

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Сборник материалов конференции

ДОНЕЦК – 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ-СЕМИНАР**

**КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ,
ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ**

6 декабря 2018 г.

Сборник материалов конференции

ДОНЕЦК

2018

В сборнике помещены труды участников XXI Международной научно-технической конференции-семинара «Комплексные процессы обогащения, переработки и использования минерально-сырьевых ресурсов», которая проходила в г. Донецке 6 декабря 2018 г. Сборник представляет интерес для широкого круга исследователей, учёных, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области обогащения полезных ископаемых и смежных областей.

Ответственный за выпуск: Букин С. Л.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Долбиев А. Ю., Корчевский А. Н.</i> Энергетическая эффективность переработки вторичных сырьевых ресурсов	5
<i>Холодов К. А., Корчевский А.Н.</i> Вопрос о сохранении водных ресурсов.....	11
<i>Воронов А. Н., Корчевский А. Н.</i> Влияние показателя обогатимости угля марки «Т» на эффективность обогащения.....	17
<i>Курский А. В., Букин С. Л.</i> Перспективные направления использования известняка и доломита Донбасса.....	24
<i>Кузнецов С. Г., Букин С.Л.</i> Флокулянты, используемые для осветления шламовых вод углеобогатительных фабрик.....	33
<i>Букин С. Л., Гудинов А. В., Курский А. В.</i> О возможности регулирования собственной частоты колебаний устройства виброударной очистки сита.....	41
<i>Самойлик В. Г., Малюта А. В.</i> Абиогенная теория происхождения угля.....	50
<i>Несвитей Е. А., Самойлик В. Г.</i> Особенности выбора промышленных гидроциклонов.....	57
<i>Самойлик В. Г., Онищенко В. В.</i> Применение радиометрической сепарации для обогащения угля.....	64
<i>Самойлик В. Г., Романько М. А.</i> Схемы переработки шлама на винтовых сепараторах.....	70
<i>Серафимова Л. И., Кузнецов В. А.</i> Экологическое состояние и качество воды Донецкого региона.....	78
<i>Серафимова Л. И., Кондратенко И. О., Кузнецов В. А.</i> Технология производства брикетов.....	84

Серафимова Л. И., Науменко В. Г., Кузнецов В. А., Дороговоз К.Ю.

Исследование процесса флотации с использованием
феноменологического подхода.....92

Науменко В. Г., Медведев Д. А. Экологическая промышленная
безопасность при освоении месторождений полезных ископаемых.....98

Науменко В. Г., Сулимов В. В. Экологический кризис Донбасса.....107

Звягинцева Н. А., Олейникова Е. В. Исследование влияния расхода
реагентов на показатели флотации угля.....111

Звягинцева Н. А., Ясюченя К. В. Проблема утилизации породных отвалов.....116

УДК 622.794

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Долбиев А.Ю., студент гр. ОПИ-14, ГОУВПО «ДОННТУ»,
Корчевский А.Н., зав. каф ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент.
+380713319816, korcheval737@gmail.com

Аннотация. Дискретное продвижение по ступеням промышленной революции даёт наглядные результаты развития промышленно-экономического потенциала государства. С развитием новых индустрий стоит задача дальнейшего развития традиционных базовых отраслей. Основным фактором здесь является повсеместное внедрение элементов четвертой промышленной революции. Производственные процессы должны быть не только прозрачными на каждом этапе, но и логистически совмещёнными на основе применения моделирования и подтверждения в реальных промышленных условиях на предприятиях. Аналитические исследования должны улучшать производственные и, следовательно, экономические показатели предприятий. Но это возможно лишь при условии, что научные аспекты должны включать реальные прикладные решения.

Ключевые слова: Индустрия, промышленность, интенсификация, отходы, переработка, биома.

Annotation. Discrete progress through the stages of the industrial revolution provides real results in the development of industrial-economic potential of the Republic of Kazakhstan. The development of new industries poses the task of further developing traditional basic industries. The main factor here is the widespread introduction of elements of the fourth industrial revolution. Productions have to be not only transparent at each stage, but also logistically combined on the basis of application of modeling and confirmation in real industrial conditions at the enterprises. Analytical researches have to improve production and, therefore, economic indicators of the enterprises. But it is possible only on condition that scientific aspects have to include

real applied decisions. Intensification of the processes of mining and processing of minerals leads to negative consequences. The accumulation of huge amounts of rock materials pollutes the environment, leads to man-made disasters.

Key words: Industry, intensification, waste, recycling, biome.

Интенсификация процессов добычи и переработки полезных ископаемых ведёт к негативным последствиям. Накопление огромным массивов породных материалов загрязняет окружающую природную среду, ведёт к техногенным катастрофам.

Рациональный подход к управлению качеством добычи, переработки полезных ископаемых и складированию отходов – есть решение, которое должно ставиться во главу угла при реализации программы «THE INDUSTRY 4.0» с целью начала пути сохранения и оздоровления биомы.

Индустрия, отходы, окружающая среда, обогащение, полезное ископаемое, отходы, вибрационный пневматический сепаратор, осветление воды, сгущение, отвал.

В последние десятилетия человечество наконец пришло к пониманию негативных последствий техногенного воздействия на окружающую природную среду, так как на определённой стадии взаимодействия человека и биосферы возобновимые природные ресурсы становятся невозобновимыми. При этом происходят глубокие изменения среды, значительная переэксплуатация, доходящая до крайнего истощения [1]. Техногенные изменения приводят в действие закон внутреннего динамического равновесия, возникает значительное увеличение энергетических затрат из-за замещения энергоёмких природных процессов техногенными (рис. 1).

Энергетическая эффективность природопользования постоянно снижается - для получения полезной продукции из природных систем необходимо увеличивать затраты энергии на её единицу [2]. Глобальный ресурсный потенциал в ходе развития общества непрерывно истощается, что требует от человечества научно-технического совершенствования. Чем рачительнее подход к природ-

ным ресурсам и среде обитания, тем меньше вложений необходимо для успешного развития. Сохранение ресурсов в итоге выгодно в социальном и экономическом отношении.

PRIMARY AND SECONDARY NON-FERROUS METALS

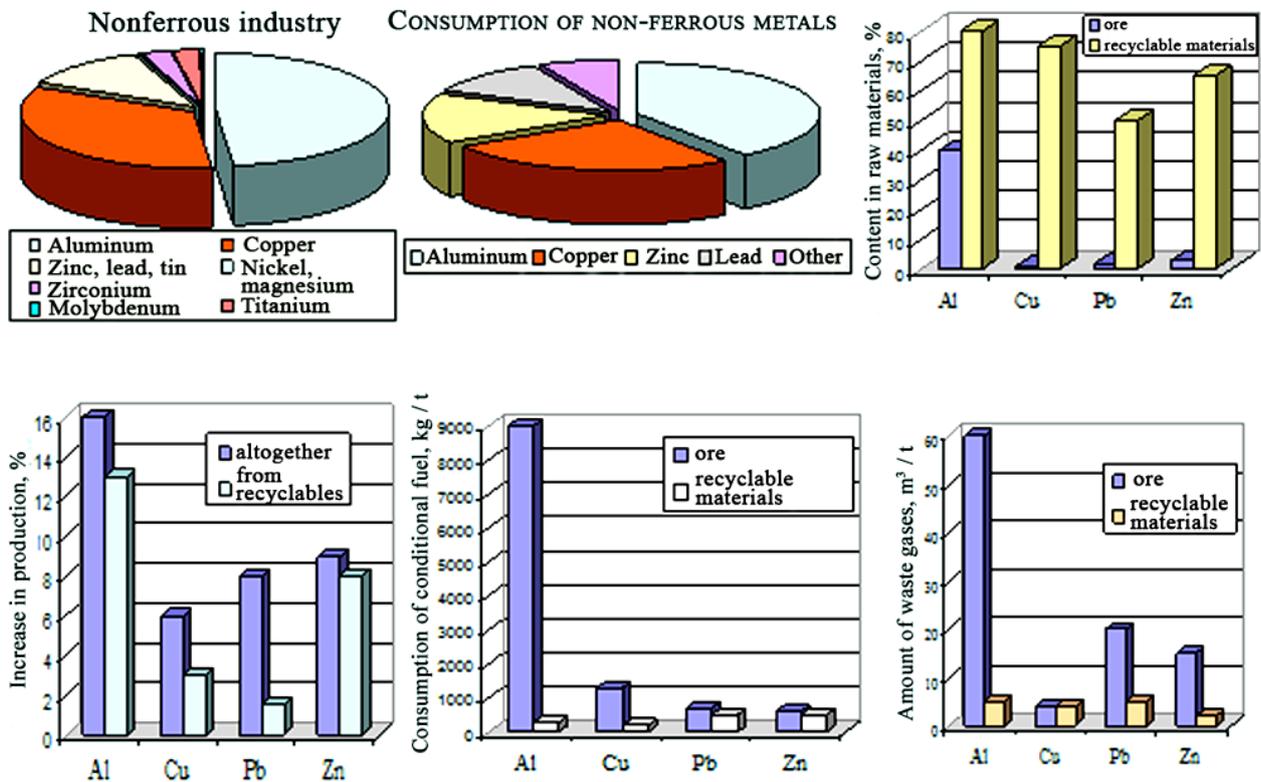


Рисунок 1 - Визуализация использования вторичных сырьевых ресурсов

Закон исчерпаемости природных ресурсов подчёркивает, что все природные ресурсы конечны. Абсолютно безотходное производство невозможно. И первым этапом развития технологий должна быть их малая ресурсоёмкость, а далее необходимо создавать «циклические» производства, в которых отходы одних отраслей могут быть сырьём для других или могут использоваться внутри одного и того же технологического цикла.

Вода на планете является одним из самых важных ресурсов, с развитием промышленности её потребление постоянно растёт. В горном деле и в металлургии расход воды на тонну продукции составляет от 1 до 6...8 м³, свежей во-

ды – 0,3 м³, в том числе 0,01...0,04 м³ питьевой. Для очистки повторно используемой воды от взвесей на предприятиях используются системы осветления, которые представляют собой сложный комплекс, включающий классификацию частиц, осветление шламовых вод, сгущение и обезвоживание шламов, обезвоживание и складирование продуктов.

«Индустрия 4.0» – это принцип организации производства, в котором взаимодействуют не только люди с машинами, но и машины между собой под управлением средств систем управления и автоматики, автоматизированных систем управления технологических процессов, контрольно-измерительные приборы, средства механизации, настраиваемые человеческим факторами и представляющими собой физические реалии.

Наряду с поиском внутренних и внешних резервов реализации выше поставленных задач, авторам данной статьи хотелось бы обратить внимание на экстенсификацию производственных базовых отраслей республики. Что имеется ввиду. Богатые ресурсы земных недр успешно перерабатываются в сырьевом приращении промышленности. Хотелось бы развитие горнодобывающих, перерабатывающих отраслей, металлургии (чёрной и цветной), производства электроэнергии наблюдать в сопровождении с принципами бережного отношения к достоянию природных ресурсов государства. Статистика добычи полезных ископаемых в Республике Казахстан свидетельствует о коэффициенте вскрышных работ на уровне 3-5. Что это? Это на одну тонну добытого полезного ископаемого приходится 3...5 метров кубических объёма перемещаемых верхних слоёв земной коры. И этот объём складировается на поверхности. Реестр добычных и перерабатывающих предприятий насчитывает более 350 предприятий. Давайте прибавим к этим показателям объёмы техногенных объектов, которые образуются по принципу складирования отходов тяжело нагруженных промышленных производств.

Кинетика накопления промышленных отходов в совокупности с требованиями с показателями качественных потерь ценных компонентов даёт результаты весьма противоречивы (рис. 2).

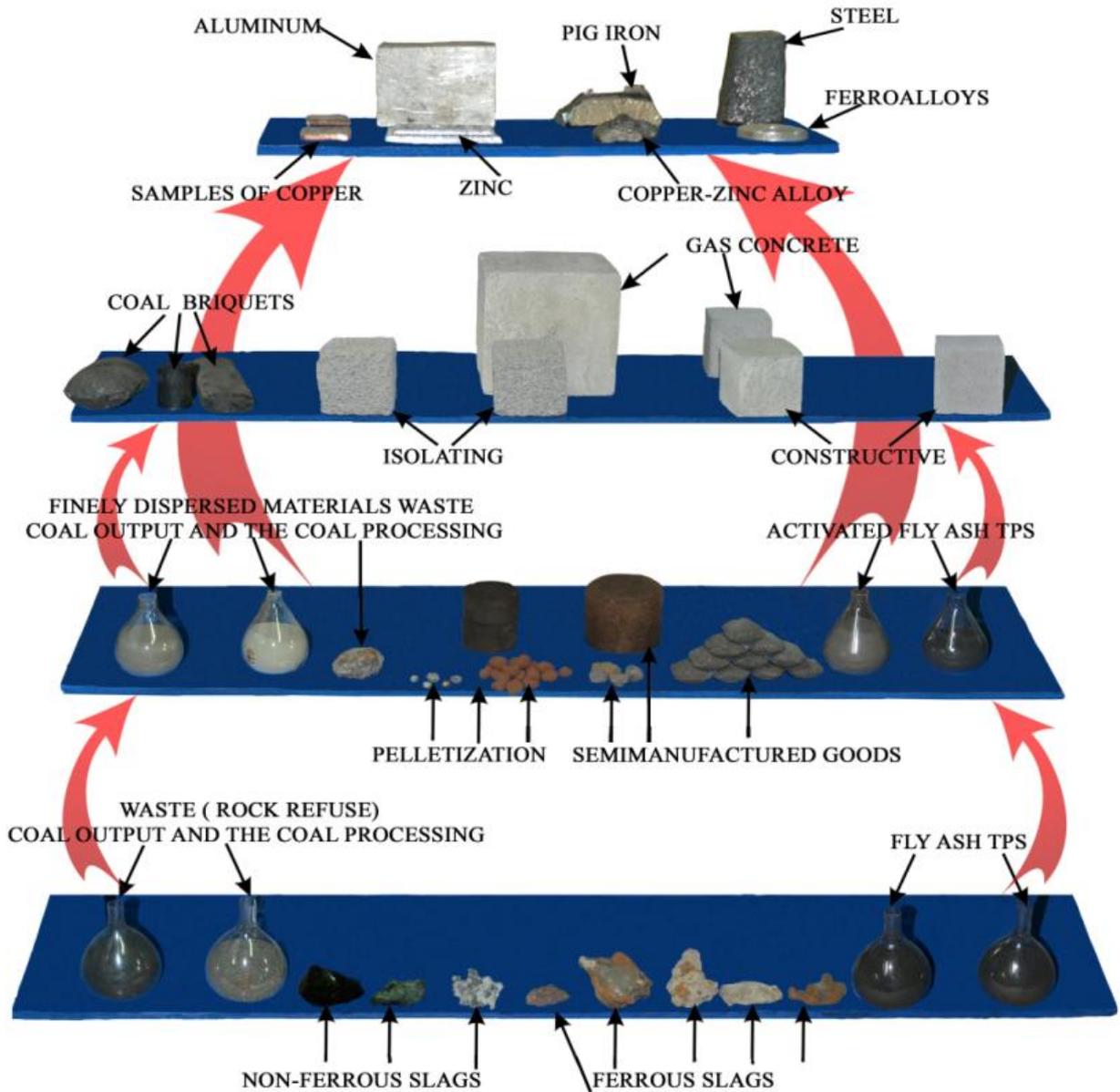


Рисунок 2 - Использование отходов промышленных производств как вторичных сырьевых ресурсов

На сегодняшний момент присутствуют случаи, когда содержание ценных компонентов в отвалах законсервированных или действующих производств в прошлом (хотя бы 20..25 лет назад) превышает содержание первичных сырьевых ресурсов, разрабатываемых на сегодняшний день, вводимых в эксплуатацию или разведанных и переведенных в состояние забалансовых. Настало время сконцентрировать внимание на правильное практическое управление процессами вовлечения в определённой очерёдности первичных и вторичных

сырьевых ресурсов. Решение этих вопросов должен осуществляться по принципам управляемого мониторинга.

Традиционные технологические схемы использования природных ресурсов базируются на принципе их одноразового применения, который в мире называют принципом на «конце трубы».

Его реализация имеет следующие составляющие:

- выявление ресурса в природной сфере;
- добыча ресурса;
- отходы добычи;
- основной технологический процесс по изготовлению продукции;
- отходы основного производства;
- использование продукции;
- отходы амортизированной продукции.

Выводы.

Таким образом, всё вышеизложенное указывает на актуальность и народно-хозяйственную важность проблемы переработки и полной утилизации отходов горнорудной, металлургической, топливно-энергетической и химической отраслей промышленности. Уже существующие и перспективные технологические разработки позволяют оптимистически оценивать прибыльность переработки техногенных месторождений и возможность перехода к безотходным технологиям для их полной ликвидации.

Большинство развитых зарубежных стран осуществляют политику сбережения своих ресурсов, интенсивно вовлекая в переработку техногенных месторождений, утилизируя отходы производства, разрабатывая технологии переработки этих отходов.

Извлечение ценных компонентов из отходов менее затратно по сравнению с разработкой месторождений. В мировом производстве металлов использование вторичного сырья постоянно растёт.

Использование ценных компонентов из вторичных сырьевых ресурсов во вторичных целях энергетики, чёрной и цветной металлургии, горнодобывающей промышленности способствует экономии ресурсов и охране окружающей среды. Состав этого материала колеблется в широких пределах, свойства недостаточно изучены, что создаёт определённые трудности при разработке технологии его разделения [3].

Однако, необходимость существенного объёма технологической перестройки производства и разработки целого ряда методических и технологических вопросов изучения техногенных месторождений не позволяет рассчитывать на скорый повсеместный переход к безотходным технологиям.

Список литературы

1. Korchevskiy A.N. (2010). Pneumatic vibration separation of scrap cable-conductor products (Doctoral dissertation). <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/89>
2. Danilov-Danilyan V.I. (Ed). (1997). Ecological problems: what happens, who is to blame and what to do?, 332p., Moskow: MNEPU.
3. Nazimko L.I., Nazimko V.V. (1996). A simulation of slime circulation and the effect of circuit design. *Coal Preparation*, 17(3-4), 215-232.

УДК 622.794

ВОПРОС О СОХРАНЕНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Холодов К. А., инженер, начальник основного производства обогатительной фабрики «Вектор-Юг», г. Шахтинск, Ростовская обл., РФ.

Корчевский А. Н., зав. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент.
+380713319816, korcheval737@gmail.com

Аннотация. Энергетическая эффективность природопользования постоянно снижается - для получения полезной продукции из природных систем не-

обходимо увеличивать затраты энергии на её единицу. Глобальный ресурсный потенциал в ходе развития общества непрерывно истощается, что требует от человечества научно-технического совершенствования. Чем рачительнее подход к природным ресурсам и среде обитания, тем меньше вложений необходимо для успешного развития. Сохранение ресурсов в итоге выгодно в социальном и экономическом отношении. Закон исчерпаемости природных ресурсов подчёркивает, что все природные ресурсы конечны. Абсолютно безотходное производство невозможно. И первым этапом развития технологий должна быть их малая ресурсоёмкость, а далее необходимо создавать «циклические» производства, в которых отходы одних отраслей могут быть сырьём для других или могут использоваться внутри одного и того же технологического цикла.

Ключевые слова: Коагулянт, флокулянт, осветление, оборотная вода, техническая вода, осадок, уплотнение.

Annotation. Energy efficiency of environmental management is constantly decreasing - to obtain useful products from natural systems it is necessary to increase the energy costs per unit. Global resource potential in process of society is continuously exhausted that demands from mankind of scientific and technical improvement. The more careful approach to natural resources and habitat, the less investment is necessary for successful development. Preservation of resources as a result is favorable in the social and economic relation. The law on the exhaustion of natural resources emphasizes that all natural resources are finite. Absolutely no-waste production is impossible. And the first stage of technology development should be their low resource intensity, and then it is necessary to create "cyclical" production, in which the waste of one industry can be a raw material for others or can be used within the same technological cycle.

Key words: Coagulant, flocculant, clarification, recycled water, process water, sediment, compaction.

Постановка задачи

Несмотря на технический прогресс систем освещения в направлении отказа от наружных очистных сооружений и осветлении циркулирующей воды внутри технологической схемы предприятия, до настоящего времени шламовые накопители продолжают использоваться, способствуя загрязнению окружающей среды. Эти сооружения занимают большие площади, на их эксплуатацию и поддержание расходуются значительные средства, что отрицательно сказывается на экономике предприятий. Поэтому необходимо свести к технически возможному минимуму потребление воды из внешних источников, исключить выпуск загрязнённой воды и шламов за пределы наружных очистных сооружений. В этой связи проблема очистки технологических сточных вод приобретает большое значение, так как она тесно связана с охраной водных ресурсов, что имеет особое значение для Казахстана.

Теоретические исследования должны улучшать производственные и, следовательно, экономические показатели предприятий. Но это возможно лишь тогда, когда научные аспекты содержат реальные прикладные решения. Проблемы складирования и утилизации растущих объёмов золошлаковых отходов будут актуальными постоянно. Хранение данных отходов сопровождается их крупномасштабным воздействием на окружающую среду, выражается в отчуждении земель и загрязнении воздуха, подземных и поверхностных вод.

Промышленные испытания

Технологические циклы крупных промышленных предприятий горного, горно-металлургического комплексов включают в себя добычу и обогащение полезных ископаемых, выпуск кокса, производство чугуна и стали, цветных металлов. Все процессы неразрывно связаны с использованием природного богатства – воды. Водооборотные циклы предприятий непрерывно модернизируют, с целью минимизации потребления свежей воды «извне». Многократное использование технических оборотных вод ведёт к накоплению как взвешенных так растворенных ингредиентов, что ухудшает эффективность основных

процессов. Следовательно, необходимо непрерывно внедрять новейшие технологии сгущения и осаждения твёрдых веществ, осветление оборотных вод.

Обслуживание системы предполагает обеспечение работы радиальных сгустителей, насосного хозяйства, трубопроводов и др. Сложность обслуживания усугубляется широким диапазоном температур окружающей среды: от $+40^{\circ}\text{C}$ до -40°C . Существенную проблему общей схемы составляет обеспечение технического состояния и эксплуатация комплекса наружных отстойников и их трубопроводов. С учётом больших потерь и низкой эффективности системы осветления в наружных отстойниках постоянно требуется большие объёмы пополнения воды в цикле газоочисток. Кроме прочего со шламами уносится значительный объём железосодержащего материала - более 61100 т/год с содержанием общего железа в пределах до 45%, что при использовании эффективных технологий улавливания и обогащения может быть возвращено в производственный цикл.

Основные процессы в системе осветления технических вод сопровождаются взаимодействием фаз [1, 2] и сводятся к разделению по крупности d и плотности ρ (при абстрагированном рассмотрении). Даже тот факт, что при добавлении флокулянтов в роль вступают сложные физико-химические процессы, принципиально не изменяет конечный результат, так как наиболее целесообразным способом увеличения скорости осаждения является увеличение диаметра частиц с помощью образования их агрегатов при коагуляции или флокуляции. В основном флокулянты представляют собой анионные или катионные реагенты, являющиеся производными хорошо известного полиакриламида. Исследования направлены на снижение стоимости соединений и необходимого их расхода.

Анализ вещественного состава шлама представительного металлургического предприятия показал, что в нем преобладают соединения железа. Максимальное содержание окисла железа FeO 83.3% и общего железа Fe 68% сосредоточено в классе крупности 0.16-0.315 мм, кремнезема SiO_2 6.5% - в классе 0.315-0.63 мм. Класс крупности 0.63-1.0 мм характеризуется наибольшим со-

держанием CaO 28.2%, MgO 7.25%, MnO 1.5%, P 0.65%, Zn 1.2%. Максимальное содержание свинца Pb 0.068% и Al₂O₃ 0.86% зарегистрировано в классе более 1 мм, содержание железа здесь составляет 42-43%.

