

## ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**УДК 66:504.064.47**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ОТХОДОВ**

**Злобина Елена Сергеевна**

студент КузГТУ специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», e-mail: Zlobina94@mail.ru

**Папин Андрей Владимирович**

кандидат техн. наук, доцент кафедры ХТТТ, e-mail: papinandrey@rambler.ru

**Игнатова Алла Юрьевна**

кандидат биол. наук, доцент кафедры ХТТТ, e-mail: allaignatova@rambler.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, 650000, Россия,  
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

#### **Аннотация**

*Приведен обзор существующих методов и способов переработки техногенных отходов угольной отрасли-тонкодисперсных угольных шламов. Коротко описаны преимущества и недостатки методов. Так, при флотации эффективность обогащения зависит от аппаратного оформления и от применяемых реагентов; гравитационная сепарация является менее капиталоёмким и экологически безопасным методом; применение масляной агломерации способствует комплексной переработке шламов, однако практического применения метод в России практически не получил; брикетирование позволяет получать топливо, имеющее более высокий КПД, ниже выбросы сернистого газа при сжигании и твёрдых веществ с дымовыми газами; использование угольных шламов как компонента водно-угольного топлива способствует надёжному его воспламенению и эффективному сжиганию в вихревом потоке..*

*Представлена классификация угольных шламов по распределению в них зольности.*

*Приведён сравнительный анализ аппаратуры для переработки тонкодисперсного сырья. Например, отсадочные машины характеризуются высокой производительностью, спиральные сепараторы - низкими капитальными и эксплуатационными затратами, а тяжело средние гидроциклоны позволяют достичь высокой точности разделения. Для обогащения угольных шламов предлагается использовать как стационарные, так и передвижные (мобильные) установки.*

**Ключевые слова:** угольные шламы, методы переработки, флотация, брикетирование, сепарация, масляная агломерация

При добыче и переработке каменного угля неизбежно образование отходов. В основном это угольные шламы – тонкодисперсные частицы, которые уходя в хранилище, чаще всего остающиеся невостребованными в дальнейшем. Угольные шламы содержат от 30 до 80 % (и более) горючих веществ. Однако из-за тонкодисперсности, высокой влажности и зольности их утилизация и сбыт затруднены. Шламообразование происходит на обогатительных предприятиях при некачественной флотации, классификации, осветлении и обезвоживании угля мелких классов. Выход шламов на обогатительных предприятиях составляет от 0,5 до 10 % мас. от перерабатываемого угля, зольность изменяется от 14 до 80 % мас., влажность от 12 до 60 % мас., гранулометрический состав: класс +0,5 мм составляет 2-15 %, класс от 0-0,5 мм – 40-90 %.

Шламоотвалы и гидроотстойники занимают значительные территории, выводят земли из хозяйственного оборота, загрязняют окружающую

среду и при этом омертвляется часть капитала, вложенного в добычу и переработку угля [1]. Следует также отметить, что уголь, находящийся в шламах, окисляется интенсивнее [2].

Существует классификация шламов. К первому типу относятся шламы, у которых наиболее зольные части распределены выше и ниже граничного класса крупностью 0,1-0,4 мм. Ко второму – шламы, у которых разделительный класс имеет крупность 0,063 мм и ниже. При этом выход класса 0-0,063 мм составляет более 60 %. К третьему типу относятся шламы, у которых разделительный класс отсутствует, и зольность относительно равномерно распределена по всем классам [1].

Шламы хранятся в шламоотстойниках, и для того, чтобы подвергнуть их переработке, шламы нужно извлечь и подготовить.

Учёные НИПИО КЕАНМАШ и ГГАУ разработали поэтапную технологию использования отстойников (шламоотстойников, хвостохранилищ).

Общая часть обработки включает в себя следующие компоненты и средства: выемка шлама из отстойника с помощью малогабаритного земснаряда специальной конструкции с учетом картирования отстойника; разделение на фракции с помощью технологического комплекса гидроциклон-грохота; получение горючего продукта – высокозольного и низкозольного; получение твёрдого надрешетного продукта и мелкодисперсной фракции в виде пульпы. Далее предлагаются несколько вариантов дальнейшего использования негорючих компонентов.

Первое направление: мелкодисперсная фракция в виде пульпы направляется в отстойник и по мере заполнения его проводится рекультивация земель с нанесением поверх глины плодородной почвы.

Второе направление: мелкодисперсная фракция направляется в карты обезвоживания (приготовленные на берегу отстойника) и далее в отвал.

Третье – материал после его обезвоживания может использоваться для засыпки оврагов с последующим нанесением плодородного слоя или без него. При реализации предлагаемой технологии и обработки шламов может быть применено, в основном, серийное оборудование или опытно-промышленные образцы известного оборудования, доведённого для работы при очистке отстойников [3].

На практике существуют несколько способов переработки угольных шламов.

Газификация – одна из технологий глубокой переработки угля, которая полностью разрушает сложную химическую структуру угля. К сожалению, в России эти технологии практически не применяются, из-за повсеместного применения дешевого природного газа, однако во многих других странах (США, Германии и особенно в ЮАР) получили широкое распространение [4].

Направленное окисление и гидролиз угольных отходов позволяет использовать богатый химический потенциал углей. В отличие от деструктивной гидрогенизации, технологии данного направления не требуют высоких давлений и специального производства водорода. Методы окисления и гидролиза, как правило, ориентированы на использование некачественных углей, например, окисленных углей и угольных отходов, и дают во много раз больший выход химических продуктов по сравнению с коксохимической технологией. Ввиду использования отходов исключаются затраты на дорогостоящие марки углей для изготовления товарных продуктов [4].

Основными процессами обогащения угольных шламов являются флотация (с применением различных флотореагентов), электрическая и магнитная сепарация и другие специальные методы обогащения.

Флотация представляет собой процесс обогащения в гетерогенной системе, включающей твёр-

ющую, жидкую и газообразную фазы, основанный на различиях в удельных свободных поверхностных энергиях минералов. Эффективность флотационного обогащения зависит от аппаратного оформления и подготовки пульпы к флотации, а также от применяемых реагентов и от реагентных режимов [5].

