (1), e001. DOI: 10.1590/0034-7329202200101.

Acknowledgements

The work was founded by Integrated scientific and technical program of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-15-2022-1192 «Treatment of tailings of coal processing plants in order to obtain commercial coal concentrate».

For citation

Prokopyev S.A., Alekseeva O.L., Savon D.Yu., Kostyukhin Yu.Yu. & Prokopyev E.S. The process of developing coal enrichment technologies in Russia and abroad. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 96-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-96-101.

Paper info

Received August 15, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023