Таблица 1 – Результаты предварительных испытаний реагента Flopam SNF

Ингредиенты	Единицы измерения	Без флокулянта					С флокулянтом Flopam SNF			
		1	4	5	6	9	2	3	7	8
№ точки отбора										
Взвешенные вещества	мг/дм ³	238	5722	1789	174	5120	14	12	32	61
Карбонаты	мг-экв/дм ³	1,6	0.3	0.6	0.6	1.6	2.6	0.4	0.6	1
Гидрокарбонаты	мг-экв/дм ³	0	5.7	0	0	0	0	0	2.2	0
Гидраты	мг-экв/дм ³	15.6	0	14.6	11	34.6	43.5	15.4	0	15.7
Щёлочность общая	мг-экв/дм ³	7.2	6.3	15.8	12.2	37.8	46.1	15.8	3.4	17.7
Кальций	мг-экв/дм ³	16.0	5.8	17.7	11.2	43.3	42.8	17.7	4.4	14.0
Магний	мг-экв/дм ³	0.4	2.5	0	3.5	0	0	0.8	3.0	5.0
Жёсткость общая	мг-экв/дм ³	16.4	8.3	17.7	14.7	43.3	42.8	18.5	7.4	19
Хлориды	мг/дм ³	349	346	346	328	269	357	347	232	315
Сульфаты	мг/дм ³	277	273	270	316	219	238	294	338	298

Предлагаемые технологические решения предусматривают операции воздействия на пульпу флокулянтами на основе полиакриламида (ПАА). Флокулянты способствуют образованию флокул, размер которых в десятки раз превышает размер первичных частиц [3]. Данный эффект приводит к улучшению действия векторной составляющей силы гравитации и ускорению осаждения в придонную часть транспортного желоба. На этом эффекте разработана технологическая часть улавливания и обезвоживания твёрдых частиц с одновременным высвобождением до 80% осветлённой оборотной воды. 20% пульпы подвергается сгущению по классическим схемам, адаптированным под реальные условия на основе регламента технологических операций.

Предприятие должно располагать необходимой компетенцией и опытом в вопросе очистки оборотных вод с применением современных технологических

решений и в управлении участками мокрых газоочисток доменных и кислородно-конверторных производств, водооборотных циклов заводов цветной металлургии, обогатительных фабрик с последующей их реконструкцией и модернизацией [4]. На примере только одного представительного предприятия это позволит обеспечить получение на месте объёма до 20 млн. м³/год технической воды без необходимости её осветления на наружных отстойниках, а также получение на месте до 35 тыс. тонн металлосодержащего материала с характеристиками, приемлемыми для повторного металлургического передела. Такое же количество будет выведено из общего объёма складирования твёрдой фазы на наружных отстойниках. Внедрение изменений приведёт к существенному снижению объёма шлама, перекачиваемого на внешние отстойники, что обеспечит снижение энерго- и эксплуатационных затрат данного участка. При этом обеспечивается рациональное использование природных ресурсов и условия для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Список литературы

1. Nazimko L.I., Garkovenko E.E., Corchevsky A.N., Druts I.N. (2006). Kinetics of Phases Interaction during Mineral Processing Simulation. XV International Congress of Coal Preparation (pp. 785-798). China, Beighing.
2. Garkovenko E.E., Nazimko L.I., Bukin S.L., Korchevskyi A.N., Garin U.M., Parhomenko A.V., Sholda R.A. (2011). Application of vibration technology with a biharmonic mode of oscillation during coal preparation. Coal of Ukraine, 5(653), 41-44.
3. Nazimko L.I., Korchevskyi A.N., Rozanov Yu.A., Martianov S.V. (2013). Simulation of coal separation and dehydration processes. XVII International Congress of Coal Preparation (pp. 495-501). Turkey, Istanbul.
4. Reznichenko G.L., Polulyakh A.D., Korchevskyi A.N., Ereemeev I.V. Experience of warehousing of watery and jellied waste of coal preperation. Sankt-Peterburg, 2016.

УДК 622.794

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ОБОГАТИМОСТИ УГЛЯ «Т» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ

Воронов А. Н., инженер, начальник углехимической лаборатории, ГУП ЛНР
«ЛНИПКИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ», г. Луганск, ЛНР,

Корчевский А. Н., зав. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент.

+380713319816, korcheval737@gmail.com

Аннотация. При нормировании качества товарной продукции углеобога- тительных фабрик засорение продуктов обогащения определяется в соответст- вии с показателем «Т», то есть увеличивается с его ростом. Так, засорение лёг- ких фракций при обогащении мелкого машинного класса крупностью 1-13 мм составляет для лёгкой категории ($T < 5\%$) обогатимости угля - 1,5%, для очень тяжёлой ($T \geq 15\%$) - 3%, то есть увеличено в 2 раза. Можно предположить: если показатель $T = 45\%$, тогда содержание лёгких фракций в отходах также увели- чится в 2 раза и составит уже 6%.

Ключевые слова: Обогатимость, концентрат, фракция, класс, уголь, ка- чество, рядовой, плотность, крупность.

Annotation. When rationing the quality of commercial products of coal prepa- ration plants, the clogging of enrichment products is determined in accordance with the indicator "T", that is, increases with its growth. So, the clogging of light fractions when enriching a small machine class with a particle size of 1–13 mm is 1.5% for a light category ($T < 5\%$) of coal enrichment, 3% for very heavy ($T \geq 15\%$), i.e. 2 times. It can be assumed: if the indicator $T = 45\%$, then the content of light fractions in the waste will also increase by 2 times and will be already 6%.

Key words: Concentration, concentrate, fraction, class, coal, quality, ordinary, density, size.

Постановка задачи

В соответствии с ГОСТ 10100-84 [1] категория обогатимости рядового угля определяется по показателю «Т»:

$$T = \frac{\gamma_{\text{пп}}}{100 - \gamma_{\text{п}}} 100\%, \quad (1)$$

где: $\gamma_{\text{пп}}$ и $\gamma_{\text{п}}$ – выход соответственно промпродуктовых (1500 – 1800 кг/м³ для каменного угля и 1800 – 2000 кг/м³ для антрацита) и породных (>1800 кг/м³ и >2000 кг/м³) фракций, %.

Согласно анализа уравнения следует, что величина показатель «Т» определяется значениями $\gamma_{\text{пп}}$ и $\gamma_{\text{п}}$: чем больше $\gamma_{\text{пп}}$ (при $\gamma_{\text{п}} = \text{const}$) или $\gamma_{\text{п}}$ (при $\gamma_{\text{пп}} = \text{const}$), тем больше показатель «Т» и тяжелее категория обогатимости рядового угля (таблица 1).

Таблица 1 - Категории обогатимости в соответствии с ГОСТ 10100-84

Показатель «Т», %	0...<5	5...<10	10...<15	≥15
Категория обогатимости в соответствии с ГОСТ 10100-84	Легкая	Средняя	Тяжелая	Очень тяжелая

В таблице 1 видно, что обогатимость угля характеризуется четырьмя категориями и, что после $T = 15\%$ трудность его обогащения с ростом «Т» остается постоянной. Последнее не соответствует действительности.

Рассмотрим факторы, что влияют на значение «Т».

На рис. 1 и 2 приведены зависимости показателей обогатимости «Т» от содержания промпродукта $\gamma_{\text{пп}}$ и породы $\gamma_{\text{п}}$ в рядовом угле.

Из рис. 1 следует, что при увеличении содержания промпродукта в рядовом угле в 2 раза (при постоянном количестве породы) показатель «Т» также увеличивается в 2 раза, то есть пропорционально. При увеличении содержания породы в рядовом угле в 2 раза (рисунок 2) показатель «Т» увеличивается не

равномерно: при увеличении содержания породы с 5 до 10% показатель T повышается в 1,12 раза, с 10 до 20% - в 1,3 раза, а с 20 до 40% - в 1,5 раза. Следовательно, показатель « T » больше зависит от содержания в рядовом угле промпродукта и меньше от содержания породы.

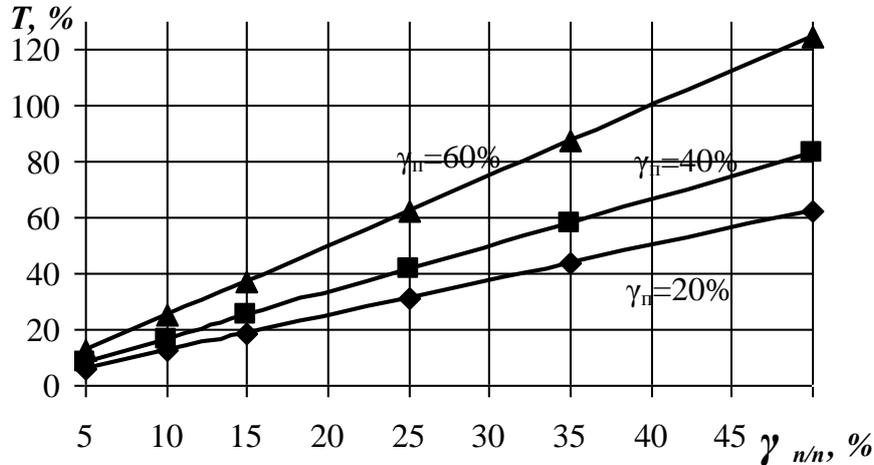


Рисунок 1 - Зависимость показателя обогатимости от содержания промпродукта в рядовом угле

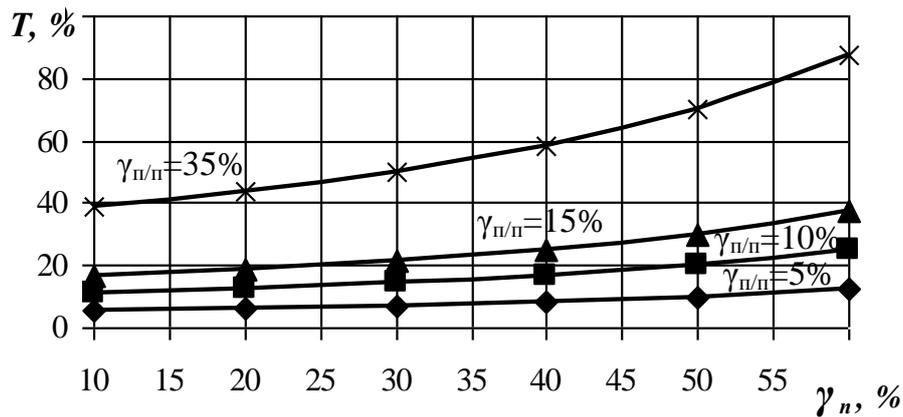


Рисунок 2 - Зависимость показателя обогатимости от содержания породы в рядовом угле

При нормировании качества товарной продукции углеобогатительных фабрик засорение продуктов обогащения определяется в соответствии с показателем « T », то есть увеличивается с его ростом [2]. Так, засорение лёгких фракций при обогащении мелкого машинного класса крупностью 1-13 мм составля-

ет для лёгкой категории ($T < 5\%$) обогатимости угля - 1,5%, для очень тяжёлой ($T \geq 15\%$) - 3%, то есть увеличено в 2 раза. Можно предположить: если показатель $T = 45\%$, тогда содержание лёгких фракций в отходах также увеличится в 2 раза и составит уже 6%.

Рядовой уголь, что поступает на обогатительные фабрики, может иметь показатель обогатимости $T \geq 45\%$. В таблице 2 приведены наиболее характерные категории обогатимости рядового угля ГП «Львовуголь», что содержат сапропелит, плотность которого соответствует плотности промпродукта, то есть 1500...1800 кг/м³ [3].

Таблица 2 - Категории обогащения угля, который содержит сапропелит

Показатели	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2007 г.
Шахта «Великомостовская»				
Зольность рядового угля, %	46,4	50,8	51,6	50,6
Выход класса +25 мм, %, в т.ч. сапропелит, %	28,56 11,86	29,86 18,23	34,9 23,92	30,67 17,83
Категория обогатимости класса +13 мм	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая
Показатель T , %	53,1	83,6	79,6	83,4
Категория обогатимости класса 1-13 мм	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая	Очень тяжёлая
Показатель T , %	28,6	32,9	30,7	22,5
Шахта «Межиричанская»				
Зольность рядового угля, %	54,6	45,0	47,1	55,2
Выход класса +25 мм, %, в т.ч. сапропелит, %	34,93 18,09	21,33 11,48	20,41 7,41	27,15 17,51
Категория обогатимости класса +13 мм	Очень тяжёлая	Тяжёлая	Тяжёлая	Очень тяжёлая
Показатель T , %	79,0	12,4	14,1	59,5
Категория обогатимости класса 1-13 мм	Очень тяжёлая	Средняя	Средняя	Очень тяжёлая
Показатель T , %	23,2	6,8	9,3	16,2

Показатель T для крупного машинного класса угля некоторых шахт находятся в пределах от 53,1...83,6% до 10,5...40,3%. Для мелкого машинного класса диапазон показателя T для указанных шахт составляет соответственно

22,5...32,9%; 6,8...23,3%; 3,3...21,8%; 1,8...23,3%. Полученные результаты подтверждают, что показатель обогатимости T может иметь значения, которые существенно превышают величины, установленные в СОУ [4].

Выполненными исследованиями, на ЦОФ «Червоноградская» [3, 5] установлено, что засорение продуктов обогащения крупного (тяжелосредняя сепарация) и мелкого (гидравлическая отсадка) машинных классов зависит от содержания сапропелита (который определяет показатель T). В таблице 3 приведены эти показатели.

Таким образом, при расчёте качественно-количественных показателей обогащения рядового угля необходимо учитывать категорию его обогащения, при этом их количество необходимо увеличивать (например, на 3) в сравнении с ГОСТ 10100-84, соответственно за ростом показателя T .

Новая классификация категории обогатимости рядового угля, соответственно [7; 8; 9], приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Новая классификация категории обогатимости угля по [10]

Показатель T , %	0 <5	5 <10	10 <15	15 <25	25 <40	40 <60	60 <85	85-100
Категория обогатимости	Легкая	Средняя	Тяжелая	Очень тяжелая	Сверхтяжелая № 1	Сверхтяжелая №2	Сверхтяжелая № 3	Сверхтяжелая № 4

Целесообразность такого направления подтверждается классификацией Берга [11], который использовал 5 категорий обогатимости: легкая ($T = 0-7$), средняя ($T = 7-10$), трудная ($T = 10-15$), очень трудная ($T = 15-25$) и сверхтрудная ($T = 25-55$).

Кроме влияния на эффективность обогащения, категории обогащения также влияют на необходимость изменения нагрузки обогатительных машин. Так, по данным, которые наведены в таблице 4 [12], нагрузку на отсадочные машины с ростом показателя T необходимо уменьшать.

Таблица 4 - Влияние обогатимости рядового угля на продуктивность отсадочных машин

Категория обогатимости	Класс крупности, мм	Производительность, т/ч			
		МО-424	МО-318	МО-312	13×Гд-6,0×1
Легкая	0,5-13	420	310	210	180
	13-150	480	360	240	180
	0,5-150	650	500	320	180
Средняя	0,5-13	330	250	165	130
	13-150	360	270	180	130
	0,5-150	480	360	240	130
Тяжелая	0,5-13	280	210	140	90
	13-150	320	240	160	90
	0,5-150	430	330	220	90

Таким образом, показатели взаимозасорения продуктов обогащения по вновь введенным категориям обогатимости рекомендуется установить по их фактическим значениям в технологических процессах на действующих угле-обогатительных предприятиях.

Список литературы

1. ГОСТ 10100-84. Угли каменные и антрацит. Метод определения обогатимости. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
2. Полулях А.Д. Практикум по расчету норм показателей качества угля, добываемого шахтами: Учебн. пособие / А.Д. Полулях, Д.А. Полулях. – Д.: Национальный горный университет, 2016. – 144 с.
3. Полулях А.Д. Влияние сапропелита на показатели обогащения крупного машинного класса рядовых углей шахт ГП «Львовуголь» на ЦОФ «Червоноградская» / А.Д. Полулях, О.В. Моисеенко, В.Ф. Нелепов и др. // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – 2007. – Вип. 31(72). – С. 20-25.
4. Полулях А.Д. Практикум по технолого-экологическому инжинирингу при обогащении полезных ископаемых: Учебн. пособие / А.Д. Полулях. П.И.

Пилов, А.И. Егурнов, Д.А. Полулях. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 90 с.

5. Полулях А.Д. Влияние сапропелита на показатели обогащения мелкого машинного класса рядовых углей шахт ГП «Львовуголь» на ЦОФ «Червоноградская» / А.Д. Полулях, О.В. Моисеенко, Г.Е. Гуртовая и др. // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 32(73). – С. 40-45.

6. Артюшин Н.А. Сборник задач по обогащению угля / Н.А. Артюшин. – М.: Недра, 1968. – 223 с.

7. Полулях А.Д. О необходимости увеличения количества категорий обогатимости углей / А.Д. Полулях, Д.А. Полулях // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. - № 44(85). – С. 13-18.

8. Полулях А.Д. О необходимости дифференциации «очень трудной» категории обогатимости / А.Д. Полулях // Материалы научно-технической конференции «Инновационные технологии обогащения минерального и технологического сырья». – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. – 2013. – С. 227-237.

9. МВ 05.1-38948621-001:2017 Методика диференціації дуже важкої категорії збагачуваності вугілля. – К.: Мінпаливенерго України, 2017. – 17 с.

10. Современное состояние и тенденции развития углеобогащения в мире (обзор) / Под. ред.. Ю.Б. Рубинштейна // Горный журнал. – 2016. - № 6. – С. 4-55.

11. Павлович В.И. Определение показателей обогащения углей / В.И. Павлович, Т.Г. Фоменко, Е.М. Погарцева. – М.: Недра, 1966. – 140 с.

12. Техника и технология обогащения углей. Справочное пособие / Под ред. В.А. Чантаурия, А.Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. – 622 с.

УДК 622.723

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗВЕСТНЯКА И ДОЛОМИТА ДОНБАССА

Курский А. В., студент группы ОПИ-14 ГОУВПО «ДОННТУ»,
Букин С. Л., проф. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент.
эл. адрес: s.bukin08@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены направления применения таких неметаллических полезных ископаемых, как известняк и доломит. Приведены требования к гранулометрическому составу металлургических известняков и доломитов.

Ключевые слова: известняк, доломит, применение, требования, гранулометрический состав.

Annotation. The directions of application of such non-metallic minerals as limestone and dolomite are considered. The requirements for the granulometric composition of metallurgical limestones and dolomites are given.

Key words: limestone, dolomite, application, requirements, particle size distribution.

Неметаллические полезные ископаемые – наиболее разнообразный по составу, свойствам и использованию класс твердых полезных ископаемых. Значение их исключительно велико, так как невозможно назвать такую отрасль, где не применялись бы неметаллические полезные ископаемые и продукты их переработки. Важное место в использовании неметаллических полезных ископаемых занимают известняки и доломиты [1].

Известняк – осадочная горная порода, состоящая главным образом из кальцита, редко из арагонита, содержащая примеси обломочного и глинистого материала, доломита и органического вещества. Обломочный материал представлен кварцем, опалом, халцедоном, пиритом, оксидами железа, глауконитом, фосфоритом и др. Структура и текстура очень разнообразны. Известняк обычно

твердый и плотный (средняя плотность $2,57 \text{ т/м}^3$, у ракушечников $1,2...1,5 \text{ т/м}^3$), пористость различна, предел прочности на сжатии 94 МПа и при растяжении 9 МПа . Химический состав чистого известняка приближается к теоретическому составу кальцита - $56,04 \% \text{ CaO}$ и $43,96 \% \text{ CO}_2$.

Доломит – карбонатная порода, состоящая главным образом из одноименного минерала с примесью кальцита, иногда гипса, ангидрита, оксидов железа, глинистого материала. Физико-механические свойства близки к известняку. Структурно-текстурные особенности разнообразны. В чистом доломите содержится $30,41 \% \text{ CaO}$, $21,86 \% \text{ MgO}$ и $47,73 \% \text{ CO}_2$.

Между доломитами и известняками существует непрерывный ряд переходных карбонатных пород. Карбонатную породу с содержанием MgO более 11% относят к доломиту.

Известняк весьма распространенная и довольно сложная по составу горная порода. Он встречается на всех материках, кроме Австралии. Мировая добыча известняков превышает 3 млрд. тонн . Украина до последнего времени полностью обеспечивала себя этим сырьем и удовлетворяла потребности металлургии России, Грузии, частично – Польши, Словакии. Основная часть запасов известняков расположена в Донецкой области. Все месторождения известняка разрабатываются открытым способом. Снижение добычи и производства известняка в СНГ в последние годы объясняется экономическим кризисом в целом и металлургической промышленности в частности. Однако требования к качеству потребляемого известняка остаются по-прежнему высокими.

Главным районом разведанных запасов флюсовых известняков Украины, является зона сочленения юго-западной части Донецкой складчатой структуры с Приазовским блоком Украинского щита [2]. Здесь сконцентрированы 38% разведанных запасов флюсовых известняков и 20% известняков доломитизированных. Продуктивной является моноклинально залегающая известняково-доломитная толща турнейского и визейского ярусов нижнего карбона мощностью до 500 м . Мощность карбонатной толщи колеблется от нескольких до 100 и больше метров. Основным поставщиком известняка для конвертерного про-

изводства является Комсомольское рудоуправление. Его сырьевая база представлена Каракубским месторождением флюсовых известняков. Действующие карьеры – «Северный», «Южный», «Жеголевский». Карьер «Дальний» полностью отработан и затоплен. Запасов Каракубского месторождения хватит до 2020 года при достигнутой мощности предприятия в 7 млн. тонн сырого известняка в год. Пополнение дефицита высококачественного флюсового сырья планируется за счёт введения в эксплуатацию Родниковского месторождения. Мощность полезного ископаемого составляет 72,4 м на Восточном участке месторождения и 90,3 м – на Западном (подсчитаны запасы до горизонта – 7 м).

Известняк используется во многих отраслях производства (табл. 1):

- в химической промышленности – для производства соды, минеральных удобрений, карбида кальция, очистки нефтепродуктов;
- сахарной отрасли – для очистки сахара;
- стекольной промышленности – для производства термически устойчивого стекла;
- в строительстве – в качестве материалов для изготовления цемента, облицовочного камня, изготовления извести;
- черной металлургии – как флюсующая добавка при выплавке рудного материала с целью образования легкоплавких шлаков.

Таблица 1 - Требования отраслей промышленности к качеству известняков

Качественные показатели известняков, %	Доменное производство	Металлургическая промышленность	Сталеплавильная и ферросплавная пром-сть	Производство строительной извести	Производство цемента
CaO	52,7	50,0	51,0	47,6	45,0
MgO	1,2	3,5	51,0	3,36	2,0-4,0
SiO ₂	2,5	4,0	-	8,0	-
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	0,47	3,0	-	3,0	-
S*10-2	5,6	3,5	-	-	7,0-13,3
P*10-3	3,0	6,0	-	-	20,0-44,0

Большая часть добываемого флюсового известняка потребляется в черной металлургии в следующих переделах - агломерационном, доменном и сталеплавильном. Флюсовый известняк - один из важнейших компонентов в процессе металлургического производства. Флюсы являются обязательным ингредиентом для производства агломерата, необходимы для работы доменных печей. Известняк также обжигают на известь для конверторного производства.