Во флотационном отделении ЦОФ «Беловская» было проведено промышленное испытание использования в качестве собираителя смеси газойля и дистиллята в разном соотношении. В качестве вспенивателя использовался КЭТГОЛ. Было доказано положительное влияние легких ароматических углеводородов (дистиллята) на результаты флотации шлама крупностью 0,2 мм [6].

Ряд разработчиков в качестве флотореагента при обогащении угольных шламов предлагают использовать продукты модификации реагента-вспенивателя ОПСБ, являющегося смесью бутиловых эфиров пропиленгликоля, которые содержат свободные гидроксильные группы и простые эфирные связи. Это позволит сократить расход реагентов, уменьшить выбросы в окружающую среду. Применение смеси реагентов (газойля, продукта модификации ОПСБ Vf 1, КОБС) обеспечивает улучшение технологических показателей (высокий выход концентратра с низкой зольностью) при уменьшении времени флотации [7].

Генеральный директор ООО «Минерал» Гайнулин И.К. пишет о флотореагентах Unicol™ марок «С» и «F» на спиртовой основе, причём марка «С» обладает более выраженным свойством собираителя, а марка «F» – вспенивателя. Преимущества данных флотореагентов: низкие дозировки (250–750 гр/т), низкие пожароопасные свойства, высокая селективность. Флотореагенты Unicol™ были лабораторно испытаны на фабриках Донбасса – ЦОФ «Комсомольская», ЦОФ «Узловская», ЦОФ «Калининская» и полупромышленно на углеобогатительной фабрике ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК». Результаты подтвердили эффективность данных флотореагентов [5].

В большинстве случаев в качестве собирателей при флотации углей в странах СНГ используют аполярные реагенты: керосин, дизельное топливо, топливо ТС-1, термогазойль и др. В качестве пенообразователей – гетерополярные: КОБС, КЭТГОЛ, Т-80, ВПП и др., реагенты-модификаторы – неорганические соли [8]. Однако стоимость флотореагентов высока (в среднем 200–250 долларов США за 1 т), а обогащение фракций крупностью 20 мкм технологически несостоитально. Это приводит к сокращению и сведению к минимуму флотации угольных шламов [9].

Для дальнейшего использования флотации как метода обогащения тонкодисперсного сырья необходимо сокращать энергетические и материальные затраты на производство концентратов, обеспечить наиболее полное использование всех компонентов сырья, устранив вредное влияние обогати-

тельного производства на окружающую среду [8].

С целью снижения капитальных и эксплуатационных затрат флотации, разработан новый агрегат типа гидросайзер, который вместе с гидроциклонами, вибрационным дуговым ситом и центрифугой, дает возможность эффективно получить выход низкозольного и сухого угольного концентрата. Сегодня гидросайзер широко используется при обогащении шламов от 100 микрон до 1 мм. На Луганской обогатительной фабрике «Краснолучская» доказали эффективность аппарата при работе со шламами. Гидросайзер занимает меньшую площадь в помещении и работает даже на шахтной воде, к тому же все процессы обогащения практически полностью автоматизированы [10].

Как альтернатива флотации угольных шламов возможно использование гравитационной сепарации, так как данным метод является наиболее эффективным, менее капиталоёмким и экологически безопасным. Об этом констатируют представители Государственной Горной Академии Украины. Сепарацию возможно проводить на винтовых и конусных сепараторах, концентрационных столах, гидравлических классификаторах и гидроциклонах, отсадочных машинах [9].

Но не вся аппаратура одинаково эффективна при обогащении тонкодисперсных угольных шламов. Например, отсадочные машины характеризуются высокой производительностью и относительно низкой энергоёмкостью. Однако обладают низкой эффективностью при обогащении тонких шламов. Спиральные сепараторы обладают относительно невысокой удельной производительностью на единицу занимаемой площади по питанию, но при этом характеризуются низкими капитальными и эксплуатационными затратами [8], а себестоимость обогащения 2-2,5 раза ниже, чем с применением флотации [11]. Использование спиральных сепараторов для обогащения угольного шлама крупностью 0,03-2 мм экономически эффективно [11]. Тяжело средние гидроциклоны позволяют достичь высокой точности разделения [8]. Но необходимость регенерации магнетитовой суспензии и высокие эксплуатационные затраты являются существенным недостатком [12, 13].

Разработчиками В.В.Карамзиным и В.А.Козловым предлагается новая технологическая схема шламового комплекса, которая позволяет получать из угольных шламов энергетический концентрат высоких технологических показателей. Работает схема следующим образом: все шламы поступают в накопительную ёмкость, далее насосом подаются в батарею гидроциклонов, слив которых поступает в зумпф гидротранспорта породы. Сгущённый продукт гидроциклонов подаётся в шламовый крутонаклонный сепаратор. Полученный концентрат сепаратора обезвоживается на дуговом сите и присаживается к концентрату отсадки. По мнению авторов, такой способ переработки угольных шламов экономически целесооб-

разен и позволит получать энергетический концентрат, удовлетворяющий требованиям большинства потребителей [14].

Байченко А.А. и Евменова Г.Л. предлагали перерабатывать угольные шламы, используя стационарные или передвижные модульные установки (гидросепаратор, грохот, гидроциклон). В первом цикле проводится классификация шламов на грохоте и гидроциклонах с получением двух продуктов: 3-0,2 мм и 0,2-0 мм. Во второй стадии осуществляется обогащение класса 3-0,2 мм на спиральных или гидросепараторах с получением концентрата с зольностью меньше 10 % мас. и отходов обогащения с зольностью 65-70 %. Принцип разделения угольных и породных частиц в гидросепараторе основан на осаждении частиц в воде под воздействие силы тяжести [15].

Моделирование и воздействие сложных процессов взаимодействия фаз при обезвоживании углей при различных способах воздействия на них описано в работах Гарковенко Е.Е. [16].