В качестве флюса обычно выбирают материал с противоположными свойствами по отношению к пустым породам, находящимся в рудах. Применяется в качестве флюса при производстве чугуна, стали и ферросплавов для извлечения и перевода в шлаки балластных (кремнезем и глинозем) и вредных (фосфор и сера) примесей руды и золы топлива. В доменном производстве используются известняки, доломитовые известняки и доломиты, в сталеплавильном и ферросплавном – известняки и известь. В связи с тем, что мартеновское производство стали все больше заменяется конвертерным, потребность в известняках с низким содержанием примесей, пригодных для выпуска конвертерной извести, увеличивается. Для производства флюсов наиболее пригодны мелкозернистые, малопористые, относительно крепкие известняки.

Доломиты в металлургии применяются также как огнеупорный материал (в сыром и обожжённом виде).

Флюсовые известняки получают путем добычи, дробления и обогащения карбонатного сырья. В зависимости от химического и фракционного состава их разделяют по маркам и сортам.

В цветной металлургии известняк и известь используются в качестве флюса и технологического сырья (например, при получении металлического магния в результате восстановления магния ферросилицием). На медеплавильных предприятиях известняк – это флюс при плавке руды, а известь – основа для получения известкового молока, применяемого при флотации. Известняки и известь используют также при выплавке и обогащении никелевых (окисленных), свинцовых, сурьмяных и оловянных руд, при рафинировании цветных металлов и цианировании золота и серебра.

Чистые известняки требуются для получения термическим способом металлического кальция, который используется в производстве различных сплавов и как восстановитель при изготовлении высококачественных тугоплавких металлов.

В производстве металлического магния из рассолов соляных озёр известняки применяются для приготовления известкового молока, используемого для получения гидроксида магния, который после прокаливания и получения MgO хлорируется, а безводный хлористый магний подвергается электролизу.

В химической промышленности в большом количестве применяются известняк и мел. До 80 % добытого сырья идет на производство кальцинированной соды, являющейся исходным продуктом для получения соды кристаллической, питьевой и каустической. В меньших масштабах известняки используются в химической промышленности для получения карбида кальция, хлористого кальция, бората кальция, хлорной извести, химически осаждённого мела, кормового преципитата, при производстве резины, суперфосфата, азотных удобрений, гидроксида кальция и т. д.

В сельском хозяйстве известняк, доломит, реже мел и мергель используются для известкования кислых почв, а также известняк и мел – в качестве минеральной подкормки сельскохозяйственных животных и птиц. Известняковая мука используется как минеральная добавка в комбикормах и для подкормки сельскохозяйственных животных и птиц. Мука восполняет недостаток карбоната кальция, который необходим для построения скелета, скорлупы яиц, клюва и когтей. Карбонатная подкормка улучшает рост животных и птиц, повышает их привес и продуктивность. Для этих целей пригодны маломagneзиальный известняк, мел и морская ракушка, которые применяются в виде известняковой или меловой муки, крошки и ракушечной крупки.

В стекольном производстве используются преимущественно доломит и меньше известняк, мрамор и мел. Оксид магния повышает химическую устойчивость и механическую прочность стекла, понижает его способность к кри-

сталлизации, увеличивает прозрачность, уменьшает коэффициент расширения, снижает рабочую температуру при формовке.

Оксид кальция придаёт стеклу термическую стойкость и устойчивость против воздействия химических реагентов и выветривания, но одновременно повышает склонность стекла к кристаллизации.

В производстве стекла используются чистые однородные известняки и доломиты, имеющие постоянный химический состав и содержащие минимальное количество примесей. Особенно жестко лимитируется содержание оксидов железа, которые окрашивают стекло в зеленый, бурый, желтый и красноватый тона.

В производстве сахара используют известь и углекислый газ, получаемые в результате обжига известняка. Из извести готовят известковое молоко, которым очищают горячий свекловичный сок от растворимых в воде примесей (белковых частиц, фосфорной и щавелевой кислот и др.). После этого в сатураторах раствор сока насыщается углекислым газом с целью удаления из него излишней свободной извести. В результате сатурации образуется тонкозернистый порошок CaCO_3 , активно поглощающий из сока оставшиеся органические вещества и выводящий их в осадок. Затем свекловичный сок для лучшей очистки подвергается повторной сатурации.

В целлюлозно-бумажной промышленности при производстве целлюлозы используются известняк и известь, в гидролизных процессах и в качестве наполнителя бумаги – известняк и мел. Известняк применяется также для отбеливания целлюлозы. При производстве обёрточной бумаги и картона известковое молоко может заменять щёлочь. Требования к качеству известняка и мела для целлюлозно-бумажной промышленности существенно изменяются в зависимости от технологии производства.

В резинотехнической, кабельной, лакокрасочной, полимерной промышленности используется мел как наполнитель. Взамен природного мела в этих отраслях, а также в парфюмерно-косметической, медицинской и электронной применяется и химически осаждённый мел, который получают путем карбони-

зации известкового молока диоксидом углерода. Для производства наполнителя используется также тонкомолотый известняк, в качестве наполнителей лаков и красок может использоваться и доломит. Основными требованиями к известняку и мелу как сырью для наполнителя являются белизна, малое количество нерастворимого остатка, почти полное отсутствие марганца, меди, щелочей и высокое содержание кальцита.

Мел как наполнитель наиболее широко применяется при производстве резины, а также при получении кожзаменителей, клеёнки, линолеума.

Для получения минеральной ваты можно применять известняк, мел, мергель и доломит. Предпочтительнее доломит, особенно глинистый. Шихта обычно двухкомпонентная и состоит из смеси карбонатной породы и глины.

Среди других направлений использования карбонатных пород следует отметить:

- применение известняка и мела в нефтяной промышленности в качестве утяжелителя промывочных жидкостей и мела как частичного заменителя в них глины;
- использование доломитовой муки или обожжённого доломита (абразива) для полирования стекла, никеля, бронзы, меди и других материалов;
- применение мела в покрытиях электродов для электродуговой сварки;
- использование доломита в фарфоро-фаянсовом производстве, в шихте для получения глазурей и в электрокерамическом производстве для изготовления глазурей, применяемых для покрытия изоляторов.

ГП «Докучаевский флюсо-доломитной комбинат» («ДФДК») — одно из крупнейших горно-обогатительных предприятий СНГ по добыче и обработке флюсовых известняков и доломитов, крупнейший производитель обожжённого металлургического доломита и единственный в Украине комбинат по производству порошков для конвертерных огнеупоров. Годовая производственная мощность комбината составляет 9,2 млн. тонн сырья, 7,65 млн. тонн готовой продукции. Ранее ОАО «Докучаевский флюсо-доломитной комбинат» входил в Горнорудный дивизион Группы Метинвест.

На дробильно-обогащительных фабриках «ДФДК» перерабатываются известняки обычные и доломитизированные, а также доломиты Еленовского и Стыльского месторождений. Разрабатываются месторождения четырьмя карьерами «Центральный», «Доломитный», «Восточный» и «Стыльский».

Основной продукцией ГП «ДФДК» являются флюсовый известняк и доломиты следующих марок [3-6]:

- Ч-1, Ч-2, ЧДУ-1, ЧДУ-2 – флюсовый известняк, предназначенный для доменного производства;
- Ф-1, Ф-2 – флюсовый известняк, который используется для ферросплавного производства;
- С-1, С-2 – флюсовый известняк, который применяется для сталеплавильного производства;
- КДУ-1, КДУ-2 – флюсовый известняк, который используется для конвертерного производства стали;
- ИС – флюсовый известняк, предназначенный для производства извести для сахарной промышленности;
- Т-1, Т-2 – для производства технологической извести в цементной и других отраслях промышленности.
- ДСМ-1, ДСМ-2 - доломит сырой металлургический применяется для обжига на металлургический доломит и для заправки двухванных и мартеновских печей;
- ДФ-1, ДФ-2 - доломит флюсовый предназначен для использования в черной металлургии в качестве флюса, а также для подсыпки порогов мартеновских и двухванных печей;
- ДМ-1, ДМ-2 - доломит маложелезистый предназначен для использования в металлургической и других отраслях промышленности;
- ДОМ-1, ДОМ-2, ДОМ-5 - доломит обожжённый металлургический, полученный путём высокотемпературного обжига сырого доломита во вращающихся и шахтных печах, предназначен для ремонта и заправки сталеплавильных печей;

- ОДФ-К, ОДФ-Д - флюс доломитовый ожелезненный предназначен для использования в качестве флюса в черной металлургии;

- доломитовая мука полуобожжённая предназначена для использования в чёрной металлургии, других отраслях промышленности и в производстве асфальтовых смесей.

Особо жёсткие требования предъявляются к известняку, предназначенному для производства извести, применяемой при выплавке конвертируемой стали и спецсталей. Технические условия на известняки, предназначенные для выплавки мартеновских, томасовских, литейных чугунов и доменных ферросплавов, устанавливаются высокое содержание карбоната. Для известняков, используемых при выплавке высококачественных чугунов, предусматривают не только ограничения по содержанию кремнезема, но по содержанию серы и фосфора.

Достаточно жёсткие требования предъявляются и к гранулометрическому составу продукции из известняков и доломитов, приведенные в табл. 2.

Таблица 2 – Требования к гранулометрическому составу

Марка	Крупность куска (класс), мм	Допускаемое содержание кусков крупностью, %, не более	
		ниже нижнего предела	выше верхнего предела
Ч-1, Ч-2, ЧДУ-1, ЧДУ-2, Т-1, Т-2	0-5; 5-20; 5-25	-	20
Ч-1, Ч-2, ЧДУ-1, ЧДУ-2, Т-1, Т-2	15-40; 20-50; 40-80	15	20
С-1, С-2, КДУ-1, КДУ-2, Ф-1, Ф-2	15-40; 20-50; 40-80; 80-130	10	20
Т-1, Т-2	40-80; 80-130	10	20
ИС	40-80; 80-150	10	20
ДФ-1, ДФ-2	20-40	10	20
ДМ-1, ДМ-2	5-25	15	20
	20-50	10	20
ДОМ-1, ДОМ-2	2-20	3	5
ДОМ-5	0,3-4	7	10
ОДФ-К	5-40	7	10
ДМП	0-1	-	10

Список литературы

1. Ляхов Г.М. Нерудные ископаемые: известняки, глины, обломочные горные породы. - М.: М-во про-сти стройматериалов РСФСР, 1948. 120 с.
2. Волкова Т.П., Рогаченко А.М. Исследование качества известняков с целью оптимизации отработки Родниковского месторождения / Наукові праці ДонНТУ. – Донецк, 2010.
3. Технические характеристики «Известняк флюсовый» (ТУ У 14.1-00192856-005-2003): <http://dfdk.ru/shop/>
4. Технические характеристики «Доломит флюсовый» (ТУ У 14.1-00191856-008:2007): <http://dfdk.ru/cart/>
5. Технические характеристики «Доломит сырой металлургический» (ГСТУ 322-14-006-97): <http://dfdk.ru/checkout/>
6. Технические характеристики «Доломит маложелезистый» (ТУ У 14.1-00191856-007:2005): <http://dfdk.ru/>

УДК 622.723

ФЛОКУЛЯНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОСВЕТЛЕНИЯ ШЛАМОВЫХ ВОД УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Кузнецов С. Г., студент группы ГЭМ-15 ГОУВПО «ДОННТУ»,
Букин С. Л., проф. каф. ОПИ, ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н. доцент.
эл. адрес: s.bukin08@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены основные виды флокулянтов для осветления шламовых вод углебогатительных фабрик, выпускаемые в РФ и других странах. Определено основное направление повышения эффективности очистки шламовых вод.

Ключевые слова: коагулянт, флокулянт, шламовые воды, углеобогащительная фабрика, повышение, эффективность, коагулирующе-флокулирующие композиции.

Annotation. The main types of flocculants for clarification of sludge waters of coal preparation plants produced in the Russian Federation and other countries are considered. The main direction of increasing the efficiency of sludge water treatment has been determined.

Key words: coagulant, flocculant, slurry water, coal preparation plant, increase, efficiency, coagulating-flocculating compositions.

Обогащение полезных ископаемых в водной среде приводит к получению сильно обводнённых продуктов разделения, поэтому перед дальнейшим использованием они должны быть обезвожены, то есть снизить содержание влаги в продуктах обогащения. Одной из операций обезвоживания является операция сгущения - процесс обезвоживания обводнённых тонкозернистых продуктов путём осаждения твердых частиц и выделения жидкой фазы в виде осветлённого слива [1-4]. В результате сгущения получают осветлённую воду, возвращаемую в процессы обогащения, и сгущённый продукт, который подвергается дальнейшей переработке или складированию.

Осаждение твёрдых частиц происходит под действием силы тяжести, центробежных сил, магнитного поля. Например, в гравитационном поле верхние слои пульпы осветляются (освобождаются от твёрдой фазы), а твёрдые частицы сосредотачиваются в нижних слоях и уплотняются. Самые тонкие частицы оседают медленно вследствие малой скорости падения и одноимённого электрического заряда, вызывающего отталкивание частиц. Для ускорения осаждения частиц применяют специальные реагенты, благодаря чему твёрдые частицы быстрее оседают отдельно или в виде агрегатов (флокул). Образование агрегатов осуществляется на основе применения коагулянтов и флокулянтов.

Коагулянты нейтрализуют электрические заряды тонких частиц и, за счёт сил молекулярного и дипольного взаимодействия, происходит их агрегатива-

ние. В качестве коагулянтов применяют известь, квасцы, хлорид кальция и др. Флокулянт, адсорбируясь на частицах, способствует образованию механических связей между ними и, как следствие, флокул. Применение флокулянтов более эффективно, т.к. интенсифицирует процесс осаждения в 4...6 раз. Стужеению подвергают пульпы с различной крупностью твёрдых частиц.

Основными типами флокулянтов являются флокулянты природного происхождения и неорганические полимеры.

Флокулянты природного происхождения

Первоначально для целей флокуляции применялись природные высокомолекулярные соединения, история использования которых уходит вглубь веков. Так, ещё за 2000 лет до нашей эры в Индии вытяжки из некоторых растений использовали для очистки воды, а в древней Греции применяли яичный белок - для осветления вин [5-7]. Интенсивное использование флокулянтов началось с 50-х годов прошлого века, после того как Ла Мер в США предложил картофельный крахмал для ускорения седиментации и обезвоживания шламов уранового производства и обогащения фосфорсодержащих руд [4].

К флокулянтам природного происхождения относятся:

- крахмал и его производные (крахмал состоит из двух полимерных углеводов - линейного полимера амилозы и разветвлённого амилопектина);
- декстрин – это крахмал с уменьшенным содержанием амилозы, имеющий макромолекулы меньших размеров. Получается обработкой крахмала кислотой;
- альгинат натрия, который представляет собой соль полиальгиновой кислоты. Его готовят из высушенных морских водорослей *Laminaria*, *Cystosira barbara* и других обработкой карбонатом натрия;
- производные целлюлозы, среди которых наиболее распространена натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ);
- гуаровые смолы, получаемые экстракцией семян бобового растения *Cyamopsis psoraliadis* в виде белого или серого порошка;

- хитозан, получаемый путём щелочного дезацетилирования природного полисахарида хитина при высоких температурах.

Природные высокомолекулярные соединения в последнее время являются предметом активных научных исследований, поскольку находят применение в водоочистке, биотехнологии, пищевой и фармацевтической промышленности. Это определяется в первую очередь разнообразием свойств таких соединений: растворимостью в полярных растворителях, способностью к адсорбции, флокуляции и стабилизации дисперсных систем, экологической безопасностью, невысокой стоимостью [9].

Неорганические полимеры

Наиболее распространённый неорганический флокулянт - активная кремниевая кислота (АК), получаемая путем конденсации низкомолекулярных кремниевых кислот или их труднорастворимых солей. АК представляет собой анионный полиэлектролит. В большинстве случаев сырьем для получения АК является жидкое стекло - водный раствор силиката натрия.

Синтетические высокомолекулярные флокулянты

Синтетические высокомолекулярные флокулянты (ВМФ) получили гораздо более широкое применение, чем флокулянты природного происхождения. Введением в них различных заместителей и функциональных групп легче варьировать их химический состав, пространственную структуру и заряд, а, следовательно, и флокулирующую способность по отношению к конкретным дисперсиям. Их производство, как правило, обходится дешевле, чем выделение флокулянтов из природного сырья.

Для удобства рассмотрения синтетические ВМФ часто подразделяют на неионные, анионные и катионные соединения.

Наиболее распространённым и эффективным неионным флокулянтом является полиэтиленоксид (в технической литературе – полиоксиэтилен). Различают неионные (неионогенные) флокулянты и флокулянты-полиэлектролиты. В полиэлектролитах макромолекулы содержат группы, обладающие кислотными или основными свойствами: $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$, $-\text{PO}(\text{OH})_2$, $-\text{NH}$, $-\text{NR}_2$ и др. В за-

зависимости от характера этих групп полиэлектролиты представляют собой сильные или слабые кислоты и основания или их соли.

Таким образом, в зависимости от природы ионогенных групп различают анионные и катионные флокулянты. **Анионные флокулянты** при растворении в воде диссоциируют на отрицательно заряженный макроион и положительно заряженные низкомолекулярные катионы. **Катионные органические флокулянты** при растворении в воде диссоциируют на положительно заряженный макроион и низкомолекулярные анионы, т. е. приобретают положительный заряд.

К анионным флокулянтам относят полиакриламид, Superfloc и др.

Полиакриламид (ПАА) - наиболее известный и широко применяемый синтетический флокулянт [5-8]. Он представляет собой полимер акриламида, получаемый полимеризацией 4...9% водных растворов акриламида в окислительно-восстановительной среде в присутствии инициатора — персульфата калия или аммония, триэтаноламина и гидросульфата натрия. Разработаны также методы эмульсионной и суспензионной полимеризации водно-ацетоновых и водно-спиртовых растворов акриламида. За рубежом (США, Япония, Германия, Франция, Италия) выпускается большой ассортимент полиакриламидных флокулянтов в порошкообразном, гранулированном и гелеобразном виде под разнообразными коммерческими названиями: Сепаран, Суперфлок 16, 20 и 84, Пулифлок А-22, Магнофлок 990, 985, 971 и 860, Могул СО-983, Кей-Флок, Полифлок, Седипур, Праестол, NP-20 и т. д. Они различаются молекулярной массой, степенью гидролиза (последняя колеблется от 5 до 41 %) и содержанием основного вещества в продукте.

Флокулянт «Superfloc» (производитель «KEMIRA», Финляндия). Подходит для водоподготовки, обезвоживания осадка и очистки стоков. Серия продуктов SUPERFLOC – это высокоэффективные флокулянты со средним молекулярным весом. Они демонстрируют исключительные характеристики при разделении жидких и твёрдых фаз в широком диапазоне условий. Имеющийся ассортимент различных химических реагентов, с различным молекулярным ве-

сом и плотностями электрического заряда, позволяет подобрать химикат для любой индивидуальной аппликации [10, 11].

Катионные флокулянты

Коллоидные примеси природных и промышленных сточных вод, частицы большинства суспензий заряжены отрицательно. Поэтому наиболее эффективными регуляторами устойчивости, обычно встречающихся на практике дисперсий, являются катионные флокулянты - полиэтиленимин, четвертичные аммониевые соли на основе полистирола, полимер пиридиновой соли, Амифлок и др. [5].

Для флокуляции шламов углеобогатительных фабрик при их сгущении широкое применение получили такие флокулянты, как полиакриламид (ПАА), «Суперфлок», «Магнафлок», «Зетаг», «Бесфлок», «Праестол» и некоторые другие [12, 13].

Природные флокулянты по эффективности действия не уступают, а в ряде случаев даже превосходят синтетические [9]. Так, действие хитозана приводит к резкой потере устойчивости суспензий донных глинистых отложений (ДГО) (табл. 1) [9].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики действия флокулянтов [9]

Флокулянт	ПАА	Superfloc A100	Purofloc 920	хитозан	альгинат натрия	Без флокулянта
Время осветления суспензии каолина, с	350	190	0	130	120	700
Время осветления суспензии ДГО, с	240	120	0	0	90	630

С целью определения эффективности действия флокулянтов при осаждении камерного продукта флотационных машин в лабораторных условиях кафедры ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ» [3] было проведено тестирование гелеобразных флокулянтов «ПАА» и «Superfloc A130PWG», являющихся синтетическими анионными полимерами и различающиеся молекулярной массой и зарядом.

Причём, результаты определения скорости седиментации твёрдых частиц при использовании флокулянтов сравнивались со скоростью естественного осветления шлама. Полученные результаты свидетельствуют, что применение тестируемых флокулянтов является весьма эффективным с точки зрения формирования флокул и скорости седиментации. Наилучшие результаты при сгущении отходов флотации имеет флокулянт «Superfloc A-130 PWG» - он в 8 раз эффективнее ПАА по высоте осветления. С другой же стороны, применение этого полимера дает возможность сократить общий расход реагента без ухудшения качества осветлённой воды по содержанию в ней взвешенных частиц, что в свою очередь позволяет снизить стоимость обработки 1 м^3 суспензии для осветления шламовой воды.

В качестве перспективного направления интенсификации процесса агрегации частиц полидисперсной системы является использование смесей коагулянтов и флокулянтов. Так, в работе [6] утверждается, что дополнительное введение флокулянта после коагулянта содействует быстрому формированию крупных хлопьев, повышает плотность коагулянта и степень осветления воды. В работе [13] доказано, что комбинация органических полимеров АТЕ-1404 (анионный флокулянт) и АТЕ-1110 (катионный коагулянт) позволяет значительно интенсифицировать процесс фильтрования угольных шламов без ухудшения качества фильтрата, а также повысить экономическую эффективность обезвоживания за счёт снижения расхода реагентов и повышения производительности фильтров. Предложенная комбинация органических полимеров может быть рекомендована для промышленных условий углеобогатительных фабрик, на которых для обезвоживания тонкодисперсных угольных шламов применяют ленточные фильтр-прессы. Наиболее высокой эффективностью обладают жидкие коагулирующе-флокулирующие композиции на основе полиоксихлорида алюминия и Праестола 611 при массовом соотношении коагулянт/флокулянт, равном 1:9 [14, 15].

Технико-экономическая оценка применения коагулирующе-флокулирующих композиций по сравнению с отдельным использованием коагулянта и

флокулянта при очистке сточных вод показала, что расход реагентов сокращается в 1,5...2 раза, при одновременном и соответствующем сокращении транспортных и эксплуатационных затрат, повышается эффективность очистки воды.

Таким образом, применение технологии коагуляционно-флокуляционной очистки шламовых вод углеобогатительных фабрик Донбасса является актуальной научно-практической задачей.

Список литературы

1. Обогащение полезных ископаемых: Учебное пособие / Т.Н. Александрова, А.О. Ромашев, Н.В. Николаева. - СПб, 2014. – 145 с.
2. Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. – М.: Недра, 1983.
3. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Обогащение полезных ископаемых» (для студентов специальности «Горное дело») / Сост. С.Л. Букин. – Донецк: ДОННТУ, 2016. - 48 с.
4. Официальный сайт о химических элементах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chemicals-el.ru/chemicals-5632-1.html>. (10.12.2018).
5. Применение флокулянтов в системах водного хозяйства: Учебное пособие / В.И. Аксенов, Ю.В. Аникин, Ю.А. Галкин, И.И. Ничкова, Л.И. Ушакова, Н.С. Царев. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. - 92с.
6. Куренков В.Ф. Полиакриламидные флокулянты / В.Ф. Куренков // Соросовский образовательный журнал, №7, 1997. – С. 57-63.
7. Полиакриламид / Под. ред. В.Ф. Куренкова. – М.: Химия, 1992. – 192 с.
8. Еремеев Д.Н. Обезвоживание сгущённых тонкодисперсных угольных шламов с применением органических полимеров // Вода: химия и экология. - № 7. - 2012. - С. 23-29.
9. Тымчук А.Ф. Влияние природных и синтетических флокулянтов на седиментационную устойчивость суспензий / А. Ф. Тымчук, А. Е. Грубняк // Вісник ОНУ. Хімія. 2017. Том 22, вип. 2(62). – С. 71-81.
10. Superfloc (Суперфлок) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/s/sguschenie/> (11.12.2018).

11. Superfloc (Суперфлок) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eko-tec.ru/3884/> (10.12.2018).

12. Еремеев Д.Н. Осветление шламовых вод и сгущение отходов флотации угольных шламов с применением полимерных флокулянтов // Вода: химия и экология. - № 2. - 2012. - С. 63-66.

13. Еремеев Д.Н. Обезвоживание сгущённых тонкодисперсных угольных шламов с применением органических полимеров // Вода: химия и экология. - № 7. - 2012. - С. 23-29.

14. Гандурина Л.В. Коагулирующе-флокулирующие реагенты для очистки воды / Л.В. Гандурина, О.А. Пислегина (Пашкеева) // Вода: технология и экология. - М. - №1. - 2007. - С. 38-55.

15. Гандурина Л.В. Эффективность применения коагулирующе-флокулирующих композиций для очистки сточных вод / Л.В. Гандурина, О.А. Пислегина (Пашкеева) // Водоснабжение и санитарная техника / - М.. - 2007. - №5. - С.25-33.

УДК 624.042

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ УСТРОЙСТВА ВИБРОУДАРНОЙ ОЧИСТКИ СИТА

Букин С. Л., проф. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,

Гудинов А. В., студент группы КПОМО-13 ГОУВПО «ДОННТУ»,

Курский А. В., студент группы ОПИ-14 ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: s.bukin08@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены вибрационные грохоты, используемые для сухого грохочения мелкозернистых материалов повышенной влажности. Для этих машин разработано устройство вибрационной ударной очистки сита. Определена возможность регулирования собственной частоты колебаний устройства путём изменения длины упругой балки.

Ключевые слова: вибрационный грохот, устройство очистки сита, собственная частота, коэффициент жёсткости, длина балки.

Annotation. Vibrating screens used for dry screening of fine-grain materials high humidity are considered. For these machines, a device for vibration sieve cleaning has been developed. The possibility of adjusting the natural frequency oscillation of the device by changing the length of the elastic beam is determined.

Keywords: vibrating screen, sieve cleaning device, natural frequency, stiffness coefficient, beam length.

Одномассовые вибрационные грохоты инерционного типа ГИЛ, ГИСЛ, СМД и др. находят широкое применение при переработке известняков, доломитов и других нерудных полезных ископаемых естественной влажности. Эти машины имеют достаточно высокие показатели работы при разделении на крупные и средние классы сырья. Однако грохочение влажных материалов сухим способом по граничной крупности менее 13 мм затруднено из-за залипания просеивающей поверхности.

Решить эту проблему взялись преподаватели и студенты ДонНТУ, разработавшие устройство виброударной очистки просеивающей поверхности вибрационного грохота [1-2].

Известно, что большинство одномассовых инерционных вибромашин работают в далекозарезонансном режиме - когда рабочая угловая скорость вращения вибровозбудителя превышает собственную частоту колебаний виброгрохота не менее чем в четыре раза. В табл. 1 приведены значения амплитуд и частот колебаний вибрационных грохотов (рис. 1), применяемых на операциях сухого грохочения «Докучаевского флюсо-доломитного комбината» («ДФДК»).

При использовании виброударного устройства очистки просеивающей поверхности (рис. 2), необходимо обеспечить требуемые значения амплитуды колебания очищающих бил. Прежде чем приступить к изготовлению промышленного образца и его испытаниям, целесообразно осуществить моделирование колебательного процесса на ЭВМ и в лабораторных условиях.

Таблица 1 – Значения амплитуд и частот колебаний виброгрохотов, используемых на операции сухого отсева на мелкие классы доломита и известняка на «ДФДК»

Модель грохота	Граничная крупность, мм	Амплитуда колебаний, мм	Рабочая частота колебаний	
			Гц	кол/мин
ГИЛ-42, ГИЛ-52	5; 10; 12	не более 3,2 3,0-4,5	16	960
ГУП-2К	5; 10	н/д	н/д	н/д
ГИСЛ-62У	6; 8; 10; 13	5,2...7,5	12,2	750
ГИСЛ-61У	5	3,6...4,5	16,2	1000
СМД-121 (ГИС-52)	5	3,2; 3,9; 4,5	16,2	1000

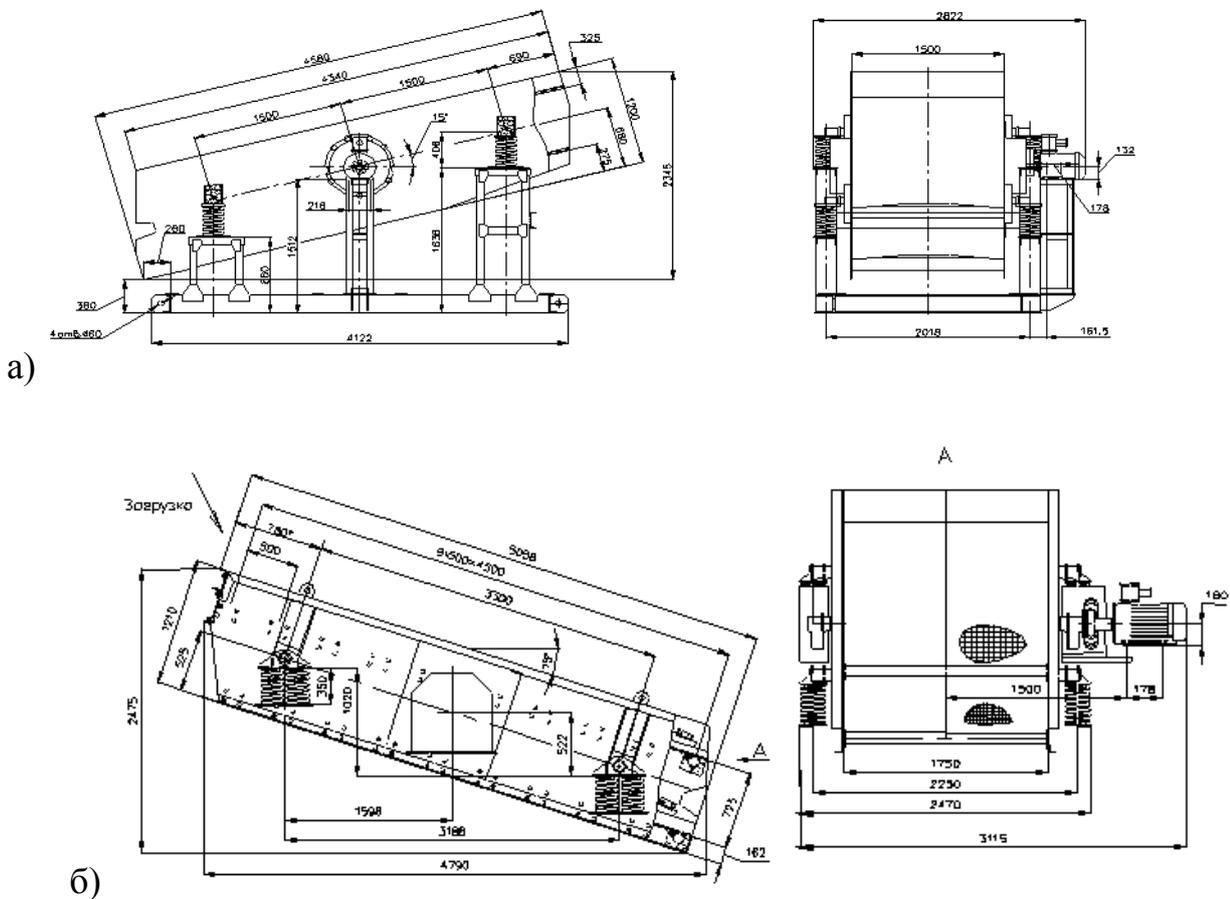
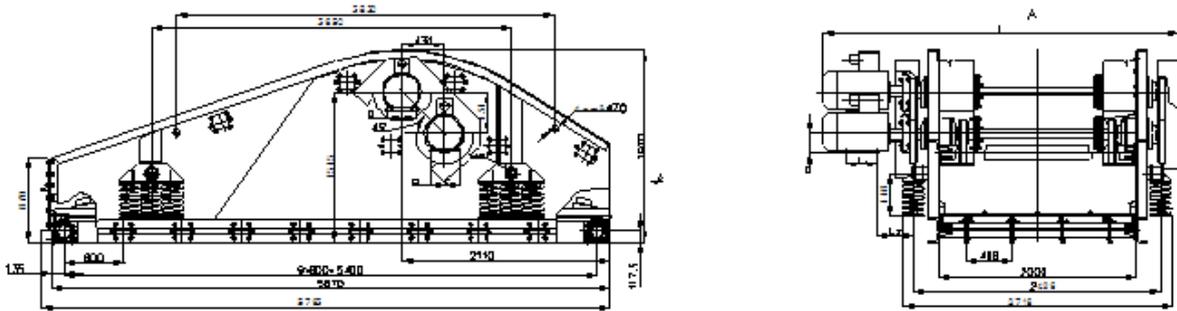


Рисунок 1 – Вибрационные грохоты, выпускаемые «Луганским машиностроительным заводом им. А.Я. Пархоменко» для сухого грохочения разнообразных материалов [3]:

а - ГИЛ-42; б - ГИЛ-52



в)

Продолжение рис. 1 – Вибрационные грохоты, выпускаемые
«Луганским машиностроительным заводом им. А.Я. Пархоменко»
для сухого грохочения разнообразных материалов [3]:

в - ГИСЛ-61

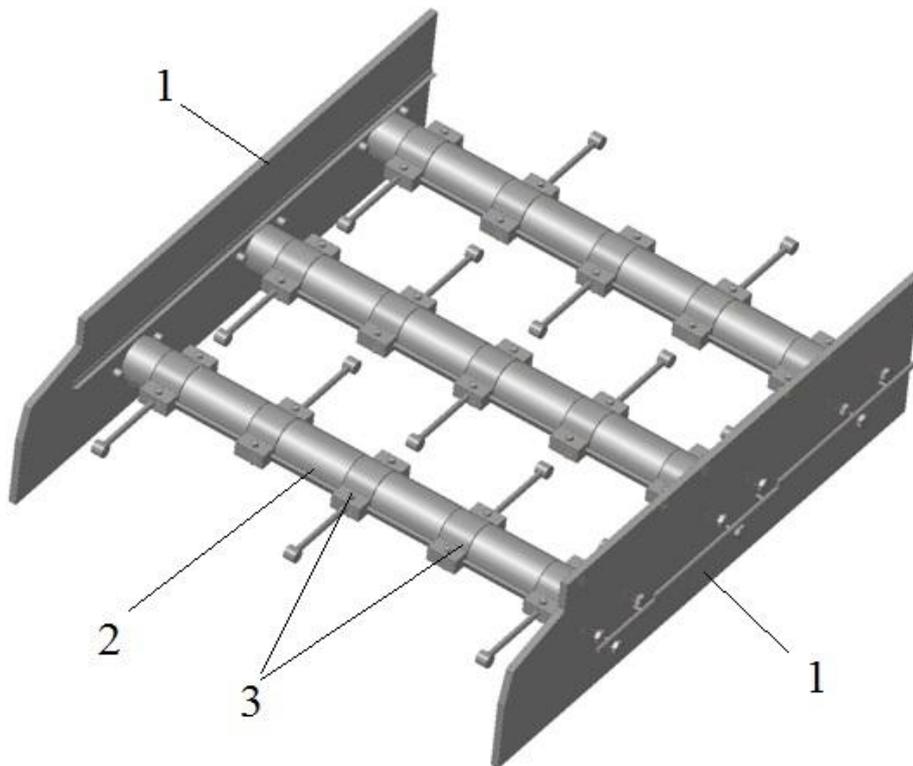


Рисунок 2 - 3Д-модель устройства виброударной очистки просеивающей поверхности вибрационного грохота:

- 1 – боковина корпуса грохота; 2 – поперечная связь-балка корпуса;
3 – устройство виброударной очистки сита (на рисунке сито не показано)

Колебательную систему можно представить в виде двухмассовой, нелинейной. Первая масса – короб грохота, установлен на основание (элементы каркаса здания, фундамент) при помощи опорных виброизоляторов. На коробе грохота упруго закреплены очистители (била). Между билом и поверхностью сита есть зазор, который обеспечивает отсутствие соударения бил о сита при переработке «сухого» материала и соударение при работе с «влажным» материалом. Таким образом, конструкция виброочищающего устройства должна иметь возможность изменения частоты собственных колебаний бил в процессе работы грохота.

Исследованиям динамики виброударного устройства в составе общей колебательной системы (короб – ударное устройство – вибровозбудитель – двигатель привода) должен предшествовать расчёт частот собственных колебаний упругой балки для обеспечения возможности регулирования частоты собственных колебаний бил.

Для этого рассмотрим колебательную систему в виде упругой консольной балки, на конце которой находится сосредоточенная масса M (рис. 3).

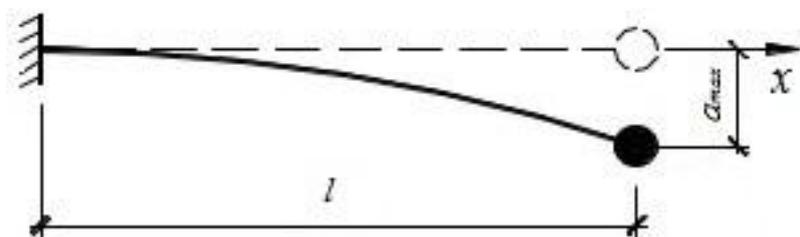


Рисунок 3 – Расчётная схема

Значение собственной частоты колебаний консольной балки с сосредоточенной массой определяется по формуле [4]

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{a^2}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}}, \Gamma_{\text{ц}},$$

где m – приведенная погонная масса балки, кг;

J – момент инерции поперечного сечения балки, м⁴;

E – модуль упругости материала, Па.

l – длина балки, м

a – корень трансцендентного уравнения частот, который находится из уравнения изгибных колебаний ($a=1,875$).

Приведенная погонная масса балки для рассматриваемого случая, определяется по формуле

$$m = m_0 + \frac{1}{l} \cdot k \cdot M, \text{ кг/м,}$$

где m_0 – равномерно распределённая погонная масса, кг/м;

M – сосредоточенная масса, кг;

k – коэффициент приведения сосредоточенной массы к равномерно распределённой ($k = 3,14$).

Предполагается выполнить упругую консоль в виде рессоры – стальной полосы (стержня), момент инерции которой для такой формы профиля равен [5]

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ м}^4,$$

где b – ширина стержня, м;

h – высота стержня, м.

Равномерно распределённую погонную массу балки определяем как

$$m_0 = \frac{b \cdot h \cdot l \cdot \rho}{l} = b \cdot h \cdot \rho, \text{ кг/м,}$$

где ρ – плотность стали ($\rho=7850$ кг/м³).

Коэффициент жёсткости стержня на изгиб при консольном закреплении рассчитывается из выражения

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot J}{l^3}, \text{ Н/м.}$$

Если известен коэффициент жёсткости упругой балки и её приведенная масса, можно определить значение собственной частоты по формуле

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \text{ рад/с.}$$

Зададимся модулем упругости $E=2,13 \cdot 10^{11}$ Па (для конструкционной рессорно-пружинной стали 65Г ГОСТ 14959-79) [6] и размерами поперечного сечения стержня $b \times h=30 \times 5$ мм. Используя программную среду MATCAD-14, определим зависимости частоты собственных колебаний f и коэффициента жёсткости k от относительной длины консольной балки Δ/l при варьировании массы била M . На рис. 4, а приведены графики зависимостей $f=f(\Delta/l)$, а на рис. 4, б - $k=f(\Delta/l)$.

Таким образом, изменение длины балки на ± 5 % приводит к 20,8 % изменению частоты собственных колебаний (масса била 1 кг) и жёсткости балки на $\pm 15,5$ %. Этого диапазона изменения длины балки виброударного устройства по всей видимости будет достаточно для обеспечения требуемых режимов работы устройства.

Внешней гармонической силой для возбуждения колебаний бил являются колебания короба, которые, в свою очередь, генерируются дебалансным вибровозбудителем. Если собственная частота виброударного устройства совпадёт с частотой вибровозбудителя, то наступает резонанс. Кстати, увеличение амплитуды колебаний бил будет наблюдаться и на частотах, кратных частоте основного резонанса бил. В этом случае проявляются высшие формы колебаний системы (рис. 5).

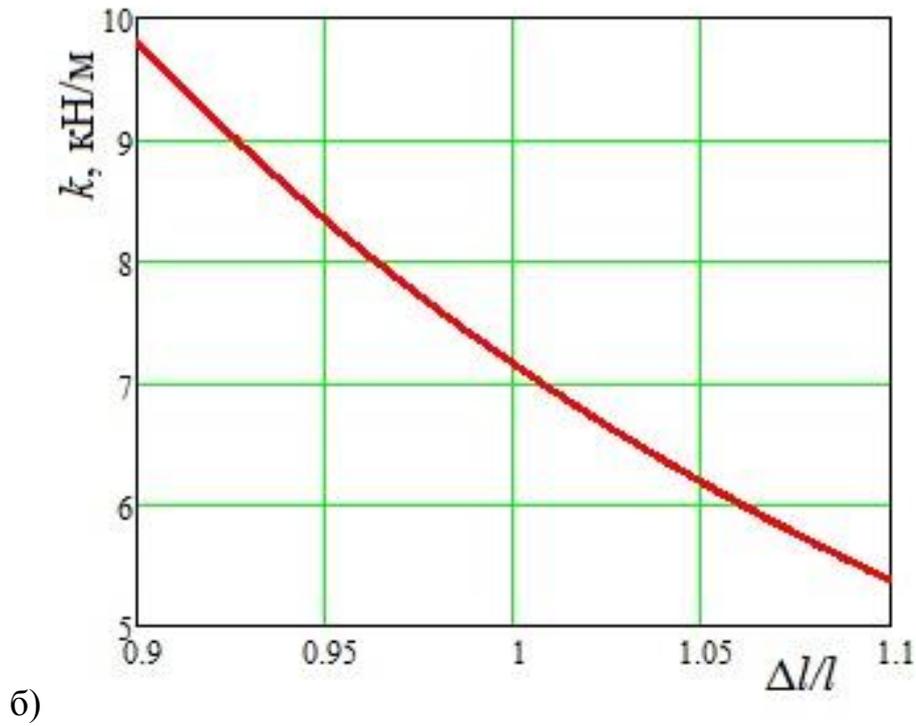
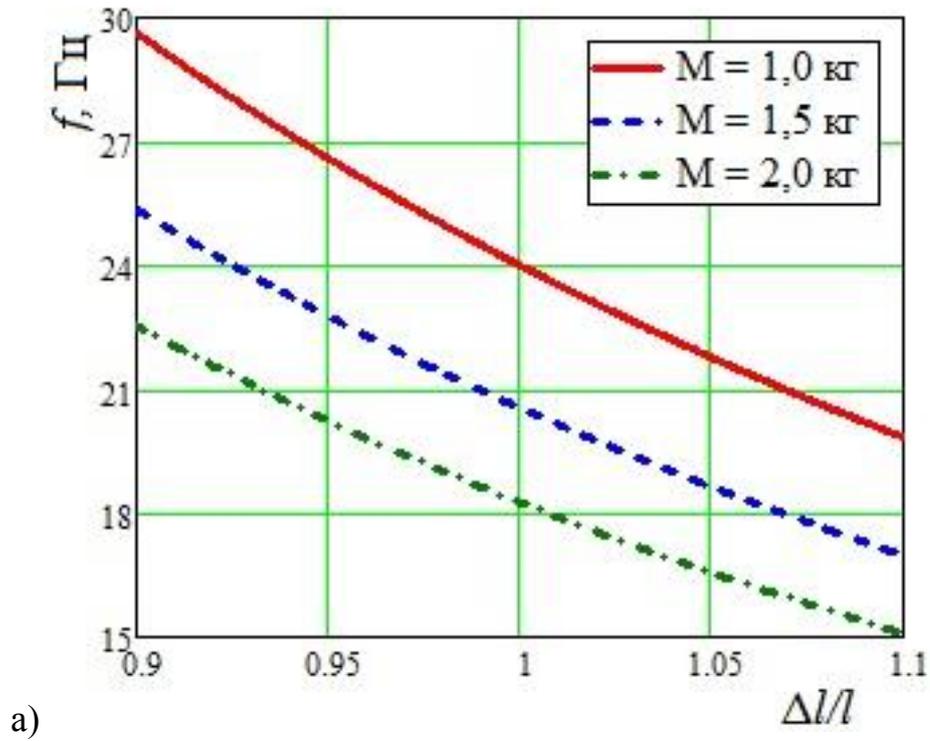


Рисунок 4 – Графики зависимостей частоты собственных колебаний f (а) и коэффициента жёсткости k (б) от относительной длины консольной балки $\Delta l/l$

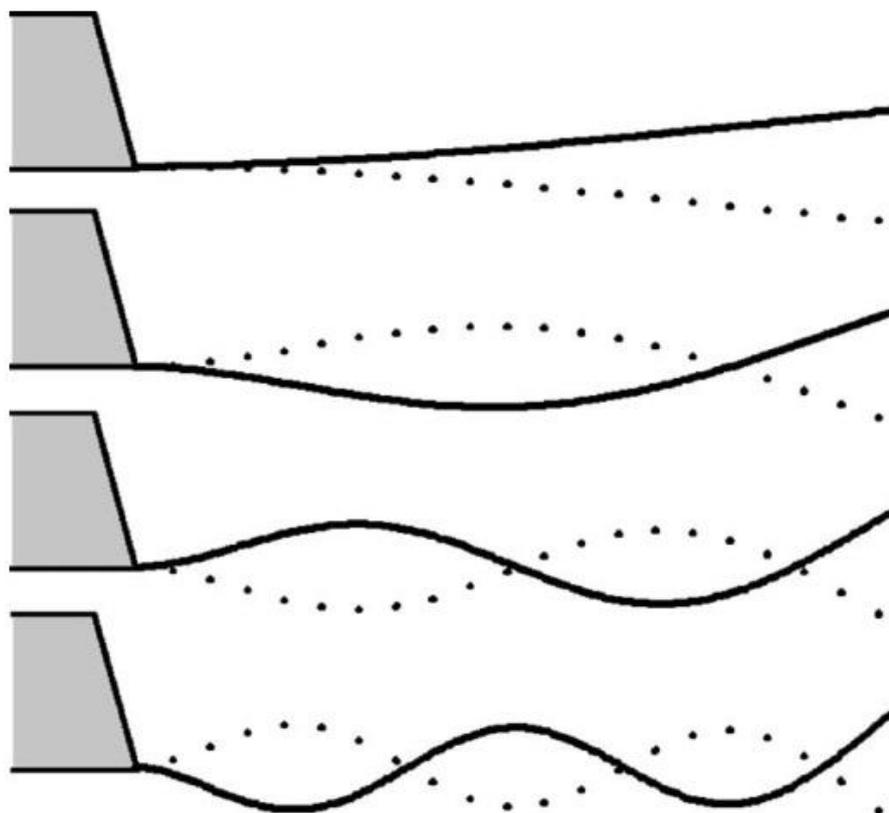


Рисунок 5 – Моды свободных колебаний упругой балки

На следующем этапе теоретического исследования перспективной конструкции устройства для очистки сита планируется изучение особенностей динамики полной колебательной системы в составе: виброгрохот – виброударное устройство – электродвигатель привода.