Переработка угольных шламов по методу масляной агломерации является наиболее эффективной и комплексной, однако практического применения метода в России мало. Метод позволяет значительно снизить зольность исходного сырья, а маленький размер частиц шламов не оказывается на селективности процесса. Получаемый низкозольный углемасляный концентрат приемлем для технологии коксования [16], для процесса газификации с целью получения газообразного энергоносителя и его использование в когенеративных системах [17]. Так же для энергетической промышленности, так как теплота сгорания углемасляного концентрата составляет 9550-9600 ккал/кг [18]. В качестве связующего реагента может использоваться топочный мазут, отработанное машинное масло [19, 20], термогазоль, дизельное топливо [21]. Расход связующего определяется исходя из количества, необходимого для образования агломерированного концентрата с минимальной зольностью и в среднем составляет 8-10 % от количества угольных шламов [18]. Зольность полученных концентратов 5-7 %, выход угольной составляющей в концентрат 80-84 % [22, 23].

Возможно так же дальнейшее использование «хвостов» обогащения, зольность которых составляет 75-80 % мас. в технологиях извлечения редких рассеянных элементов, строительстве дорог, хранилищ отходов производства шлакоблоков, красного (обожжённого) кирпича, в качестве заполнителя бетонов, при изготовлении цементов, стеновых керамических материалов, при производстве стеновых изделий, низконапорных труб, пористых керамических изделий, аглопарита и др. [3]. Отработанная вода после очистки может повторно использоваться для обогащения [24].

Так же возможно обезвоживание полученного масляного угольного концентрата после обогащения на грохотах и в центрифугах [1].

Ряд авторов предлагают метод селективной флокуляции для разделения шлама на угольный концентрат и отходы. На примере ОФ «Распадская» доказана эффективность процесса при использовании в качестве флокулянтов анионактивных производных поликарбамида. Суть способа заключается в агрегации частиц определённого минерала под действием полимерного флокулянта (или комбинации флокулянта и вспомогательных реагентов). При этом частицы других минералов остаются в диспергированном состоянии [25].

Разработанная Петуховым В.Н. и Субботиным В.В. технологическая схема обогащения тонких угольных шламов, включающая в себя селективную флокуляцию водорастворимыми флокулянтами типа «MagnaFloc», позволяет рекомендовать и использовать данный разработанный технологический режим на углеобогатительных фабриках Российской Федерации, а также обеспечивает более высокую экономическую и экологическую эффективность технологических процессов с сокращением неоправданных потерь угля [26].

Учёные КузГТУ и Института угля и углехимии СО РАН (г. Кемерово) предлагают способ утилизации угольных шламов в виде высоконцентрированных водоугольных суспензий или водоугольного топлива (ВУТ), сущность процессов приготовления которого заключается в измельчении угольных частиц, обогащённых по методу масляной агломерации, одновременно со смешиванием их с водой и реагентом пластификатором в шаровой мельнице [23]. Проведённые испытания показали, что ВУТ, приготовленное из углей разных марок и зольности, надёжно воспламеняется и эффективно сжигается в вихревом потоке [27]. Применение ВУТ должно обеспечить снижение стоимости вырабатываемой электрической или тепловой энергии и значительно снизить вредные выбросы. Сжигание масловодоугольного топлива МВУТ (при изготовлении ВУТ используются отработанные моторные масла) сопровождается высокой теплотой сгорания без образования сажи [24]. Технология его приготовления взрыво- и пожаробезопасна [28]. Однако у ВУТ присутствует негативная особенность: наличие инертной среды – воды, которая понижает его качественные характеристики. Для меньшего влияния воды необходимо выбирать наилучший исходный уголь, обладающий наибольшей теплотой сгорания, повышенным содержанием летучих веществ и углерода. Например, марок Д, Г и СС Кузбасского угольного бассейна. Применение в качестве стабилизатора гуминового препарата (гумата натрия) позволяет получать стабильную водоугольную суспензию с практически неизменными во времени реологическими характеристиками [29], которая не расслаивается на составляющие в течение месяца [28]. Оптимально количество гумата 1-2 % и концентрации 4 г/л [22, 23, 30].

Ещё один возможный способ переработки

угольных шламов – это брикетирование. Известны способы, включающие обезвоживание и сушку исходного угля до влажности 2-3 %, смешивания его с жидкими или твердыми связующими (нефтебитумы, каменноугольный пек, сульфат-спиртовая барда, твердые глины, цемент), прессование смеси давлением 20-50 МПа, и последующее охлаждение [31]. При сжигании брикетов из угольных шламов коэффициент полезного использования угля составляет 70-80 % [32]. Основной недостаток брикетирования – затраты на осуществление процесса и стоимость реагентов-связующих.

В работах Солодова В.С. и др. более подробно рассмотрено брикетирование коксовой пыли, предварительно обогащенной по методу масляной агломерации. Коксовая пыль по свойствам похожа с угольными шламами, поэтому обогащение по методу масляной агломерации позволит снизить зольность, а применение в качестве связующего реагента карбамида и жидких отходов коксохимии будет способствовать достаточной прочности готовых брикетов [17, 19]. Расход карбамида 4-6 % к массе исходного концентрата, давление производят ступенчато от 5 до 15 атм. при максимальной нагрузке 3-5 мин [19].

Известна технология брикетирования влажных шламов (без предварительной сушки), используя в качестве связующего природного полимерного материала – технических лигносульфонатов- образующихся на целлюлозно-бумажных комбинатах при производстве сульфитной целлюлозы. Оптимальные связывающие свойства были получены для модифицированных лигносульфонатов, состоящих из 90 % технических лигносульфонатов и 10 % кубового остатка периодической дистилляции капролактама [33].

Так же возможно брикетирование угольных шламов с применением в качестве связующего бумажных отходов. Так же в брикетах предполагается зажигательный слой, состоящий из нитрата калия или нитрата натрия. Наличие в зажигательном слое горючего компонента (бумажные отходы) и окислителя (нитрата калия или натрия), позволяет ему легко воспламеняться от низкоэнергетических источников тепла (например, спичек) [34].