Список литературы

1. Букин С.Л., Курский А.В. Устройства ударной очистки сита виброгрохотов сухого грохочения влажных мелкозернистых полезных ископаемых [Текст] // Сб. мат. конф. «Комплексные процессы обогащения, переработки и использования минерально-сырьевых ресурсов». – Донецк: ДонНТУ, 26.10.2017 г. – С. 37-46.
2. Букин С.Л., Курский А.В. Выбор элементов гидравлической системы устройства для очистки сита виброгрохота от налипшего материала [Текст] // Сб. трудов Республ. научно-техн. конф. «Современные машины и технологии

обогащения полезных ископаемых». - Донецк: ДонНТУ, 26.04.2018 г. - С. 22-28.

3. Луганский машиностроительный завод им. А.Я. Пархоменко. Грохоты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lmzip.com/> (26.12.2018).

4. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. [Текст] / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1978 - Т. 1. Колебания линейных систем / Под ред. В. В. Болотина. 1978. - 352 с

5. Фаворин М.В. Моменты инерции тел: Справочник [Текст] / Под ред. д-ра техн. наук проф. М.М. Гернета. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1977. - 511 с.

6. Характеристика материала. Сталь 65Г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zbroevy-falvarak.by/iz-kakoj-stali-dolzhen-byt-sdelan-mech-stal-dlya-mechej/> (26.12.2018).

УДК 622.7.016

АБИОГЕННАЯ ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ УГЛЯ

Самойлик В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,

Малюта А. В., студент группы ОПИ-15 ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: samoylik@donntu.org

Аннотация. Кратко изложена теория абиогенного (не биологического) происхождения угля. Приведены основные выводы, вытекающие из этой теории.

Ключевые слова: горючие ископаемые, бурый и каменный уголь, гидридные соединения, пиролиз метана, углеводороды.

Annotation. The theory of abiogenic (non-biological) origin of coal is outlined. The main conclusions derived from this theory are given.

Key words: combustible minerals, lignite and hard coal, hydride compounds, methane pyrolysis, hydrocarbons.

Общепринятая теория происхождения каменных углей основывается на том, что превращение отмерших растений в твёрдые горючие ископаемые (ТГИ) происходит в результате непрерывного процесса, в котором принято выделять две основные фазы: гумификация – превращение отмерших растений в торф; углефикация – превращение торфа последовательно в бурый, каменный угли и антрацит.

Углефикация подразделяется, в свою очередь, на две части:

1) диагенез угля, в ходе которого под влиянием преимущественно биохимических превращений за счёт жизнедеятельности микроорганизмов торф превращается в бурый уголь;

2) метаморфизм, в течение которого происходит превращение бурого угля последовательно в каменный уголь и антрацит в результате изменения химического состава, структуры и физических свойств угля в недрах преимущественно под влиянием повышенной температуры и давления.

В процессе метаморфизма главную роль играют геологические факторы: длительность процессов во времени, температура и давление горных пород на угольные пласты. Повышенное давление при глубинном метаморфизме создаётся вышележащей толщей пород. Повышение температуры определяется геотермическим градиентом, который может изменяться в пределах 1-4,5°C/100 м по мере погружения пластов [1, 2].

Этим и объясняется то, что в одном и том же бассейне угли с увеличением стратиграфической глубины обедняются от пласта к пласту летучими компонентами и обогащаются углеродом.

Эта стройная теория, однако, не может объяснить такую довольно часто встречающуюся странную особенность месторождений каменного угля, как непараллельность его разных слоёв (рис. 1).

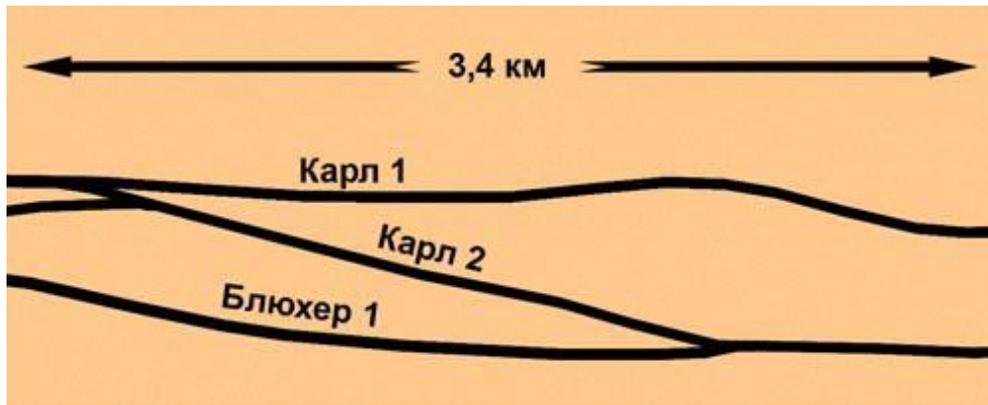


Рисунок 1 – Z-образные соединения в средних бохумских слоях
в районе Оберхаузена-Дуйсбурга

Кроме того, мы имеем достаточно немало месторождений каменного угля, где его добыча ведется открытым способом, и, при этом, слои угля нередко расположены горизонтально (рис. 2).



Рисунок 2 – Добыча угля открытым способом в Кузбассе

Если в процессе своего образования уголь на какой-то стадии находился на глубине в несколько километров, а потом поднялся выше в ходе геологических процессов, сохранив свое горизонтальное положение, то куда делись те

самые километры иных пород, которые были над углем и под давлением которых он образовывался?

Или наличие **артефактов**, которые были найдены **в пластах каменного угля**.

Например, в 1912 году двое служащих городской электростанции в г. Томас (штат Оклахома), раскалывая большие куски угля, обнаружили в одном из них небольшой железный котелок (рис. 3). Геолог Роберт О. Фей оценил возраст каменного угля приблизительно в 312 миллионов лет. Ныне котелок находится в Музее креационизма (www.creationevidence.org).

Ответы на эти и другие вопросы может дать теория абиогенного (не биологического) происхождения углеродистых полезных ископаемых [3].



Рисунок 3 – Железный котелок, найденный в куске каменного угля

По этой теории гидридные соединения в недрах планеты, распадаются при нагревании, выделяя при этом водород, который в полном соответствии с законом Архимеда устремляется вверх – к поверхности Земли. На своем пути водород, благодаря высокой химической активности, взаимодействует с веществом недр, образуя различные соединения. В том числе и такие газообразные вещества как метан CH_4 , сероводород H_2S , аммиак NH_3 , водяной пар H_2O и тому подобные. В условиях высоких температур и в присутствии других газов, входящих в состав флюидов недр, происходит постадийное разложение метана,

что в полном соответствии с законами физической химии приводит к образованию газообразных углеводородов – в том числе и сложных. Поднимаясь как по имеющимся трещинам и разломам земной коры, так и образуя под давлением новые, эти углеводороды заполняют все доступные им полости в геологических породах (рис. 4).

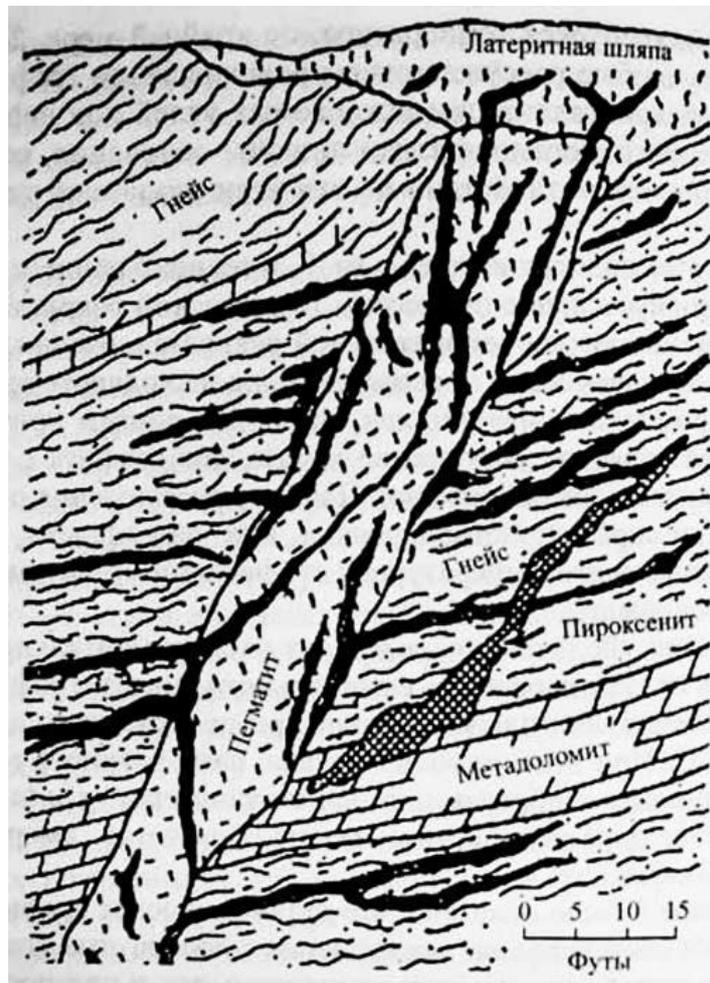


Рисунок 4 – Обычные условия локализации и форма жил графита в пегматитах

А из-за контакта с этими более холодными породами, газообразные углеводороды переходят в другое фазовое состояние и (в зависимости от состава и окружающих условий) образуют залежи жидких и твёрдых ископаемых – нефти, бурого и каменного угля, антрацита, графита и даже алмазов.

Эта простая теория снимает все противоречия и несостыковки, упоминавшиеся выше. И скученные группы складок с Z-образными соединениями в пластах каменного угля; и возможность образования крупных залежей угля вблизи поверхности Земли; и наличие больших количеств серы в некоторых видах углей и т.д.

Что следует из этой теории?

1. **Уголь образовывался вовсе не из растений**, а в ходе реакции пиролиза (разложения) метана, поднимавшегося из недр планеты.

Растительные остатки, якобы присутствующие в пластах угля, являются побочными продуктами реакции пиролиза метана, что было многократно доказано экспериментально[4, 5] при производстве пиролитического графита, когда получались «растительные остатки» – «стволы», «ветки», «листья», «споры» (рис. 5, 6).

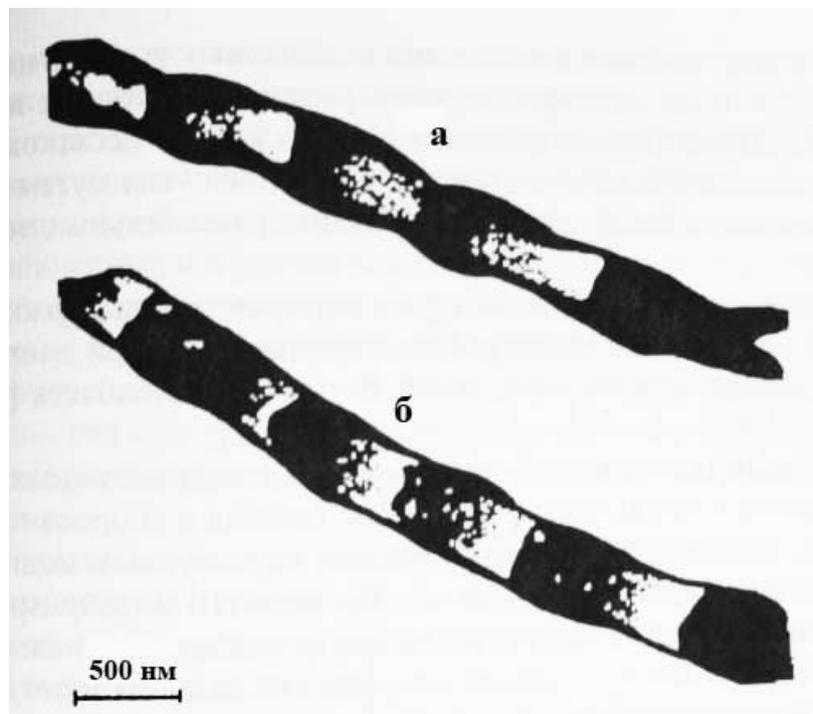


Рисунок 5 – Углеродные волокна:

а – в природном шунгите, б – синтезируемые

2. Все огромные запасы каменного и бурого угля вообще **не являются осадочными породами**. Для их образования процесс пиролиза метана должен

вообще проходить не на поверхности твердой коры планеты (где и накапливаются осадки), а внутри нее. То есть среди напластований, уже накопленных к моменту появления тут угля.

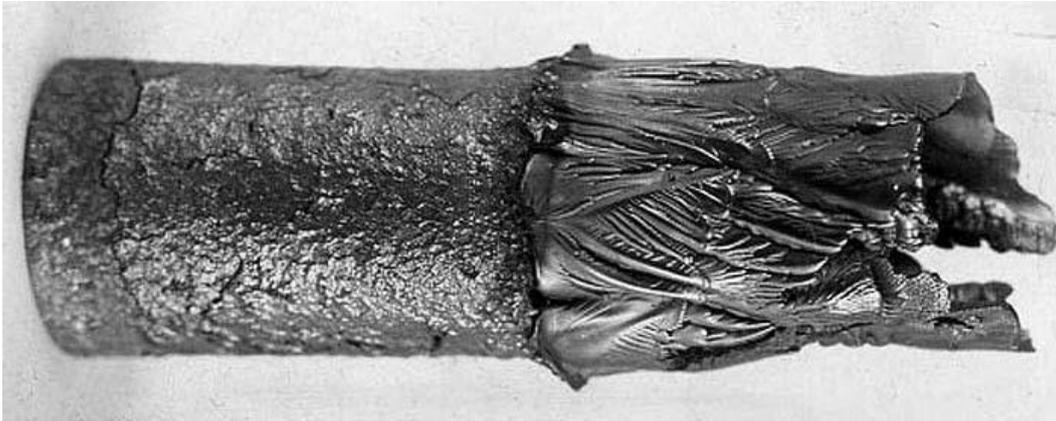


Рисунок 6 – Образец пиролитического графита с «растительными узорами»

3. Эти запасы более **не требуют многих миллионов лет на свое формирование**. Они не требуют вообще никакого дополнительного времени на геологической шкале, поскольку пиролиз метана происходит во время формирования совсем иных осадочных слоев – процесса, совершающегося выше места образования угля. Это снимает вопросы с целым классом исторических находок, найденных в пластах каменного угля. Если на формирование пластов угля не требуется миллионы лет, то найденные в угле артефакты вполне могли попасть в пласты несколько сотен лет назад, когда на планете уже существовала развитая цивилизация.

4. Так как процессы в земной коре, связанные с выделением из ядра водорода, продолжают непрерывно, то и в настоящее время происходит **процесс поступления паров углеводородов из недр**, который сопровождается образованием нефти (подтверждением чему служит фиксируемое пополнение запасов нефтяных месторождений).

Так почему бы и каменному углю не продолжать образовываться в настоящее время? То есть, речь уже идет не только о возобновимых, но и практически неисчерпаемых ресурсах углеродистых полезных ископаемых!

Список литературы

1. Самойлик В.Г. Классификация твёрдых горючих ископаемых и методы их исследований: Монография / В.Г. Самойлик. – Харьков: Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. – 308 с.
2. Основные фазы процесса образования твёрдых горючих ископаемых / В. Г. Самойлик, А. В. Малюта // Материалы конф. «Современные машины и технологии обогащения полезных ископаемых». – Донецк, ДонНТУ, 26.04.2018. – С. 38-43.
3. Скляр С. Ю. Сенсационная история Земли / С. Ю. Скляр, – Москва: Вече, 2011. – 288 с.
4. Берёзкин В. И. О сажевой модели происхождения карельских шунгитов / В. И. Березкин. // Геология и физика, 2005. т.46, № 10. – С.1093-1101.
5. Дигонский С. В. Неизвестный водород: [монография] / С. В. Дигонский, В. В. Тен. – Санкт-Петербург: Наука, 2006. – 292 с.

УДК 622.7.1

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГИДРОЦИКЛОНОВ

Несвитей Е. А., студентка группы ОПИ-15 ГОУВПО «ДОННТУ»,
Самойлик В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н, доцент.

эл. адрес: samoylik@donntu.org

Аннотация. Описаны конструктивные особенности работы гидроциклонов. Выполнен анализ конструктивных и технологических факторов, влияющих на эффективность их работы.

Ключевые слова: угольный шлам, гидроциклон, классификация, сгущение, конструктивные и технологические факторы.

Annotation. The design features of the work of hydrocyclones are described. The analysis of structural and technological factors affecting the efficiency of their work.

Key words: coal sludge, hydrocyclone, classification, thickening, design and technological factors.

Гидроциклоны применяются, в основном, для классификации по крупности. На некоторых обогатительных фабриках гидроциклоны используются для обогащения, сгущения пульп и для обесшламливания продуктов перед последующими операциями, например перед флотацией.

В промышленности используются гидроциклоны диаметром от 250 до 1400 мм. На обогатительных фабриках применяются, главным образом, цилиндрикоконические гидроциклоны малых типоразмеров с углом конусности 10° и больших типоразмеров с углом конусности 20° . Гидроциклоны малых диаметров работают с относительно высоким давлением, больших диаметров – с низким давлением. В зависимости от назначения гидроциклоны имеют разный угол при вершине конической части корпуса (угол конусности): сгустительные – 10° ; классификационные – 20° ; тяжелосредные – $40-60^\circ$; обогатительные (короткоконусные) – более 90° [1, 2].

При работе гидроциклонов в режиме сгущения уменьшение диаметра песковой насадки приводит к увеличению содержания твёрдого в песках и песковый продукт вытекает в виде густых витков. Но одновременно это приводит к увеличению выхода и крупности слива. Чрезмерное уменьшение диаметра песковой насадки может привести к забиванию насадки песками.

Сгущающие и осветляющие гидроциклоны работают при давлениях, значительно больших, чем гидроциклоны для классификации. Для получения тонких сливов давление должно быть в пределах 0,15-0,2 МПа и поддерживается постоянным.

При использовании гидроциклонов для сгущения в некоторых случаях применяют сгущающе-осветляющую схему из двух групп гидроциклонов.

Двухступенчатые батарейные гидроциклоны скомпонованы из блоков – по три гидроциклона в каждом. Один из гидроциклонов диаметром 350 мм предназначен для первичного сгущения пульпы, а два гидроциклона диаметром 250 мм – для вторичного осветления слива первого гидроциклона. Сгущённые продукты обеих групп гидроциклонов объединяются.

Классификационный гидроциклон представляет собой цилиндроконический аппарат (рис. 1). Питание под давлением подаётся в верхнюю часть цилиндра с помощью тангенциально расположенного питающего патрубка 3. Слив выгружается через сливной патрубок 4 в цилиндрической части 1 гидроциклона, а пески – через песковую насадку 5, расположенную в конической части 2.

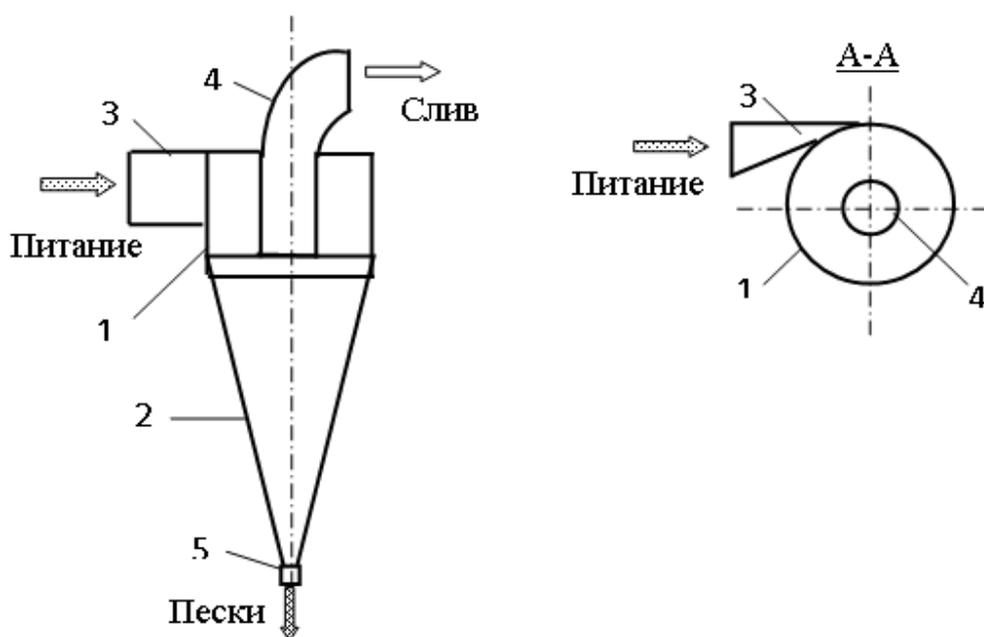


Рисунок 1 – Гидроциклон:

- 1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – питающий патрубок;
4 – сливной патрубок; 5 – песковая насадка

В результате тангенциального ввода исходной пульпы в гидроциклон она приобретает интенсивное вращательное движение с частотой, достигающей нескольких тысяч оборотов в минуту. В таких условиях внутри гидроциклона

возникает центробежная сила, значительно превосходящая силу тяжести. При вихревом движении пульпы в гидроциклоне образуются два вращающихся потока – внешний, перемещающийся вдоль стенок конуса вниз к песковой насадке 5, и внутренний цилиндрический, направленный вверх вдоль оси к сливному патрубку 4. Вблизи геометрической оси аппарата центробежная сила становится настолько большой, что происходит разрыв сплошности потока и образование воздушного столба диаметром до 0,7 от диаметра сливного патрубка.

На показатели работы гидроциклонов влияют конструктивные и технологические факторы. К конструктивным факторам относятся: форма и геометрические размеры гидроциклона, песковой насадки, питающего и сливного патрубков, способ установки гидроциклона; к технологическим факторам – давление на входе и свойства обрабатываемой пульпы (содержание твёрдого, его гранулометрический и вещественный составы).

Конструктивные факторы:

- диаметр D (м) гидроциклона определяет его производительность по твёрдому:

$$Q = 200 D^2, \text{ т / ч,}$$

Выбирая гидроциклон, следует стремиться к установке минимального числа аппаратов, обеспечивающих необходимую крупность частиц слива. С увеличением диаметра гидроциклона увеличивается крупность слива, поэтому тонкие сливы получают в аппаратах малых размеров;

- размер и форма питающего патрубка $D_{\text{п}}$ мало влияют на качественные показатели работы гидроциклона, в то же время производительность гидроциклона прямо пропорциональна размеру питающего патрубка. Форма отверстия питающего патрубка обычно выполняется прямоугольной (щелевой), эквивалентный диаметр питающего патрубка принимается в пределах:

$$D_{\text{п}} = (0,08 - 0,25) D, \text{ м;}$$

- диаметр сливного патрубка $d_{\text{сл}}$ влияет на все показатели работы гидроциклона. Увеличение диаметра сливного патрубка вызывает пропорциональное увеличение производительности и приводит к получению более грубых сливов в связи с сокращением времени пребывания материала в аппарате. Диаметр сливного патрубка принимается в зависимости от диаметра гидроциклона и на 20...25% больше диаметра песковой насадки:

$$d_{\text{сл}} = (0,2 \dots 0,4) D, \text{ м};$$

$$d_{\text{сл}} = (1,20 \dots 1,25) d_{\text{п}}, \text{ м}.$$

Выбранный гидроциклон должен быть проверен на производительность по пескам $Q_{\text{п}}$. Удельная производительность гидроциклона по пескам $q_{\text{п}}$, проходящим через песковую насадку выбранного размера $d_{\text{п}}$, составляет:

$$q_{\text{п}} = Q_{\text{п}} / (0,785n d_{\text{п}}^2), \text{ т}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2),$$

где $Q_{\text{п}}$ – производительность гидроциклонов по пескам, т/ч;

n – число принятых в операции гидроциклонов.

Нормированная удельная производительность выбранного гидроциклона должна составлять $5 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$ т/(ч·м²). Если удельная производительность не входит в указанный интервал, надо принять другой размер насадки и проверить номинальную крупность слива при новом диаметре насадки $d_{\text{п}}$;

- разгрузочное отношение $d_{\text{п}} / d_{\text{сл}}$, то есть отношение диаметра песковой насадки к диаметру сливного патрубка, является основным фактором, определяющим показатели работы гидроциклона. С увеличением разгрузочного отношения увеличивается выход песков, снижается их крупность и содержание твёрдого. В соответствии с этим меняется характеристика слива. Эффективность классификации достигает максимума при оптимальном разгрузочном отношении, составляющем 0,3-0,5. Если изменение разгрузочного отношения производится за счет изменения диаметра песковой насадки, то при постоянном

давлении на входе производительность гидроциклона меняется мало, если же за счет диаметра сливного патрубка, то производительность меняется прямо пропорционально этому диаметру;

- угол конусности α определяет объем гидроциклона и время пребывания в нем материала. С увеличением угла конусности увеличивается крупность классификации, уменьшаются выход песков и объемная производительность:

$$Q_0 = 3 \cdot 10^4 k_\alpha k D_{\text{п}} d_{\text{сл}} p_0^{0,5}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где p_0 – давление пульпы на входе в гидроциклон, МПа;

k_α – поправка на угол конусности α гидроциклона (при $\alpha = 10^\circ k_\alpha = 1,15$, при $\alpha = 20^\circ k_\alpha = 1,0$);

k – поправка на диаметр гидроциклона, определяемая по формуле:

$$k = 0,8 + 1,2 / (1 + 10 D);$$

- способ установки гидроциклона зависит от его размера и давления на входе. На работу гидроциклонов больших размеров при небольших давлениях на входе может влиять гравитационное поле. В этом случае рекомендуется устанавливать гидроциклоны в наклонном или горизонтальном положении. В наклонном положении устанавливают также тяжелосредные гидроциклоны.

Технологические факторы:

- давление p_0 на входе в гидроциклон для получения удовлетворительных результатов разделения должно быть постоянным и достаточно высоким. При заданной объемной производительности оно определяется главным образом размерами сливного $d_{\text{сл}}$ и питающего $D_{\text{п}}$ патрубков. Повышение давления способствует уменьшению предельной крупности разделения и получению более мелких сливов. При получении грубых сливов допускается работа гидроциклона с давлениями 0,05 МПа, при получении тонких сливов – не менее 0,2 МПа;

- содержание твёрдого в исходной пульпе β влияет на крупность и разжиженность продуктов разделения. Получение тонких сливов возможно лишь при достаточно низких содержаниях твёрдого в исходной пульпе. В противном случае крупность слива растёт вследствие увеличения вязкости и плотности пульпы в гидроциклоне. Кроме того, повышение содержания твёрдого в пульпе приводит к увеличению нагрузки на песковую насадку, которая может не обеспечить выгрузки песков, что приведёт к нарушению процесса разделения;

- гранулометрический состав исходного материала влияет на качественные показатели процесса разделения. При разделении крупнозернистых шламов слив более крупный, а пески более густые, чем при работе на тех же условиях, но на более мелких материалах. Результаты классификации ухудшаются при увеличении содержания в материале классов, близких к предельной крупности разделения.

При выборе гидроциклона его типоразмер определяется исходя из требуемой производительности по питанию, с учётом крупности получаемого слива. Номинальная крупность частиц слива d_H гидроциклона может быть определена по формуле:

$$d_H = 15 \cdot \left(\frac{D \cdot d_{\text{СЛ}} \cdot \beta}{k_D \cdot d_{\text{П}} \cdot (\delta - 1) \sqrt{p_0}} \right)^{0,5}, \text{ мкм},$$

где D , $d_{\text{СЛ}}$, $d_{\text{П}}$ – диаметры гидроциклона, сливного патрубка и песковой насадки, м;

β – содержание твёрдого в питании гидроциклона, %;

k_D – поправочный коэффициент на диаметр гидроциклона;

δ – объёмная плотность твёрдой фазы, т / м³;

p_0 – давление на входе в гидроциклон, МПа.

Учёт как конструктивных, так и технологических факторов при выборе гидроциклонов даст возможность эффективно проводить операции разделения

шлама по крупности, подобрать оптимальное количество оборудования для переработки шламовых вод. А, как известно, эффективная работа всей фабрики напрямую зависит от надёжности функционирования её водно-шламовой схемы.

Список литературы

1. Пути совершенствования водношламовых схем углеобогатительных фабрик / В. Г. Самойлик, В. А. Шаманская // Материалы конф. «Современные машины и технологии обогащения полезных ископаемых». – Донецк, ДонНТУ, 26.04.2018. – С. 51-55.

2. Гидроциклон [Электронный ресурс]: // Горная энциклопедия: сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/g/gidrociklon/> – Загл. с экрана.

УДК 622.723

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Самойлик В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ» к.т.н., доцент,

Онищенко В. В., студентка группы ОПИЗ-14 ГОУВПО «ДонНТУ».

эл. адрес: samoylik@donntu.org

Аннотация. Рассмотрены перспективы применения радиометрической сепарации для предварительного обогащения каменного угля. Описан принцип работы промышленных сепараторов, основанных на рентгеноабсорбционном методе разделения.

Ключевые слова: рентгеноабсорбционный метод, тяжелосреднее обогащение, отсадка, сепаратор, уголь.

Annotation. The prospects for the use of radiometric separation for the pre-enrichment of coal are considered. The principle of operation of industrial separators based on the X-ray absorption method of separation is described.

Key words: X-ray absorption method, heavy-medium enrichment, jigging, separator, coal.

Постоянно ухудшающееся качество добываемого каменного угля вынуждает специалистов искать новые, нетрадиционные подходы для решения стоящих перед ними технологических задач.

Одним из таких нетрадиционных подходов можно считать применение радиометрического обогащения для предварительного удаления породы из рядового угля. Использование сухого метода обогащения на стадии предварительной обработки исходного сырья позволит существенно снизить нагрузку на основные процессы обогащения (тяжёлые среды, отсадку), тем самым уменьшая объём образующихся шламовых вод.

Радиометрический метод обогащения основан на взаимодействии различных видов излучений с веществом.

Наибольшее распространение в промышленности получили следующие методы радиометрического обогащения:

- фотометрический метод – основан на регистрации оптических характеристик сепарируемого материала (цвет, блеск, коэффициент отражательной способности);

- рентгенолюминесцентный метод – основан на различиях в интенсивности люминесценции (холодного свечения) минералов под влиянием рентгеновского излучения;

- рентгенофлуоресцентный метод – основан на регистрации возбужденного рентгеновскими трубками либо источниками гамма-излучения характеристического излучения атомов определяемых элементов, входящих в состав горных пород;

- рентгеноабсорбционный метод – основан на различии в ослаблении потока рентгеновского излучения кусками породы и полезного минерала [1].

Именно последний метод был использован специалистами компании TOMRA Sorting GmbH для предварительного обогащения угля [2]. Компанией были разработаны промышленные сепараторы (рис. 1), позволяющие проводить обогащение угля в диапазоне крупности 8-120 мм.

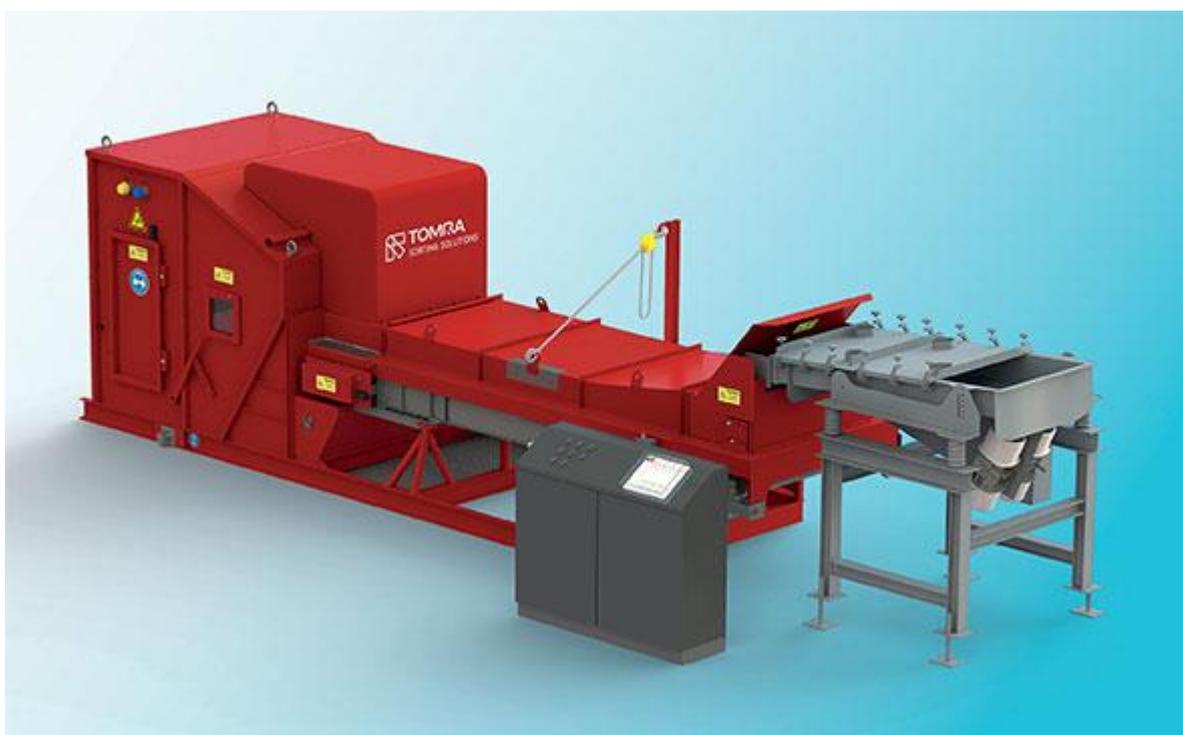


Рисунок 1 – Промышленный сепаратор COM Tertiary XRT

В зависимости от задач сепарации и крупности исходного питания максимальная производительность по исходному питанию на одном сепараторе для угля достигает 150 т/ч.

На сепарацию рекомендуется подавать классифицированный по классам крупности материал с модулем крупности не более 3. Исходный материал вибропитателем подается на транспортный узел сепаратора (транспортная лента или наклонный лоток), затем материал по транспортеру подается в зону облучения и регистрации (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема работы сепаратора TOMRA Sorting GmbH

Получаемые при этом рентгенограммы кусков обрабатываются по специальному алгоритму. Полученные данные переводятся в графический вид и анализируются ЭВМ сепаратора (рис. 3), которая сравнивает их с предварительно заданными пороговыми (граничными) значениями. При превышении сигнала от заданного граничного значения ЭВМ подаёт сигнал на исполнительный механизм, который выделяет кусок из траектории движения общего потока с помощью пневматических форсунок (3).

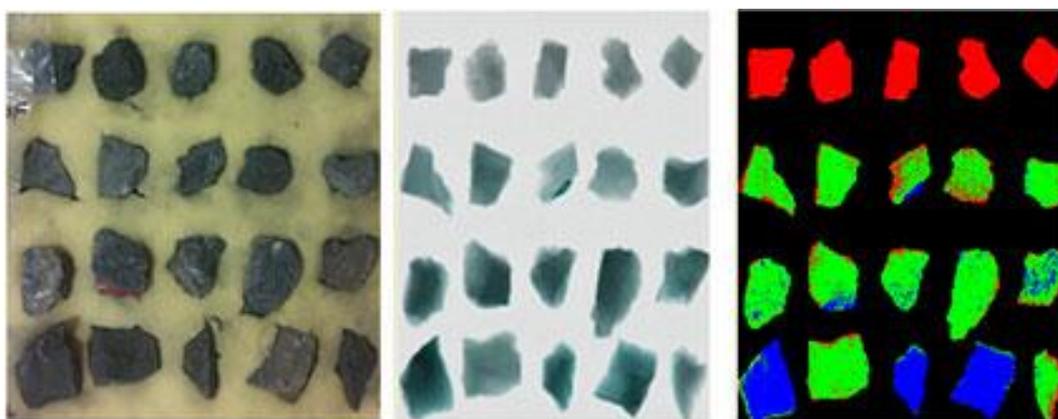


Рисунок 3 – Результат работы ЭВМ сепаратора TOMRA Sorting GmbH:

а – фото исходного материала; б – рентгенограммы материала;

в – обработка рентгенограмм на ЭВМ сепаратора

Рентгеноабсорбционный метод (XRT-сепарация) является проникающим и позволяет определять куски со скрытыми рудными минералами и не требует особой подготовки материала к сепарации (промывка, очистка поверхности).

Для оптимизации условий измерения кусков различной крупности и снижения влияния плотности материала на уровень сигнала, TOMRA Sorting использует два различных приемника излучения: с каналом низкой энергии и с каналом высокой энергии. ЭВМ сепаратора совмещает рентгенограммы кусков, обрабатывает, в результате чего определяются материалы с разными атомными плотностями (рис. 4).

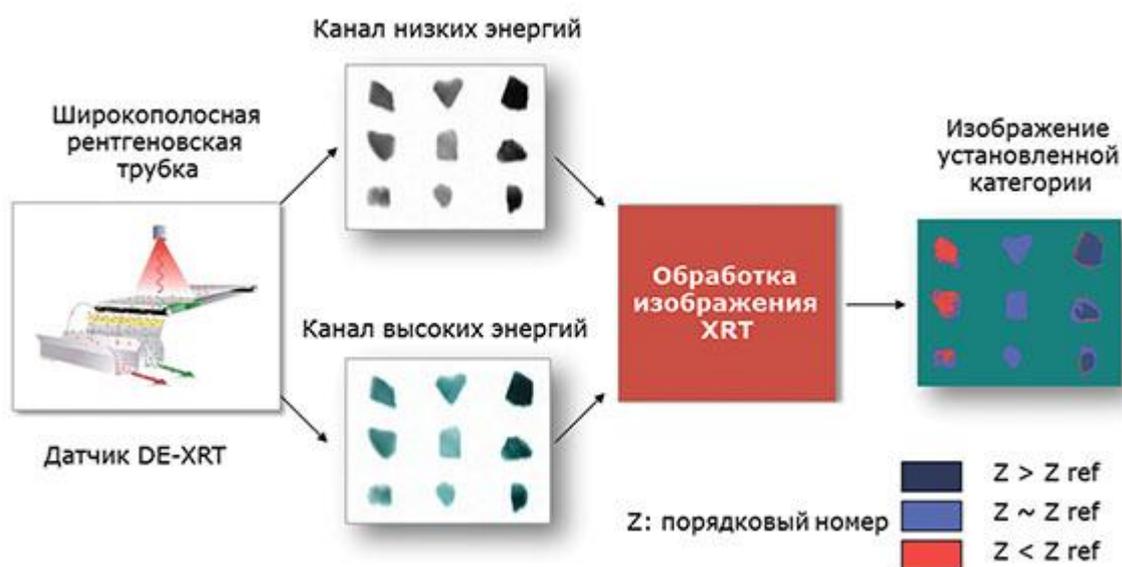


Рисунок 4 – Принцип работы ЭВМ сепаратора TOMRA Sorting GmbH

Рентгеноабсорбционная сепарация позволяет выделять в хвосты как все породные минералы, так и граничащий материал с определенным количеством сростков. В ходе сепарации анализируется площадь куска и в концентрат выделяется уголь требуемого качества (по процентному соотношению значений низкой энергии к площади всего куска) (рис. 5).



Рисунок 5 – Продукты сепарации бурого угля:
концентрат (слева), отходы (справа)

Экспертами TOMRA Sorting был проведен сравнительный анализ трех различных технологий обогащения угля: тяжелосредняя сепарация, отсадка и рентгеноабсорбционная сепарация. Анализ проводился на основе опубликованных данных, информации заводов изготовителей оборудования и собственных наработок TOMRA Sorting. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экономические показатели различных методов обогащения угля [2]

Показатели	Рентгено- абсорбционная сепарация	Тяжелосредняя сепарация	Отсад- ка
Капитальные затраты (€/т)	0,16	0,89	0,19
Эксплуатационные расходы (€/т)	0,28	1,11	0,45
Итого:	0,44	2,00	0,64

Стоит отметить, что основной статьей затрат на производство 1 тонны готовой продукции рентгеноабсорбционным методом является техническое об-

служивание оборудования, тогда как в традиционных методах основные затраты идут на электроэнергию и капитальные затраты.

Внедрение XRT-сепарации в технологическую цепочку предприятий угольной промышленности, с учетом заявленных преимуществ технологии, позволит принципиально повысить эффективность таких предприятий в части недропользования, обогащения и обеспечить конкурентоспособность в долгосрочной перспективе [2, 3].

Список литературы

1. Самойлик В. Г. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / В. Г. Самойлик – Донецк: ДонНТУ, 2015. – 165 с.

2. Радиометрическая сепарация для предварительного обогащения угля / И. В. Алушкин, И. Г. Корнеев, В. Б. Щипчин. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://thrane.ru/news/75-article-dry-coal-sorting> – Загл. с экрана.

3. Сухое обогащение угля – в ногу со временем. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.southcoal.ru/pubs/201.html> – Загл. с экрана.

УДК 622.7.01

СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАМА НА ВИНТОВЫХ СЕПАРАТОРАХ

Самойлик В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ» к.т.н., доцент,

Романько М. А., студентка группы ОПИ-15 ГОУВПО «ДОННТУ»

эл. адрес: samoylik@donntu.org

Аннотация. Проведен анализ схем обогащения угольного шлама на винтовых сепараторах. Показана возможность эффективного обогащения двух классов крупности с одной стадией гидроклассификации.

Ключевые слова: схема переработки, крупнозернистый шлам, винтовой сепаратор, осадительно-фильтрующая центрифуга, концентрат, отходы.

Annotation. The analysis of coal sludge enrichment schemes on screw separators is carried out. The possibility of effective enrichment of two size classes with one hydroclassification stage is shown.

Key words: processing scheme, coarse sludge, screw separator, precipitation filtering centrifuge, concentrate, waste.

Обработка шламов является важнейшим звеном в технологических схемах углеобогатительных фабрик. От её эффективности зависят практически все показатели работы фабрики. Повышение содержания твёрдого в оборотной воде осложняет ведение гравитационных процессов обогащения крупного и мелкого машинного классов, повышается погрешность разделения. Сброс шламовых вод в наружные шламоотстойники приводит к потерям горючей массы в товарном продукте.

С целью обеспечения максимального извлечения угля в концентрат и уменьшения потерь горючей массы с отходами обогащения, в технологических схемах переработки шлама на углеобогатительных фабриках обычно стремятся применить процессы и оборудование, способные эффективно обогащать уголь.

При обогащении углей, направляемых на энергетические цели, для переработки шлама широко используются различные методы [1, 2]. В большинстве случаев для получения требуемой зольности концентрата необходимо обогащать шлам по плотности разделения более 1600 кг/м^3 . Тогда применение винтовых сепараторов является наиболее предпочтительным среди других методов обогащения.

Известна схема (рис. 1) обогащения угольных шламов класса 0,04-1(2) мм в винтовых сепараторах, содержащая две стадии гидроклассификации шлама в гидроциклонах: на первой стадии – по граничному зерну 0,15 (0,2) мм, на второй стадии – по граничному зерну 0,04 мм, и две стадии винтовых сепараторов для обогащения шлама классов 0,15-1(2) мм и 0,04-0,15 мм.

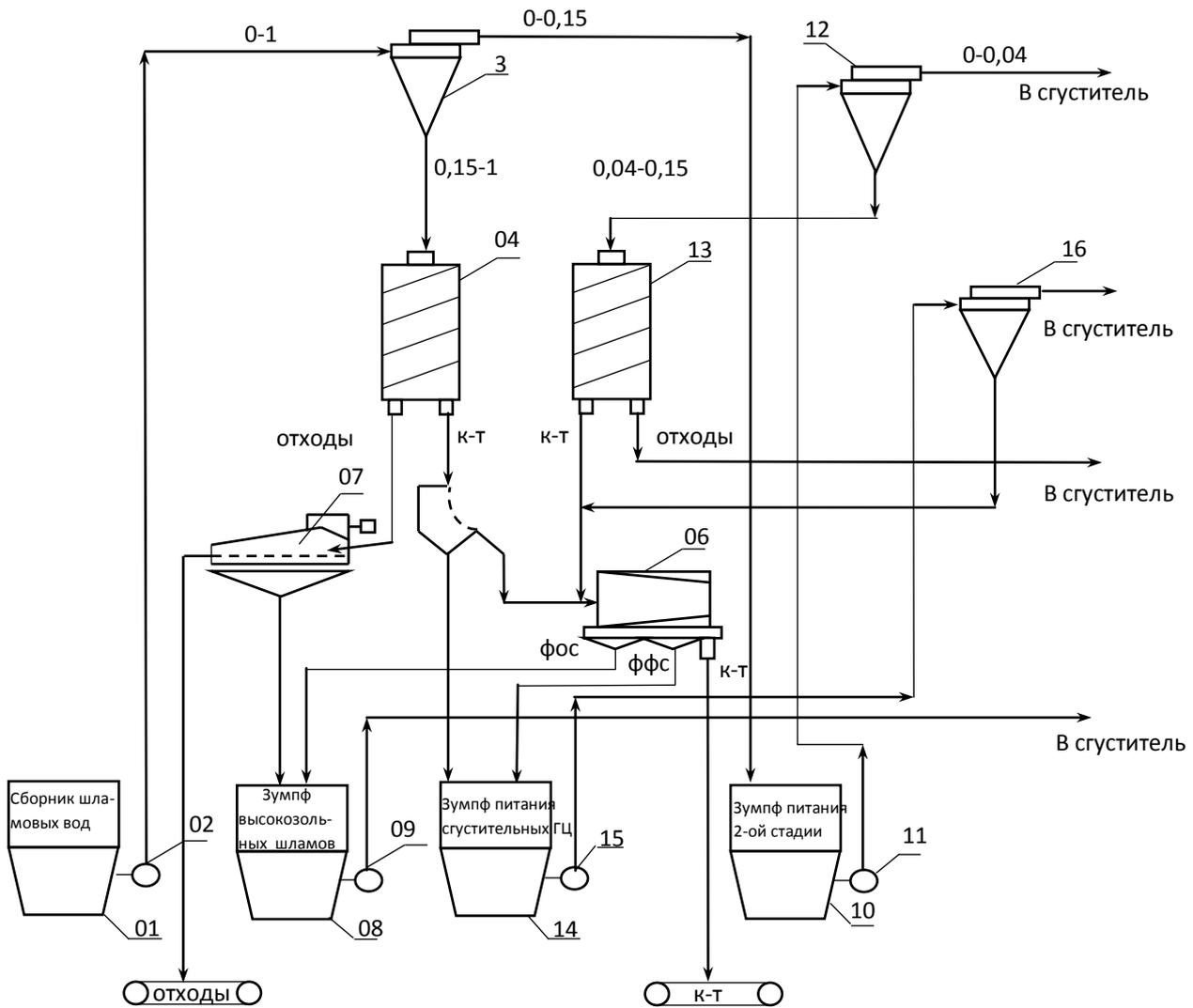


Рисунок 1 – Схема установки обогащения угольного шлама с двумя стадиями гидроклассификации и двумя стадиями обогащения в винтовых сепараторах:

1 – сборник шламовых вод; 2 – насос для подачи пульпы на гидроклассификацию; 3 – гидроциклон 1-ой стадии; 4 – винтовой сепаратор 1-ой стадии; 5 – дуговое сито; 6 – осадительно-фильтрующая центрифуга; 7 – грохот отходов; 8 – зумпф высокозольного шлама; 9, 11, 15 – насосы; 10 – зумпф питания гидроциклона 2-ой стадии; 12 – гидроциклон 2-ой стадии; 13 – винтовой сепаратор 2-ой стадии; 14 – зумпф питания сгустительных гидроциклонов; 16 – сгустительные гидроциклоны

Компанией СЕТСО разработаны два варианта основных схем применения винтовых сепараторов, позволяющие снизить потери угля с отходами и уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты при обогащении угольного шлама на обогатительных фабриках [3].