Хорошо подходят для связывания влажных мелких классов угля и угольных шламов водный раствор латекса, водный раствор бустилата, водный раствор клея ПВА. Причём частичная сушка брикетов производится за счёт тепла, выделяемого при брикетировании прессованием [35].

В Европе уже оценили преимущества брикетированного топлива. В Англии, Германии, Чехии, Польше, Турции, США, Австралии и других странах по различным технологиям производят брикеты на базе угольной мелочи в больших объёмах [36].

Брикетированное топливо имеет следующие преимущества: более высокий КПД (на 25-35 %)

топочных устройств при сжигании угольных брикетов, на 15-20 % ниже выбросы сернистого газа, более чем вдвое ниже выбросы твёрдых веществ с дымовыми газами, а также на 15-20 % ниже недожёг горючих компонентов [36].

Таким образом, использование отходов в процессе брикетирования позволяет существенно экономить энергетические и сырьевые ресурсы, снизить загрязнение окружающей среды.

На сегодняшний день уже действуют заводы по брикетированию угля в Казахстане (ТОО «Аль-

Мактуб») [37] и Новокузнецке (ООО «ТД Кузнецкий угольный брикет», ООО «Кузбасская ТЭК», ООО «КузТЭК» и др.) [38].

Разработанные технологии переработки угольных шламов подтверждены патентами, часть которых основана на флотационном обогащении угля с различными реагентами и технологическими схемами, часть – на брикетировании с применением различных связующих [39-51].

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания № 10.782.2014К.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейн М.С. Обогащение и обезвоживание тонких угольных шламов с использованием метода масляной грануляции / М.С. Клейн, А.А. Байченко, Е.В. Почевалова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 4. – 2002. – С.237-239.
2. Серёгин А.И. Разработка технологических схем переработки угольных шламов в товарную продукцию / А.И. Серегин, Е.Г. Горлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – 2009. – С.342-346.
3. Разработка рациональной и экологически безопасной технологии очистки шламовых отстойников угольных шахт / А.П. Зиборов, А.П. Бордий, А.И. Денисенко, В.П. Франчук, А.Н. Шломин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 1. – 1996. – С.124-132.
4. Единый взгляд. Требуется разработать общую концепцию глубокой переработки углей и угольных отходов [Электронный ресурс]. – «Наука в Сибири». – № 45 (2831). – 2002: Режим доступа <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml?9+226+1>.
5. Гайнуллин И.К. Повышение эффективности процесса флотации угольных шламов с использованием флотореагентов Unicol // Уголь. – № 5(1046). – 2013. – С. 104-107.
6. Иванов Г.В. Результаты промышленного испытания применения аполярного реагента при флотации тонких угольных шламов на ЦОФ «Беловская» / Г.В. Иванов, В.И. Басарыгин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – 2002. – С. 179-180.
7. Повышение эффективности процесса флотации тонких угольных шламов / Г.В. Иванов, А.М. Мирошников, Т.И. Азарова, Н.Н. Ушакова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2. – 2010. – С.85-86.
8. Белоусов В.А. Перспективные методы обогащения угольных шламов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – № 4. – 2014. – С. 15-17.
9. Пилов П.И. Гравитационная сепарация угольных шламов как альтернатива флотации / П.И. Пилов, А.С. Кирнарский, С.В. Артёмов / Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 4. – 1997. – С. 88-91.
10. Научная организация труда Горно-обогатительная фабрика [Электронный ресурс] / Подборка информации об обогащении угольных шламов. – Режим доступа: <http://www.torezavtomatika.narod.ru/index2.htm>.
11. Углёв А.М. Спиральные сепараторы для обогащения тонких угольных шламов // Уголь. – № 1 (1042). – 2013. – С.57-59.
12. Новак В.И. Обзор современных способов обогащения угольных шламов В.И. Новак, В.А. Козлов // ГИАБ. –№ 6. – МГГУ, 2012. – С. 34-38.
13. Новак В.И. Исследование селективной флокуляции тонкодисперсных угольных шламов / В.И. Новак, Г.Ю. Гольберг // Вода: химия и экология. – 2010. – № 4. – С. 9-13.
14. Карамзин В.В. Применение магнитного способа для обогащения угольных шламов Нерюнгринского каменноугольного месторождения / В.В. Карамзин, В.А. Козлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – 2006. – С.15-18.
15. Байченко А.А.Утилизация угольных шламов Кузбасса из наружных отстойников А.А. Байченко, Г.Л. Евменова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 4.1 (48). – 2005. – С.57-60.
16. Гарковенко Е.Е. Моделирование процесса вакуумного фильтрования угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 1. – 2004. – С.317-319.
17. Разработка технологии утилизации кокосовой пыли коксохимических производств в виде брикетов повышенной прочности / В.С. Соловов, А.В. Папин А.В., А.Ю. Игнатова, Т. Г. Черкасова, В.И. Ко-синцев, А.И. Сечин, Е.А. Макаревич, А.В. Неведров / Ползуновский вестник. – № 4-2. – 2011. – 159-164.
18. Папин А. В. Переработка угольных шламов в сырьё для когенерационных устройств / А.В. Папин,

- А.В. Неведров // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1 – С. 48-50.
19. Пат. РФ № 2468071 Способ брикетирования коксовой пыли / А.В. Папин, В.С. Солодов, А.Ю. Игнатова А.Ю. // КузГТУ. Заявл. 26.10.2011, опубл. 27.11.2012.
20. Вахонина Т.Е. Использование отработанных моторных масел для флотации угольных шламов / Т.Е. Вахонина, М.С. Клейн, И.А. Горбунков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 1. – 2009. – С.15-17.
21. Субботин В.В. Исследование влияния группового состава реагентов-собирателей на эффективность их действия при флотации сфлокулированных угольных зерен / В.В. Субботин, Н.В. Малыхина // Молодежь, наука, будущее: сб. научн. тр. студентов. – Магнитогорск: МГТУ, 2013. – С. 89-91.
22. Утилизация угольных шламов Кузбасса в виде высоконцентрированных водоугольных суспензий / Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, А.В. Папин, Т.А. Папина, М.С. Клейн // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – №6 (37). – 2003. – С.71-74.
23. Исследование физико-химических процессов, протекающих при мокром диспергировании угольных шламов, обогащенных методом масляной агломерации / А.В. Папин, Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, М.С. Клейн, Т.А. Папина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2 (39). – 2004. – С.82-85.
24. Жбырь Е. В. Разработка аппаратурно-технологического процесса утилизации угольных шламов Кузбасса / Е. В. Жбырь, Автореферат. – Томск, 2009.
25. Рубинштейн Ю.Б. Теория и практика применения селективной флокуляции для разделения тонкодисперсных угольных шламов / Ю.Б. Рубинштейн, В.И. Новак // Уголь. – № 4 (1020). – 2011. – С.40.
26. Петухов В.Н. Исследование влияния флокулянтов на показатели флотации угольной мелочи и разработка реагентного режима / В.Н. Петухов, В.В. Субботин // Russian Internet Journal of Industrial Engineering. – 2013. – № 2. – С. 30-32.
27. Исследования технологии сжигания суспензионного топлива в вихревой камере / В.И. Мурко, Ю.А. Сенчуррова, В.И. Федяев, К.И. Карпенок // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2 (96). – 2013. – С.103-105.
28. Мандров Г.А. Переработка угольных шламов в экологически безопасное топливо / Г.А. Мандров, Е.Л. Счастливцев // Экология и промышленность России. – № 9. – 2007. – С.34-36.
29. Технология утилизации угольных шламов с отходами производства гуматов / А.В. Папин, А.Н. Заостровский, В.С. Солодов, М.С. Исмагилов, А.И. Гудков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2. – 2006. – С.86-87.
30. Формирование структуры водоугольных суспензий в процессе их приготовления из обогащенных угольных шламов / А.В. Папин, Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, Т.А. Папина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2 (39). – 2004. – С.86-88.
31. Елишевич А.Т. Технология брикетирования полезных ископаемых. – М.: Недра, 1989. – С. 86, 92, 98, 101, 106.
32. Серёгин А.И. Прогрессивный алгоритм создания технологий производства брикетов из угольных шламов / А.И. Серегин, Е.Г. Горлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 10. – 2009. – С. 416-418.
33. Евстифеев Е.Н. Переработка антрацитовых шламов и штыбов в топливные брикеты Е.Н. Евстифеев, Е.М. Попов, Г.И. Рассихин // Современные научноёмкие технологии. – № 10. – 2014. – С.118-120.
34. Пат. РФ № 2463337 Легковоспламеняющийся топливный брикет / В.Б. Кусков, Я.В. Кускова // ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)». Заявл. 02.08.2010, опубл. 10.10.2012.
35. Пат. РФ № 2330062 Способ брикетирования влажных мелких классов угля и шламов / В.А. Марченко, С.Г. Фомичев. Заявл. 29.01.2007, опубл. 27.07.2008.
36. Технология брикетирования мелкодисперсных отходов. Переработка отходов в сырьё [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN\\_Pererabotka\\_Ugolnih\\_Othodov.pdf](http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN_Pererabotka_Ugolnih_Othodov.pdf)
37. Группа компаний ZAMAN GROUP [Электронный ресурс] / О компании ТОО «АЛЬ-МАКТУБ». – Режим доступа: <http://zaman-group.kz/ru/al-maktub/o-kompanii>.
38. flagma.ru Новокузнецк [Электронный ресурс] / Объявления о покупке-продаже угольных брикетов. – Режим доступа: <http://novokuznetsk.flagma.ru/s/%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D1%82-%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9-o-1.html>
39. Пат. РФ № 2494817 Россия Способ обогащения угольного шлама и угля / А. В. Папин, В. С. Солодов, А. Ю. Игнатова и др. // КузГТУ. Заяв. 20.03.2012, опубл. 10.10.2013.
40. Пат. № 2100094 Способ селективной флотации частиц угля / Колин Дж. МакКенни, Бриан В. Реймонд // Фординг Коул Лимитед. Заявл.28.04.1995, опубл. 27.12.1997.
41. Пат. РФ № 2177838 Собиратель для флотации угля / Р.С. Мин, М.А. Плеханов, В.И. Басарыгин // Институт химии нефти СО РАН. Заявл. 09.08.1999, опубл.10.01.2002.

42. Пат. РФ № 2498860 Установка для обогащения угольного шлама в спиральных сепараторах (варианты) / В.И. Новак, В.А. Козлов // Общество с ограниченной ответственностью «Коралайна Инжиниринг». Заявл.13.08.2012, опубл.20.11.2013.
43. Пат. РФ № 2473671 Способ получения угольных брикетов / Т.В. Шевченко, Ш.А. Файрушин. Заявл. 19.04.2011, опубл. 27.01.2013.
44. Пат. РФ № 2472845 Состав химически полученного связующего для производства угольных брикетов / Е.В. Ульрих, В.П. Амelenko. Заявл. 18.04.2011, опубл. 20.01.2013.
45. Пат. РФ № 2467060 Комплексное связующее для получения угольных брикетов / Т.В. Шевченко, Ш.А. Файрушин. Заявл. 19.04.2011, опубл.20.11.2012.
46. Пат. РФ № 2428258 Способ обогащения угольных шламов / С.А. Осадчий, П.Ф. Панфилов // ООО «Вибросито». Заявл. 03.04.2008, опубл. 10.09.2011.
47. Пат. РФ № 2330062 Способ брикетирования влажных мелких классов угля и шламов / В.А. Марченко, С.Г. Фомичев. Заявл. 29.01.2007, опубл. 27.07.2008.
48. Пат. РФ № 2304467 Способ обогащения угля / М.Р. Предтеченский, М.В. Пуховой // ООО «Международный научный центр по теплофизике и энергетике». Заявл. 15.08.2005, опубл. 20.0482007.
49. Пат. РФ № 2297284 Способ обогащения угольных шламов / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, Г. А.Мандров // Институт угля и углехимии Сибирского отделения Российской Академии Наук (ИУУ СО РАН). Заявл. 11.05.2005, опубл.20.04.2007.
50. Пат. РФ № 2277120 Способ получения водоугольного топлива и его состав / Г.А. Солодов, А.В. Папин, А.Н. Заостровский // ГОУ ВПО Томский политехнический университет. Заявл. 05.03.2005, опубл. 27.05.2006.
51. Пат. РФ № 2230776 Установка переработки угольного шлама для получения топлив / В.Г. Андриенко, М.В. Баранов, А.И. Гальченко. Заявл. 10.03.2004, опубл. 20.06.2004.