Первая схема предполагает извлечение концентрата в процессе обогащения угольных частиц крупностью 0,04-1 мм в одну стадию гидроклассификации исходного шлама по граничному зерну 0,04 мм, но с двумя стадиями обогащения в винтовых сепараторах (рис. 2).

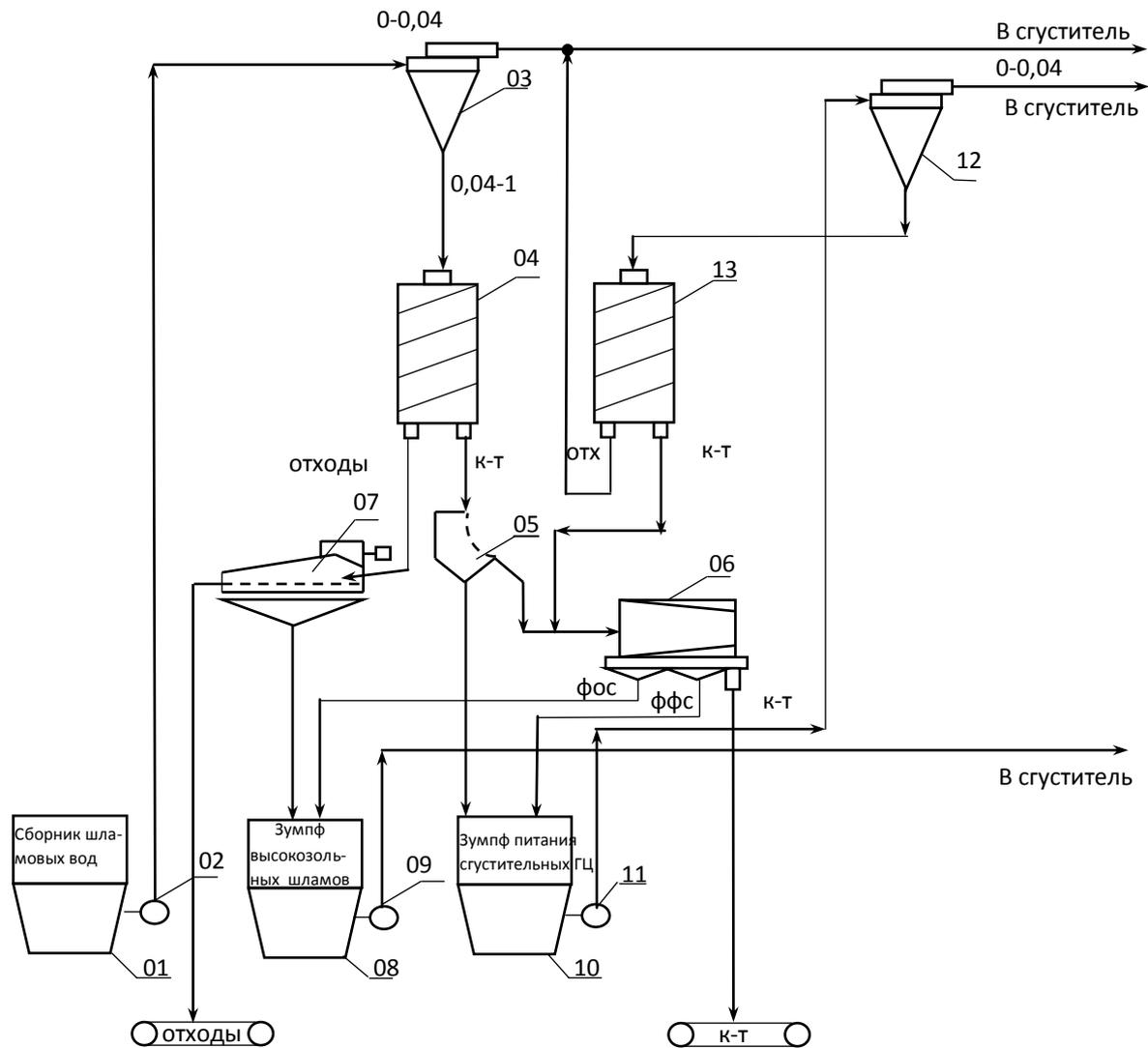


Рисунок 2 – Схема установки обогащения угольного шлама до крупности 0,04 мм в одну стадию гидроклассификации и две стадии винтовых сепараторов

По этой схеме исходная пульпа подаётся насосом 02 в гидроциклон 03 для классификации шлама по крупности 0,04 мм, пески которого класса 0,04-1 мм поступают на винтовой сепаратор 1-ой стадии обогащения 04. Концентрат винтового сепаратора поступает на дуговое сито 05 для сброса воды с целью повышения плотности питания осадительно-фильтрующей центрифуги 06. Подрешётный продукт дугового сита, содержащий часть шлама крупностью менее 0,2 мм, поступает в зумпф тонкого концентрата (питание сгустительных гидроциклонов) 10 и насосом 11 подаётся в сгустительные гидроциклоны 12. Пески гидроциклонов направляются на перечистку на винтовой сепаратор 2-й стадии обогащения 13. Концентрат 2-го винтового сепаратора самотёком поступает в питание осадительно-фильтрующей центрифуги.

Отходы винтового сепаратора 1-й стадии поступают на обезвоживание на высокочастотном грохоте 07. Надрешётный продукт грохота поступает на конвейер отходов. Подрешётный продукт грохота поступает в зумпф высокозольных шламов 08. Фугат осадительной секции центрифуги направляется в зумпф высокозольных шламов, из которого пульпа насосом 09 подаётся в сгуститель на сгущение.

Вторая схема (рис. 3) применяется в случае, когда тонкий концентрат в подрешётном продукте дугового сита имеет низкую зольность.

В этой схеме исключён винтовой сепаратор 2-ой стадии, и пески сгустительных гидроциклонов напрямую поступают в питание центрифуги. В остальной схеме установки по второму варианту и её работа ничем не отличается от первого варианта.

Рассматриваемые схемы установки винтовых сепараторов с одной стадией гидроклассификации для обогащения угольных шламов позволяют эффективно извлечь в процессе обогащения угольные частицы крупностью 0,04-1(2) мм в концентрат, уменьшив тем самым потери угля с отходами, исключить переизмельчение шлама и значительно (в 1,5 раза) уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты на обогащение угольного шлама.

Таблица 1 – Гранулометрические характеристики продуктов обогащения винтовых сепараторов

Продукты	Выход, %	Зольность, %
Концентрат 0,15-1	25,5	6,67
Концентрат 0,04-0,15	10,6	15,52
Концентрат 0-0,04	3,9	51,0
Итого концентрат:	40,0	13,34
Промпродукт 0,15-1	13,3	28,7
Промпродукт 0,04-0,15	3,6	34,51
Промпродукт 0-0,04	0,8	61,36
Итого промпродукт:	17,7	31,36
Отходы 0,15-1	35,5	81,9
Отходы 0,04-0,15	6,1	75,83
Отходы 0-0,04	0,7	62,26
Итого отходы:	42,3	80,70
ВСЕГО:	100,0	45,02

Удалив из концентрата высокозольный тонкий шлам 0-0,04 мм с помощью дугового сита и слива сгустительных гидроциклонов по схеме (рис. 2, 3), можно получить концентрат выходом 36,1% с зольностью 9,27 %. Полученное качество концентрата удовлетворяет требованиям потребителей коксующихся углей.

На рис. 4 приведен график извлечения фракций в объединённый продукт (концентрат + промпродукт), по которому определяем, что плотность разделения в опыте была 1940 кг/м^3 , погрешность разделения $E_{\text{pm}} = 220 \text{ кг/м}^3$. Это является лучшим показателем по отношению к отсадке и флотации [4].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что экономически целесообразно обогащать угольный шлам широким классом крупности 0,04-1 мм в винтовых сепараторах с одной стадией гидравлической классификации. По такой схеме уменьшаются затраты на оборудование и эксплуатационные расходы на электроэнергию, которая потребляется для перекачки пульпы насосами.

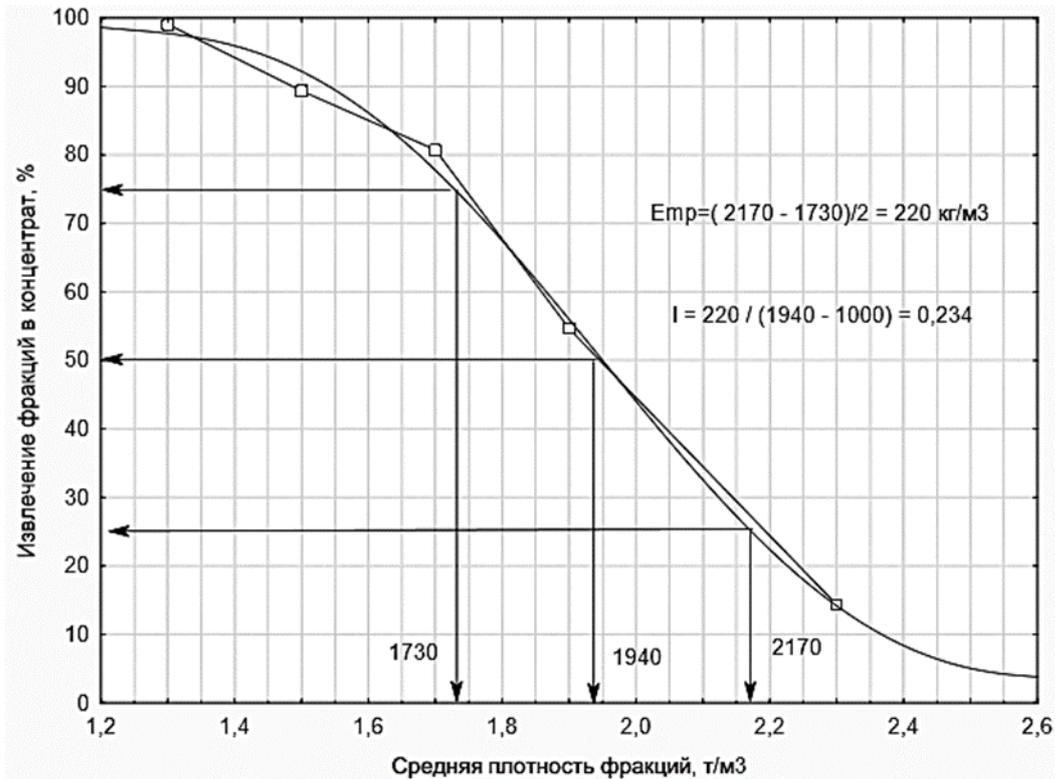


Рисунок 4 – График извлечения фракций в объединённый продукт (концентрат + промпродукт) шлама крупностью 0,04-1 мм

Список литературы

1. Анализ способов переработки крупнозернистого шлама / В.Г. Самойлик, М.А. Романько. – Материалы конференции «Современные машины и технологии обогащения полезных ископаемых». – Донецк, ДонНТУ, 26.04.2018. – С. 43-51.
2. Конструктивные особенности сепаратора CROSSFLOW / Г.В. Иващенко, В.Г. Самойлик. - Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле: Материалы всероссийской научно-практической конференции. Междуреченск, 25 февраля 2016 г. – С. 114-115.
3. Схемы SETCO для обогащения угольного шлама в спиральных сепараторах / В.И. Новак, В.А. Козлов, М.Ф. Пикалов. – ГИАБ, № 6, 2014.– С. 146-154.

4. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Проектирование обогатительных фабрик" (для студентов специальности 7.090302 "Обогащение полезных ископаемых") / Сост.: Самойлов А.И., Папушин Ю.Л., Смирнов В.А. – ДонНТУ, 2007. – 56 с.

УДК 627.12(477.6):502/504

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО ВОДЫ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Серафимова Л. И., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,
Кузнецов В. А., студент группы ОПИ-16, ГОУВПО «ДОННТУ».
эл. адрес: serafimova.mila@mail.ru

Аннотация. Целью работы является разработка рекомендаций по улучшению состояния окружающей среды. В качестве методов применён анализ факторов, влияющих на состояние окружающей среды на примере реки Кальмиус. Приведены рекомендации по улучшению экологического состояния реки. Результаты анализа могут быть использованы при разработке мероприятий по охране окружающей среды г. Донецка.

Ключевые слова: окружающая среда; водные ресурсы; качество поверхностных природных вод; гидрохимические показатели.

Annotation. The forces acting at each stage are determined. Revealed the most significant forces.

Keywords: Wastewater, stages, dehydration, core forces, pollution.

Введение.

Одной из современных глобальных проблем человечества является загрязнение водной среды самыми разнообразными по химическому составу и свойствам компонентами. Токсиканты и загрязнители, поступающие в воду,

нарушают баланс в экосистеме конкретного водоёма, что приводит к самым негативным последствиям не только для гидробионтов, но в конечном итоге и для человека. Особенно остро проблемы загрязнения воды стоят в промышленных регионах, где интенсивность техногенного воздействия на окружающую среду гораздо выше. Среди таких регионов Донбасс не является исключением.

Высокая концентрация промышленного производства, сельскохозяйственных предприятий, транспорта, а также высокая плотность населения создают опасную антропогенную нагрузку на биосферу. Особенностью региона является широкая палитра запасов различных полезных ископаемых. Месторождения каменного угля среди них является главным богатством региона. Однако, и одним из факторов, способствующих загрязнению подземных и грунтовых вод. Шахты Донбасса сбрасывают около 500 млн. м³ шахтных вод в год. Эти воды загрязнены взвешьями, минеральными солями, бактериальными примесями. В малые реки Донецкой и Луганской области ежегодно поступает около 1,5 млн. т солей, что привело к обмелению рек за последние годы на один метр. Одной из самых насущных экологических проблем Донбасса является дефицит питьевой воды и опасный уровень загрязнения водных естественных источников [1].

Одной из основных рек Донецкой области является река Кальмиус, из которой производится забор воды для нужд промышленности, коммунального и сельского хозяйства, а также энергетики. Поэтому исследование качества воды этой реки в связи с острой экологической обстановкой является актуальной задачей.

Материал и методы исследования. Река Кальмиус имеет начало и устье в пределах Донецкой области, а также является одним из основных источников её водоснабжения [1]. Кальмиус берет своё начало на юго-западных склонах Донецкого кряжа в небольшой балке около села Минеральное Ясиноватского района, впадая в Азовское море в г. Мариуполь, как показано на рис. 1.

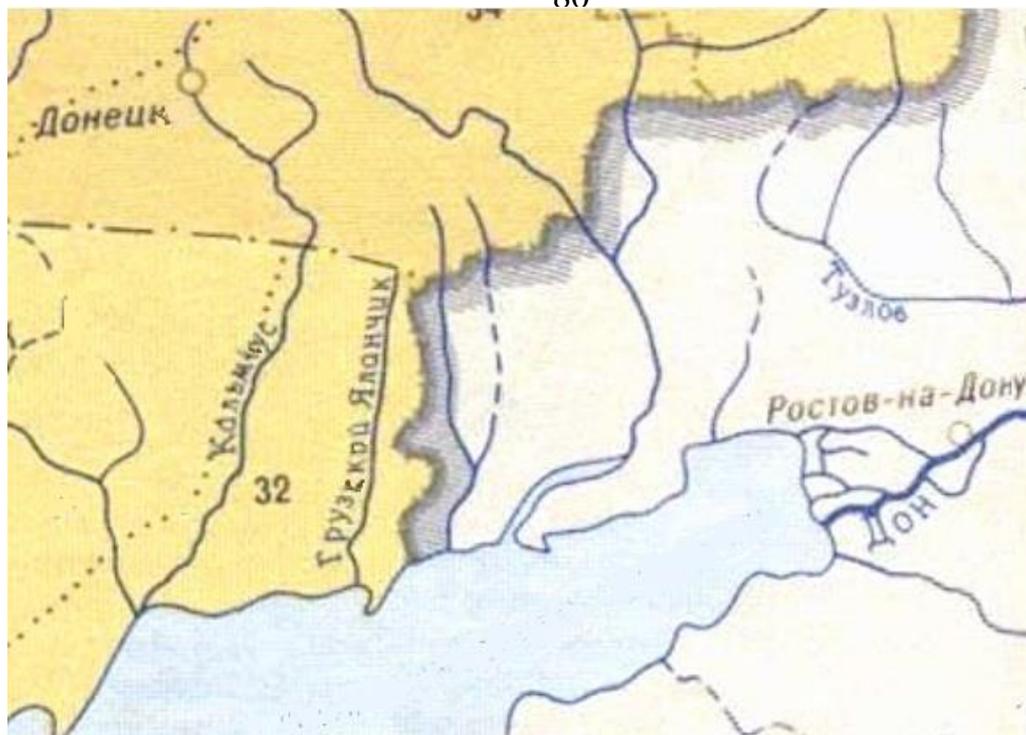


Рисунок 1 – Географическое положение реки Кальмиус

Питание реки осуществляется за счёт природных рассолов водоносных горизонтов пермских отложений, которые разгружаются в аллювиальные отложения. По химическому составу эти воды являются хлоридными кальциево-натриевыми с повышенной минерализацией и жёсткостью. По течению реки геологическое строение массива довольно разнообразное, что влияет на состав речной воды.

Длина реки Кальмиус – 209 км. Водозаборная площадь составляет 5040 км^2 , в том числе в пределах Донецкой области – 4970 км^2 . Длина реки в пределах г. Донецка – 35 км, средняя ширина русла – 10 м. Речная и балочная граница реки Кальмиус на территории г. Донецка зарегулирована водоёмами и ставками, предназначенными для разных целей (техническое водоснабжение, рекреация) [2, 6].

Характер течения реки Кальмиус разный. В верхней части носит выраженный горный характер, в средней части – быстрый (8 км/ч), а в нижней (от Павлопольского водохранилища и до горла реки) имеет типичный степной вид. В верхней части сооружено Верхне-Кальмиусское водохранилище, которое объ-

единяет реку Кальмиус с каналом «Северский Донец-Донбасс». Берега Кальмиусского водохранилища реки в пределах г. Донецка одеты в бетон [1-3].

Загрязнение аллювиального водоносного горизонта связано со смешиванием рассолов водоносного горизонта пермских отложений с относительно пресной водой аллювиальных отложений. Нарушение гидрологического режима водоносных горизонтов привело к оседанию дневной поверхности, образованию карстовых воронок, повышению уровня подземных вод, и как следствие к заболачиванию, засолению грунтов и увеличению выноса солей в русловую зону реки Кальмиус. Нарушение горных пород, усиление водообмена в границах шахтных полей, наличие постоянного водоотведения и газообмена создали условия для миграции загрязняющих веществ до глубины 1000м и условия для активного проявления процессов физического и химического выветривания, что привело к более высокой минерализации шахтных вод по сравнению с подземными.

В процессе отработки угольных пластов, шахтные воды загрязняются мелкими частицами угля, пород, коллоидными частицами, нефтепродуктами, бактериями, растворенными химическими веществами. Эти воды очень сильно загрязняют поверхностные водоёмы и водотоки, особенно в межень, когда расход воды сильно снижается, и шахтные воды составляют значительную часть стока [3].

Река Кальмиус по своей протяжённости относится к категории малых рек, что в совокупности с небольшим количеством основных её притоков делает её довольно маловодной и, следовательно, очень подверженной действию загрязнителей в виду небольшого потенциала к самоочищению.

Река Кальмиус является самой нагруженной рекой Донецкой области. На формирование качества воды реки влияют оборотные воды промышленных предприятий и шахт г. Донецка и Донецкой области. За счёт постоянных больших объёмов шахтных и промышленных сточных вод река Кальмиус практически утратила способность к самоочищению [4].

Для определения содержания различных загрязнений в водах реки использовались общепринятые методы химического анализа и метод хроматографии.

Полученные результаты и их обсуждение. Гидрохимические данные, полученные в результате исследований, проводившихся на протяжении ряда лет, показывают значительное загрязнение воды реки тяжёлыми металлами. Наибольшее загрязнение наблюдается такими тяжёлыми металлами: хром (+6) от 1,67 до 4,17 ПДК, марганец от 5,84 до 9,06 ПДК, медь от 2,00 до 5,67 ПДК, кобальт от 1,21 до 1,63 ПДК, цинк от 3,60 до 7,76 ПДК. При этом содержание взвешенных веществ превышает санитарные нормы в 2,3 раза. Концентрация растворенного кислорода значительно ниже 8 мг O_2 /в литре. Содержание сульфатов и хлоридов (мг/л) практически в два раза превышают установленные нормативы, нефтепродукты (мг/л) превышают норму в шесть раз [3].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что воды реки могут быть отнесены к категории грязные и очень грязные, т.е. уровень загрязнения катастрофический.

В течение года концентрации загрязняющих веществ в водных объектах бассейна реки Кальмиус в сильной степени варьируют. Экстремальные в году значения показателей загрязнения могут отличаться в десятки раз, причём верхние значения, как правило, превышают действующие ПДК для водоёмов рыбохозяйственного или хозяйственно-питьевого водопользования. Следует учитывать, что оценку качества воды по усреднённым концентрациям загрязняющих веществ необходимо дополнять оценкой сезонного состояния загрязнённости [5, 7].

Выводы. Практически все применяемые меры по очистке сточных вод промышленных предприятий и недопущению дальнейшего чрезмерного загрязнения воды являются малоэффективными, не обеспечивают выполнения санитарных нормативов. Их необходимо заменять на более эффективные. В тех случаях, где это возможно, следует предусматривать модернизацию. Экологи-

ческое состояние реки требует создания таких условий, которые сохраняют природное или приближенное к природному функционирование сбалансированной экологической системы, а также принятие неотложных мер, которые включают:

- радикальное уменьшение количества сбрасываемых неочищенных сточных вод, как шахтных, так и ливневых;
- экологическую реабилитацию и благоустройство пойменных территорий реки Кальмиус в пределах г. Донецка;
- очистку ложа реки Кальмиус от загрязнённых отложений;
- восстановление береговой экосистемы.