*Поступило в редакцию 14.04. 2015*

**UDC 66:504.064.47**

## **ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DISPOSAL OF THE SOLID HYDROCARBON WASTE**

**Zlobina Elena S,**  
student of KuzSTU, specialty Chemical technology natural energy and carbon materials,  
e-mail: zlobina94@mail.ru

**Papin AndreyV.,**  
C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Department of CTHF,  
e-mail: papinandrey@rambler.ru

**Ignatova Alla Yu.**  
C. Sc. (Biological), Associate Professor, Department of CTHF,  
e-mail: allaignatova@rambler.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

### **Abstract**

*Methods and ways of recycling of fine coal slurries describing in this article. Coal slurries is industrial waste of coal industry. The advantages and disadvantages of the methods briefly describes. For example, efficiency of enrichment depends on the hardware design and the applied reagents toward flotation; gravity separation is less capital intensive and environmentally safe method; the oil agglomeration is complete processing to reprocess of sludge, however, the method are not received practical application in Russia; briquetting allows to spend fuel having a higher efficiency , lower emissions of sulfur dioxide during combustion and solids from flue gases; the use of coal slurries as a component of water-coal fuel helps to better ignition and effective combustion.*

*The classification of coal slurries describing on the distribution of ash content in them. Comparative analysis apparatus for processing particulate the material describing too. For example, the sediment-machine characterized by high productivity, spiral separator low capital and operating costs, and average-hard hydrocyclones have high precision of separation. It is suggested to make use of both stationary and mobile installations for the enrichment of coal slurries.*

**Keywords:** coal slurries, methods of processing, flotation, briquetting, separation, oil agglomeration.

## REFERENCES

1. Klejn M.S. Obogaschenie i obezvozhivanie tonkih ugol'nyh shlamov s ispol'zovaniem metoda maslyanoj granulyacii [The beneficiation and dewatering fine coal slurries using the oil granulation]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. No. 4. P. 237-239.
2. Seregin A.I. Gorlov E.G. Razrabotka tehnologicheskikh shem pererabotki ugol'nyh shlamov v tovarnuyu produkciyu [Development of technological schemes for processing of coal sludge into marketable products]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 2009. No. 8. P. 342-346.
3. Ziborov A.P., Bordij A.P., Denisenko A.I., Franchuk V.P., Shlomin A.N. Razrabotka racional'noj i 'ekologicheski bezopasnoj tehnologii ochistki shlamovyh otstojnikov ugol'nyh shaht [Development of rational and ecologically safe technologies to clean of slurry sumps coal mines]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 1996. No. 1. P. 124-132
4. You need to develop a common concept of deep processing of coal and coal waste [Trebuetysya razrabotat' obschuyu konsepciyu glubokoj pererabotki uglej i ugol'nyh othodov]. «Nauka v Sibiri» [Science in Siberia]. 2002. No. 45 (2831). URL: <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml?9+226+1> (accessed 10.04.15)
5. Gajnullin I.K. Povyshenie 'effektivnosti processa flotacii ugol'nyh shlamov s ispol'zovaniem flotoreagentov Unicol [The efficiency of the flotation process of coal slimes is higher by using the flotation Unicol]. Ugol' [Coal]. 2013. No. 5(1046). P. 104-107.
6. Ivanov G.V. Basarygin V.I. Rezul'taty promyshlennogo ispytaniya primeneniya apolyarnogo reagenta pri flotacii tonkih ugol'nyh shlamov na COF «Belovskaya» [The results of industrial tests of the use of apolar reagent in the flotation of fine coal-governmental sludge on CEP "Belovsky"]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 2002. No. 8. P. 179-180.
7. Ivanov G.V., Miroshnikov A.M., Azarova T.I., Ushakova N.N. Povyshenie 'effektivnosti processa flotacii tonkih ugol'nyh shlamov [It is Improving the efficiency of the process of flotation of fine coal slurries]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2010. No. 2. P. 85-86.
8. Belousov V.A. Perspektivnye metody obogascheniya ugol'nyh shlamov [Promising methods of enrichment of coal slurries]. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij [International journal of applied and fundamental research]. 2014. No. 4. P. 15-17.
9. Pilov P.I. Kirnarskij A.S., Artemov S.V. Gravitacionnaya separaciya ugol'nyh shlamov kak al'ternativa flotacii [Gravity separation of coal slurries as an alternative to flotation]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 1997. No. 4. P. 88-91.
10. Scientific organization of labor. Mountain-concentrating factory [Nauchnaya organizaciya truda. Gorno-obogatitel'naya fabrika]. Podborka informacii ob obogaschenii ugol'nyh shlamov [A compilation of information about the coal sludge]. URL: <http://www.torezavtomatika.narod.ru/index2.htm> (accessed 10.04.15)
11. Uglev A.M. Spiral'nye separatory dlya obogascheniya tonkih ugol'nyh shlamov [Spiral separators are devices for the beneficiation of fine coal slurries]. Ugol' [Coal]. 2013. No. 1 (1042). P. 57-59.
12. Novak V.I., V.A. Kozlo. Obzor sovremennyh sposobov obogascheniya ugol'nyh shlamov [Review of modern methods of enrichment of coal slurries]. GIAB [MIAU]. MSHU, 2012. No. 6. P. 34-38
13. Novak V.I. Gol'berg G.Yu. Issledovanie selektivnoj flokulyacii tonkodispersnyh ugol'nyh shlamov [Study of selective flocculation of fine coal slurries]. Voda: himiya i 'ekologiya [Water: chemistry and ecology]. 2010. No. 4. P. 9-13.
14. Karamzin V.V. Kozlov V.A. Primenenie magnitnogo sposoba dlya obogascheniya ugol'nyh shlamov Neryungrinskogo kamennougol'nogo mestorozhdeniya [The application of the magnetic method for the enrichment of coal slurries by Neryungri coal Deposit]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 2006. No. 8. P.15-18
15. Bajchenko A.A., Evmenova G.L. Utilizaciya ugol'nyh shlamov Kuzbassa iz naruzhnyh otstojnikov [Disposal of Kuzbass coal slurries from external tanks]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2005. No. 4.1 (48). P. 57-60.
16. Garkovenko E.E. Modelirovanie processa vakuumnogo fil'trovaniya ugol'nyh shlamov [It is modeling of the process of vacuum filtration of coal slurries]. Gornij informacionno-analiticheskij byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 2004. No. 1. P. 317-319.
17. Solodov V.S., Papin A.V., Ignatova A.Yu., Cherkasova T. G., Kosincev V.I., Sechin A.I., Makarevich E.A., Nevedrov A.V. Razrabotka tehnologii utilizacii kokosovoj pyli koksohimicheskikh proizvodstv v vide briketov povyshenoj prochnosti [Development of technologies for the utilization of coconut dust by-product

coke plants in the form of briquettes with higher resistance]. Polzunovskij vestnik [Polzunov Bulletin]. 2011. No. 4-2. P. 159-164.

18. Papin A. V., A.V. Nevedrov. Pererabotka ugel'nyh shlamov v syr'e dlya kogeneracionnyh [Processing of coal slurries in raw materials for cogeneration devices]. Polzunovskij vestnik [Polzunov Bulletin]. 2013. No. 1. P. 48-50.

19. Papin A.V., Solodov V.S., Ignatova A.Yu. and other.; KuzSTU. Pat. RF № 2468071 Sposob briketirovaniya koksovoj pyli [Method of briquetting of coke dust]. Appl. 26.10.2011, reg. 27.11.2012.

20. Vahonina T.E., Klejn M.S., Gorbunkov I.A. Ispol'zovanie otrabotannyh motornyh masel dlya flotacii ugel'nyh shlamov [Using used motor oil for flotation of coal slurries]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2009. No. 1. P.15-17.

21. Subbotin V.V., Malyhina N.V. Issledovanie vliyaniya gruppovogo sostava reagentov-sobiratelej na 'effektivnost' ih dejstviya pri flotacii sflokulirovannyh ugel'nyh zeren [Study of the influence of group composition of reagents-collectors on their efficiency in flotation flokulirovannym coal grains]. Molodezh', nauka, budushee: sb. nauchn. tr. Studentov [Youth, science, the future: collection of scientific works of students]. Magnitogorsk: MSTU, 2013. P. 89-91.

22. Solodov G.A., Zaostrovskij A.N., Papin A.V., Papina T.A., Klejn M.S. Utilizaciya ugel'nyh shlamov Kuzbassa v vide vysokoncentrirovannyh vodougol'nyh suspenzij [Disposal of Kuzbass coal slurries in the form of very concentrated coal-water slurries] .Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2003. No. 6 (37). P. 71-74.

23. Papin A.V., Solodov G.A., Zaostrovskij A.N., Klejn M.S., Papina T.A. Issledovanie fiziko-himicheskikh processov, protekayuschih pri mokrom dispergirovaniyu ugel'nyh shlamov, obogaschennyh metodom maslyanoj aglomeracii [Study of physico-chemical processes which occur in the wet dispersion of coal slurries which enriched with oil agglomeration method ]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2004. No. 2 (39). P.82-85.

24. Zhbyr' E. V. Razrabotka apparaturno-tehnologicheskogo processa utilizacii ugel'nyh shlamov [Developing equipment and technological process of recycling of coal slurries]. Tomsk, 2009.

25. Rubinshtejn Yu.B., Novak V.I. Teoriya i praktika primeneniya selektivnoj flokulyacii dlya razdeleniya tonkodispersnyh ugel'nyh shlamov [The theory and practice of using selective flocculation for separation of fine coal slurries]. Ugol' [Coal]. 2011. No. 4 (1020). P. 40.

26. Petuhov V.N., Subbotin V.V. Issledovanie vliyaniya flokulyantov na pokazateli flotacii ugel'noj melochi i razrabotka reagentnogo rezhma [Study on the effect of flocculants on the performance of flotation of fine coal and the development of reagent conditions]. Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2013. No. 2. P. 30-32.

27. Murko V.I., Senchurova Yu.A., Fedyayev V.I., Karpenok K.I. Issledovaniya tehnologii szhiganiya suspenzionnogo topliva v vihrevoj kamere [Research technology suspension burning of fuel in the swirl chamber]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2013. No. 2 (96). P. 103-105.

28. Mandrov G.A., Schastlivcev E.L. Pererabotka ugel'nyh shlamov v 'ekologicheski bezopasnoe toplivo [To transform coal sludge in an environmentally safe fuel]. 'Ekologiya i promyshlennost' Rossii [ Ecology and industry of Russian]. 2007. No. 9. P. 34-36.

29. Papin A.V., Zaostrovskij A.N., Solodov V.S., Ismagilov M.S., Gudkov A.I. Tehnologiya utilizacii ugel'nyh shlamov s othodami proizvodstva gumatov [The technology of utilization of waste coal slurries with the productions of humates ]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2006. No. 2. P. 86-87.

30. Papin A.V., Solodov G.A., Zaostrovskij A.N., Papina T.A. Formirovanie struktury vodougol'nyh suspenzij v processe ih prigotovleniya iz obogaschennyh ugel'nyh shlamov [The formation of the structure of coal-water slurries in the process of preparation from enriched coal slurries] .Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical University]. 2004. No. 2 (39). P. 86-88.

31. Elishevich A.T. Tehnologiya briketirovaniya poleznyh iskopaemyh [The technology of briquetting of mineral resources]. - M.: Nedra, 1989. P. 86, 92, 98, 101, 106. (rus)

32. Seregin A.I., E.G. Gorlov. Progressivnyj algoritm sozdaniya tehnologij proizvodstva briketov iz ugel'nyh shlamov [The progressive algorithm of creation of technologies for the production of briquettes from coal slurries]. Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' byulleten' [Mountain information-analytical Bulletin]. 2009. No. 10. P. 416-418.

33. Evstifeev E.N. Popov E.M., Rassihin G.I. Pererabotka antracitovyh shlamov i shtybov v toplivnye brikety [Processing anthracite sludge and shtyrov into fuel briquettes]. Sovremennye naukoemkie tehnologii [Modern high technologies]. 2014. No. 10. P. 118-120.

34. SEI HPE Saint-Petersburg state mining Institute. G. V. Plekhanov (technical University). Pat. RF № 2463337 Legkovosplamenayuschijsya toplivnyj briquet [Highly flammable fuel briquette]. Appl. 02.08.2010, reg. 10.10.2012.
35. Marchenko V.A., Fomichev S.G. Pat. RF № 2330062 Sposob briketirovaniya vlazhnyh melkih klassov uglya i shlamov [Method of wet briquetting of fine coal and slimes]. Appl. 29.01.2007, reg. 27.07.2008.
36. Tehnologiya briketirovaniya melkodispersnyh othodov. Pererabotka othodov v syr'e [The technology of briquetting finely divided waste. Processing waste into raw materials]. URL: [http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN\\_Pererabotka\\_Ugolnih\\_Othodov.pdf](http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN_Pererabotka_Ugolnih_Othodov.pdf) (accessed 10.04.15)
37. Gruppa kompanij ZAMAN GROUP [Group company ZAMAN GROUP]. O kompanii TOO «AL"- MAK-TUB» [About company TOO AL"- MAK-TUB ].URL: <<http://zaman-group.kz/ru/al-maktub/o-kompanii>>. (accessed 10.04.15)
38. flagma.ru Novokuzneck. Ob'yavleniya o pokupke-prodazhe ugo'l'nyh briketov [Announcements of purchase and sale of coal briquettes]. URL: <http://novokuznetsk.flagma.ru/s/%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D1%82-%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%BA%D0-1.html>.
39. Papin A. V., Solodov V. S., Ignatova A. Yu. And etc. Pat. RF № 2494817 Sposob obogascheniya ugo'l'nogo shlama i uglya [Method of enrichment of coal sludge and coal] .KuzGTU. Appl. 20.03.2012, reg. 10.10.2013.
40. Kolin Dzh. MakKenni, Brian V. Rejmond. Pat. № 2100094 Sposob selektivnoj flotacii chastic uglya [Process for the selective flotation of coal particles]. Appl. 28.04.1995, reg. 27.12.1997.
41. Mi R.S., Plehanov M.A, Basarygin V.I.; Institute of petroleum chemistry SB RAS. Pat. RF № 2177838 Sobiratel' dlya flotacii uglya [Collector for flotation of coal]. Appl. 09.08.1999, reg. 10.01.2002.
42. Novak V.I., Kozlov V.A.; LLC «Koralajna Inzhiniring». Pat. RF № 2498860 Ustanovka dlya obogascheniya ugo'l'nogo shlama v spiral'nyh separatorah (varianty) [Installation for the enrichment of coal sludge in spiral separators (options)]. Appl. 13.08.2012, reg. 20.11.2013.
43. Shevchenko T.V., Fajrushin Sh.A. Pat. RF № 2473671 Sposob polucheniya ugo'l'nyh briketov [The method of obtaining coal briquettes]. Appl. 19.04.2011, reg. 27.01.2013.
44. Ul'rih E.V., Amelenko V.P. Pat. RF № 2472845 Sostav himicheski poluchennogo svyazuyuscheho dlya proizvodstva ugo'l'nyh briketov [The composition of the chemically obtained binder for the production of coal briquettes]. Appl. 18.04.2011, reg. 20.01.2013.
45. Shevchenko T.V., Fajrushin Sh.A. Pat. RF № 2467060 Kompleksnoe svyazuyushee dlya polucheniya ugo'l'nyh briketov [A comprehensive binder for making coal briquettes]. Appl. 19.04.2011, regl. 20.11.2012.
46. Osadchij S.A., Panfilov P.F.; OOO «Vibrosito». Pat. RF № 2428258 Sposob obogascheniya ugo'l'nyh shlamov [Method of enrichment of coal slurries]. Appl. 03.04.2008, reg. 10.09.2011
47. Marchenko V.A., Fomichev S.G. Pat. RF № 2330062 Sposob briketirovaniya vlazhnyh melkih klassov uglya i shlamov [Method of wet briquetting of fine coal and slimes]. Appl. 29.01.2007, reg. 27.07.2008
48. Predtechenskij M.R., Puhovoij M.V.; LLC International scientific center of Thermophysics and power engineering. Pat. RF № 2304467 Sposob obogascheniya uglya [There is method of enrichment of coal]. Appl. 15.08.2005, reg. 20.0482007.
49. Potapov V.P., Schastlivcev E.L., Mandrov G. A.; Institute of coal and coal chemistry by Siberian branch of the Russian Academy of Sciences Pat. RF № 2297284 Sposob obogascheniya ugo'l'nyh shlamov [Method of enrichment of coal slimes]. Appl. 11.05.2005, reg. 20.04.2007.
50. Solodov G.A., Papin A.V., Zaostrovskij A.N.; SEI HPE Tomsk Polytechnic University. Pat. RF № 2277120 Sposob polucheniya vodougol'nogo topliva i ego sostav [The method of obtaining coal-water fuel and its composition]. Appl. 05.03.2005, reg. 27.05.2006.
51. Andrienko V.G., Baranov M.V., Gal'chenko A.I. Pat. RF № 2230776 Ustanovka pererabotki ugo'l'nogo shlama dlya polucheniya topliv [Apparatus for processing coal sludge to produce fuels]. Appl. 10.03.2004, reg. 20.06.2004.

Received 14 April 2015