Список литературы

1. Рекреационные зоны и туристско-экскурсионные маршруты Донецкой области «Мой Донбасс». Под ред. С.С. Куруленко. – Донецк: ДИТБ, 2001.
2. Физико-географические условия формирования стока реки Кальмиус Донецкой области. Данные Донецкого областного управления водных ресурсов, 2004 г.
3. Стан підземних вод України, щорічник – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014. – 120 с.
4. Паладий И.П. Социально-экономические аспекты сохранения аборигенной биоты реки Кальмиус / И.П. Паладий, Г.Н. Молодан // Сб. мат. Научно-практ. Конф. – Донецк. – ДонНТУ – 2004. – С. 36-40.
5. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. – К., 1997.
6. Поліщук В.В. Малі річки України та їх охорона. – Т-во Знання, 1988.
7. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.travelshunters.ru/study-85-10.html>.

УДК 544.478-03

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БРИКЕТОВ

Серафимова Л. И., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,

Кондратенко И. О., студент группы ОПИ-15 ГОУВПО «ДОННТУ»,

Кузнецов В. А., студент группы ОПИ-16, ГОУВПО «ДОННТУ»

эл. адрес: serafimova.mila@mail.ru

Аннотация. При сравнительном анализе различных видов энергоносителей в наше время возникает актуальная тема изучения цены на энергетическое топливо, отсутствие проблем с приобретением, хорошая теплоотдача — основные причины, по которым многие пользователи предпочитают использовать угольные брикеты для отопления.

Ключевые слова. Угольная пыль, брикет, связующее, шнековый экструдер, ручной пресс.

Annotation. A comparative analysis of various types of energy carriers in our time raises an urgent topic of studying the price of energy fuel, the absence of problems with the acquisition, good heat transfer - the main reasons why many users prefer to use coal briquettes for heating.

Keywords. Coaldust, briquette, binder, screwextruder, handpress.

Цены на энергетическое топливо, отсутствие проблем с приобретением, хорошая теплоотдача — основные причины, по которым многие пользователи предпочитают использовать угольные брикеты для отопления. Цена на более привычные энергоносители постоянно увеличивается, что заставляет искать альтернативные источники тепла. Угольная пыль — доступный вид топлива, но её использование в чистом виде невыгодно: половина сырья проваливается в золу, а другая половина спекается. Если различные древесные отходы в виде опилок и щепы достаточно легко сжигать в специально приспособленных для этого котлах длительного горения, то с угольной мелочью и пылью дело обсто-

ит иначе. Тот, кто хоть раз пытался топить печь или котёл мелкими фракциями угля, знает, что половина топлива пропадает впустую, просыпаясь сквозь колосники в зольник, а другая половина спекается (рис. 1) и перекрывает доступ воздуха в топку. Из-за этого интенсивность горения резко снижается. В то же время выбрасывать такое горючее глупо, ведь оно содержит массу тепловой энергии. В подобной ситуации может помочь брикетирование угля.

Один из способов сжигания угольной мелочи – это растопить котёл дровами, а потом сверху на горящие поленья подсыпать пыльную фракцию топлива. Но это слишком хлопотное дело, поскольку угольная пыль должна подсыпаться небольшими порциями, а значит, — часто.



Рисунок 1 - Сжигание фракций угля в специально приспособленных для этого котлах длительного горения

Если же загрузить большую порцию, то часть горючего обязательно просыплется в зольник и уйдёт в отходы, а остальное топливо заполнит щели между древесиной. Воздух перестанет поступать в зону горения и в результате топка начнёт затухать.

Наилучший способ – это методом прессования формировать из мелкой фракции брикеты, которые после этого очень хорошо горят, выделяя большое

количество теплоты (рис. 2). Суть его в том, что уплотнение угольной мелочи с помощью высокого давления на специальном оборудовании позволяет получать топливо, чья теплотворная способность не меньше, чем у качественных углей.



Рисунок 2 - Формирование из мелкой фракции брикетов

Глубоко не вдаваясь в тонкости технологического процесса и классификацию разных марок горючего, отметим, что подобные брикеты производятся в двух видах:

- со связующими веществами для промышленных целей;
- без связующих, предназначаются для сжигания в бытовых котельных установках.

Но есть один нюанс: брикеты, спрессованные со связующими веществами, нельзя использовать в быту. Эти вещества при сгорании образуют вредные либо токсичные соединения, которые в промышленности улавливаются разными способами. В бытовое топливо раньше в качестве связующих тоже добавляли крахмалы или патоку, но данная технология устарела.

Поскольку нас интересует технология производства угольных брикетов без всяких добавок для бытовых целей, то стоит рассмотреть именно её. Итак, последовательность процесса следующая:

- сначала уголь проходит операцию измельчения, при этом допускается максимальная крупность фракции 6 мм;
- следующая операция – сушка с целью добиться оптимальной влажности 15%. Для этого применяется особое оборудование для производства угольных брикетов – паровые или газовые сушилки;
- после сушки состав охлаждается и подаётся на прессование. Операция проходит при давлении 100...150 Мпа в так называемом штемпельном прессе;
- окончательное охлаждение и отгрузка на склад.

Но и здесь отмечается нюанс: Здесь описан традиционный технологический процесс, но требования к крупности фракции и влажности сырья могут изменяться в зависимости от используемого оборудования. Например, современный мини-завод российской компании ЮНИТЕК требует размеров частиц до 0,25 мм с влагосодержанием от 6 до 16%. То есть, в этом случае технология брикетирования угля должна предусматривать более качественное измельчение, зато и давление прессования применяется гораздо ниже.

На выходе получается угольный брикет, чья зольность не превышает 15...20%, максимально допустимая механическая нагрузка – 3 кг/см², а при падении с высоты до 2 м изделие теряет не более 15% своей массы в результате удара. Теплота сгорания зависит от марок углей, из которых брикет спрессован.

Понятно, что промышленное оборудование для брикетирования угля (рис. 3) недоступно обычному домовладельцу в силу своей высокой стоимости. Однако ещё в те времена знали, каким образом можно делать брикеты без всякого оборудования. Для этого угольную пыль и крошку смешивали с водой в таком соотношении, чтобы получалась густая масса, а потом из неё вручную формовали лепёшки. После просушивания такие изделия успешно сжигались в домашней печке. То есть, вопреки производственной технологии, смесь для производства брикетов из угля не просушивается, а наоборот, увлажняется.



Рисунок 3 – Промышленное оборудование для брикетирования угля

В домашних условиях брикеты изготавливают 2 способами:

- с помощью ручного пресса;
- на самодельном шнековом экструдере.

Первый способ хорош тем, что прессовый станок можно недорого приобрести либо изготовить самостоятельно. Его недостаток – низкая производительность, чтобы наделать себе топливных брикет на весь сезон, придётся очень хорошо потрудиться. Во втором случае брикетирование угольной пыли происходит достаточно быстро, поскольку весь процесс механизирован (рис. 4). Но здесь на первый план выходит стоимость агрегата, даже самодельная установка потребует ощутимых затрат. Нужно будет приобрести мощный электродвигатель, редуктор и прочие детали.



Рисунок 4 - Шнековый экструдер

Алгоритм, согласно которому выполняется изготовление угольных брикетов своими руками, следующий:

- надо постараться любым доступным способом измельчить угольную крошку. Чем меньше будет фракция, тем качественнее получится изделие;
- смешать получившийся состав с водой. Точные пропорции указать нет возможности, так как они зависят от содержания пыли. Главное, чтобы смесь была очень густой и лепилась вручную. Добавлять глину не нужно, это только повысит зольность;
- составом наполнить форму и привести в действие ручной механизм;
- извлечь брикетированный уголь из формы и оставить сушиться на воздухе.

В результате получаем хрупкие изделия, непригодные к перевозке, зато неплохо сгорающие в печке (рис. 5).

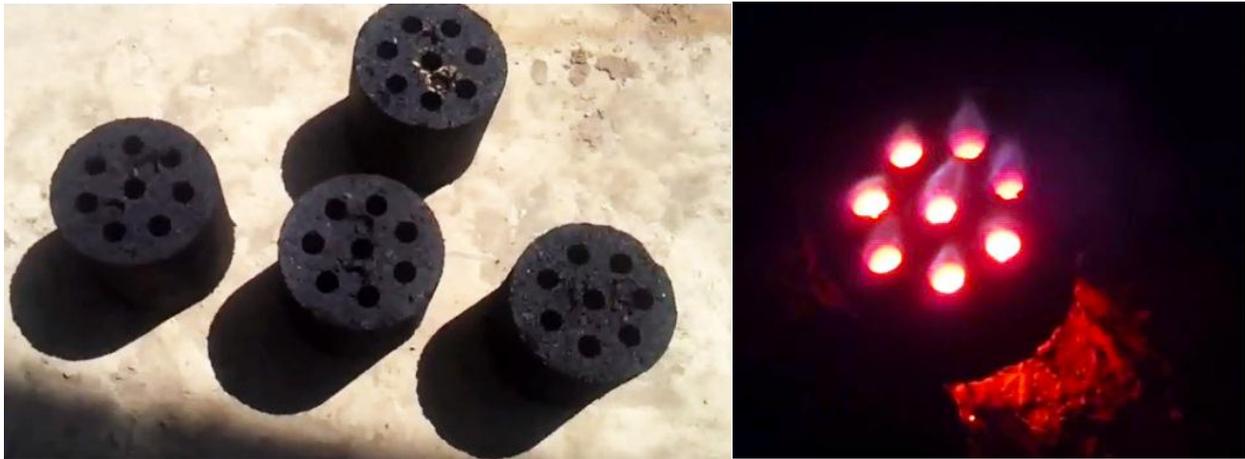


Рисунок 5 - Изготовление угольных брикетов вручную

Когда в наличии имеется шнековый пресс (рис. 6), то производство значительно упрощается и ускоряется. Включив электродвигатель, вышеуказанную смесь загружают лопатой в приёмный бункер экструдера. На выходе получают «колбаски» цилиндрической формы отличного качества. Стоит отметить, что подобные брикеты из угольной пыли обладают хорошей прочностью, их даже можно транспортировать.



Рисунок 6 - Шнековый пресс

Заключение

Конечно, изготовленные в домашних условиях брикеты далеки от идеала. Они имеют невысокую плотность и повышенную влажность, а потому дадут тепла меньше, чем заводские изделия. Тем не менее, в печке или котле они горят хорошо, это не то, что жечь угольную пыль, спекающуюся коржом. Угольный брикет более предпочтителен, с точки зрения загрязнения атмосферы, в сравнении с мазутом (тем более с углём), так как имеет практически «нулевой эффект» по выбросам парниковых газов, прежде всего CO₂. Использование древесного топлива в качестве энергоносителя в полной мере отвечает положениям Киотского протокола, касающихся ограничения и сокращения выбросов парниковых газов.

Объём выбросов загрязняющих веществ, при сжигании древесного топлива зависит не только от его вида и состава, но и от его влажности и коэффициента полезного действия котла. Таким образом, эффективное использование древесного топлива напрямую зависит от его подготовки с учётом максимального удаления влаги. Данным требованиям в первую очередь соответствуют древесное топливо в виде брикет. Да и по стоимости самодельные брикеты из каменного угля обойдутся дешевле.

Список литературы

1. Артемова О.С. История технологии обогащения полезных ископаемых: Учебное пособие. - Иркутск: ИрГТУ, 2008.
2. Гайко Г.И. История горного дела: Учебник / Г. И. Гайко, В. С. Белецкий. - К.: Алчевск: КМ Академия: ЛАДО, 2013.
3. Лукина К.И., Шилаев В.П., Якушкин В.П. и др. Процессы и основное оборудование для обогащения полезных ископаемых. Электронное мультимедийное учебное пособие. - М.: Изд-во МГОУ, 2009.

УДК 622.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Серафимова Л. И., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,

Науменко В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н.,

Кузнецов В. А., студент группы ОПИ-16, ГОУВПО «ДОННТУ»,

Дороговозов К. Ю., студент группы ОПИ-16, ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: serafimova.mila@mail.ru

Аннотация: Одним из методов исследований является феноменологический подход при исследовании процессов очистки сочных вод от загрязнений. Феноменология по своему смыслу означает совокупность знаний о взаимосвязях между различными явлениями и наиболее часто используется в естествознании, в частности в физике. Ясно, что во всех технологических процессах происходят физические процессы или химические взаимодействия, которые описываются средствами математики.

Ключевые слова: методы, процессы, флотация, моделирование, феноменология.

Annotation: The purpose of this work is to study the flotation process using a phenomenological approach. The process of flotation extraction of pollution from wastewater is divided into stages. The formation of the bubble-particle flotation complex is decisive. The forces acting at each stage are determined. Revealed the most significant forces.

Keywords: Flotation, wastewater, phenomenological an approach, stages, formation, dehydration, core forces, pollution.

В современной науке используются самые разнообразные методы исследований различных процессов с использованием натуральных экспериментов, имитационного компьютерного моделирования, математического аппарата.

При значительных объёмах фактического материала исследователь сталкивается с необходимостью систематизации полученных данных, их упорядочивания для исключения ошибок в результате хаотичности данных. Правильная организация исследований предполагает выбор и обоснование их методики ещё до сбора и накопления фактического материала. В качестве исследовательских подходов наиболее часто используется комплексный подход, систематический, аналитический, применяется планирование экспериментов и другие методы в зависимости от поставленных исследователем задач и сложности изучаемого процесса. В последнее время активно развивается моделирование самых разнообразных технологических процессов – адаптационное, эвристическое, математическое. Современной методологии в экологических исследованиях, как и в любой отрасли знания, присущи поиск новых, нехарактерных для неё методов и совершенствование уже известных, которые чаще используются в другой сфере. Одним из методов исследований является феноменологический подход при исследовании процессов очистки сточных вод от загрязнений. Феноменология по своему смыслу означает совокупность знаний о взаимосвязях между различными явлениями и наиболее часто используется в естествознании, в частности в физике. Ясно, что во всех технологических процессах происходят физические процессы или химические взаимодействия, которые описываются средствами математики. Феноменологический подход подразумевает разбиение технологического процесса на несколько элементарных подпроцессов (актов), которые происходят в пространстве и времени последовательно или параллельно. С помощью такого подхода можно создать схему (феноменологическую модель), показывающую последовательность всех элементарных процессов, происходящих в данной технологии или отдельно взятом аппарате. На рисунке показана феноменологическая схема процесса флотационного улавливания загрязнений при очистке сточных вод.

В свою очередь каждый из указанных процессов можно разбить на подпроцессы с целью оптимизации их исследования и определения рациональных режимов. С позиций повышения эффективности улавливания загрязнений фло-

тационным физико-химическим способом наибольший интерес представляет взаимодействие частиц загрязнений и воздушных пузырьков с образованием флотационных комплексов, который разбивается на следующие этапы (рис. 2). Поведение частиц при флотации определяется суммарным эффектом, возникающим от адсорбции воды с образованием гидратных слоёв и адсорбции реагентов поверхностью и их взаимного влияния друг на друга. Взаимодействие поверхности с водой и реагентами зависит от вида и количества ненасыщенных связей на поверхности частиц. Гидратные слои образуются как у границы раздела воды с твёрдой фазой, так и с газообразной или жидкой фазами. Взаимодействие воды и находящихся в ней ионов с частицами загрязнений изменяет не только их поверхностный состав, но и электрическое состояние поверхности. На ней могут адсорбироваться из раствора ионы определённого знака, в результате чего образуется двойной электрический слой (ДЭС).

В пульпе флотатора образование ДЭС осложняется ещё и присутствием различных ионов с разными зарядами и размерами в зависимости от состава загрязнений, наличием ионов солей в воде и ионами реагентов.

Существует несколько гипотез об этапах прилипания, которые разбивают при феноменологическом исследовании сложный процесс образования флотационного комплекса в виде пузырька воздуха с закрепившейся на нем частицей (частицами) загрязнений.

1. Сближение частицы и пузырька до расстояния, на котором начинают интенсивно действовать поверхностные силы, проявляющиеся межфазовых границах. Сближение фаз определяется направлением их движения в гравитационном поле. Чем больше количество воздушных пузырьков и частиц в единице объёма и чем больше размер пузырька, тем больше число столкновений этих фаз. При этом принимается, что частицы не отклоняются потоками пульпы, обтекающими пузырьки. Водная прослойка между пузырьком и частицей состоит из ориентированного гидратного слоя, смачивающего частицу, и объёмной фазы. Началом сближения считают момент, когда поток пульпы, несущий частицу, начинает изменять направление движения, огибая пузырёк. Крае-

вой угол, определяющий прочность прилипания, при этом ещё не образуется. Конец этапа сближения и переход к закреплению частицы на пузырьке определяется моментом, когда поверхностные силы начинают играть заметную роль. Вероятность соприкосновения частицы и пузырька определяется соотношением их размеров, массой частицы, скоростью и направлением движения, турбулентным движением пульпы, формой пузырька и её изменениями (вибрациями), формой частиц. Учесть все эти параметры довольно сложно. Обычно рассматривают два варианта встречи пузырька и частицы - ударом и скольжением. Считается, что более крупные частицы сталкиваются ударом, тонкие частицы с малой массой сносятся потоком и скользят вдоль пузырька. Имеет место и промежуточная форма встречи частиц и пузырька - удар и последующее скольжение вместе с обтекающим пузырёк потоком.

2. Закрепление (прилипание) частицы происходит в результате утончения промежуточной водной прослойки между частицей и пузырьком до толщины, обеспечивающей первоначальное слипание частицы и пузырька. После достижения этой толщины гидратный слой скачкообразно прорывается полностью или до меньшей толщины. При этом, чем гидрофобнее поверхность частицы, тем быстрее происходит прилипание к ней пузырька газа.

Исследованиями установлено, что под прилипшим к твёрдой поверхности пузырьком воздуха остаётся остаточный гидратный слой толщиной от 3 до 400Å . Он расположен по всей площади основания пузырька и не препятствует прилипанию, что объясняется особым состоянием молекул воды в нем. Устойчивость тонких водных слоёв и связанная с ней скорость их утончения до критической толщины имеет определяющее значение. Этот этап заканчивается образованием трёхфазного периметра смачивания и минимального краевого угла, необходимого для первоначального закрепления, что обеспечивается действием сил, среди которых поверхностные оказывают наибольшее влияние.

Прилипание в условиях флотационного процесса может быть только кратковременным. При этом между частицей, тонким гидратным слоем и пузырьком воздуха действуют следующие основные силы.

1. На этапе прилипания основная роль принадлежит поверхностным силам, но продолжают действовать механические силы, вызывающие сближение фаз. К ним примыкают силы капиллярного давления, возникающие в связи с деформацией воздушного пузырька.

2. Имеют место дальнедействующие силы притяжения Ван-дер-Ваальса (дисперсионные), зависящие от расстояния между частицей и пузырьком и не зависящие от заряженности их поверхности.

3. При перекрытии двойных ионных слоёв частицы и пузырька проявляются силы электрического взаимодействия. Радиус действия этих сил зависит от толщины диффузной части ДЭС, от потенциала поверхностей и расстояния между контактирующими фазами.

4. Возникают силы, определяющие сопротивление утончению (выдавливанию) смачивающего частицу гидратного слоя, которое прямо пропорционально связано с расстоянием между сближающимися фазами. Эти силы зависят от взаимодействия дипольных молекул воды с ионами или атомами поверхностного слоя частицы и друг с другом (силы Ван-дер-Ваальса), а также от энергии смачивания. При достижении краевым углом величины, достаточной для уравнивания сил отрыва твёрдой частицы, завершается закрепление и начинается третий этап – упрочнение прилипания.

3. Упрочнение прилипания связано с дальнейшим утончением промежуточной водной прослойки и ростом краевого угла. Это обеспечивает удержание частицы на воздушном пузырьке при действии отрывающих сил.

Упрочнение прилипания происходит в том случае, когда скорость роста сил притяжения больше возможных скачков сил отрыва. При движении комплекса пузырёк-частица в турбулентно движущейся пульпе пульсационные ускорения и удары встречных частиц создают дополнительные силы отрыва. Поэтому достаточная прочность прилипания является необходимым условием сохранения флотационного комплекса.

Исследования показали, что величина краевого угла тем больше, чем тоньше остаточная водная плёнка между пузырьком газа и твёрдой частицей.

Это привело к гипотезе о дальнейшем утончении остаточного гидратного слоя после его первоначального прорыва и закрепления пузырька.

Принятое деление является условным, так как имеет место непрерывность перехода от одного этапа к другому. В основу такого деления положено различие преобладающих на отдельных этапах действующих сил.

Каждый из этапов может быть разбит в свою очередь на ещё более мелкие стадии, различающиеся по интенсивности действия сил.

На этапе сближения преобладают механические и гидродинамические силы. На этапе закрепления продолжают действовать механические силы.

При этом вступают в действие силы притяжения Ван-дер-Ваальса и силы электростатического взаимодействия диффузных частей ДЭС у твёрдой и газовой поверхностей. Действуют и силы, обуславливающие смачивание частицы. На этапе упрочнения действуют те же силы, что и на этапе закрепления. Происходит постепенное удаление молекул воды из остаточного гидратного слоя. Устойчивое сохранение комплекса частица-пузырёк соответствует минимуму потенциальной энергии этой термодинамической системы.

Вывод:

Таким образом, с помощью феноменологического подхода проведено исследование процесса флотационной очистки сточных вод от загрязнений в виде тонкодисперсных твёрдых частиц. Условное разделение процесса образования флотационного комплекса на более тонкие подпроцессы позволяет выделить основные действующие силы и параметры, определяющие процесс. Это даёт возможность выявить направления оптимизации каждого этапа, что в целом способствует повышению эффективности флотации.

Список литературы

1. Степин В.С. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция / В.С. Степин. – М., 2000.
2. Каргин В. Р. Методология научных исследований. [Электронный ресурс]: / URL: http://www.ssau.ru/files/education/metod_1/ Кар-

гин%20В.Р.%20Методология%20научных.%20.pdf (дата обращения 28.06.2017).

3. Завьялова М. П. Методы научного исследования: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 160 с.

4. Математическое моделирование процессов обогащения полезных ископаемых: Монография / Под общ. ред. проф. Павлыш В.Н. - Донецк: «ВИК», 2014. – 463 с.

5. Назимко Е.И. Численные методы моделирования в приложении к экологическим проблемам / Е.И. Назимко, А.Н. Корчевский, Г.В. Чудаева, Малько С.В. // Мат. Междунар. научн. конф. «Окружающая среда и человек» памяти чл.-кор. РАН Д.Г. Матишова – Ростов-на-Дону. - 5-8 сент. 2016, С. 305-307.

6. Nazimko L. Modelowanie elementarnego aktu flotacji / L. Nazimko, A. Nad, N. Zviagintseva// Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Min. Eng. Society, – Rocznik XIV. - №1 (31). - P. 43-48.

7. Физико-химические основы теории флотации. –М.: Наука, 1993. –264 с.

УДК 622.7.01

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Науменко В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н.,

Медведев Д. А., студент группы Шск-16 ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: andiline.mail@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ схем экологической и промышленной безопасности при освоении месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: экология, экологическая безопасность, промышленная безопасность, окружающая среда.

Annotation. The analysis of the schemes of environmental and industrial safety during the development of mineral deposits.

Key words: ecology, environmental safety, industrial safety, environment.

Промышленная и экологическая безопасность – актуальная для всех государств тема. Промышленность очень важна для экономического развития любой страны. Бурный рост и развитие промышленных объектов, появление новых технологий, освоение новых месторождений полезных ископаемых, создание мощного промышленного оборудования представляют собой потенциальный риск промышленных аварий и их отрицательных последствий для здоровья людей и состояния окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость оперативного реагирования на произошедшие крупные аварии, с их последующим предотвращением и готовностью к новым происшествиям.

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мер, направленных на защиту окружающей среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Обеспечение экологической безопасности предприятия требует комплексного подхода. На начальном этапе необходимо определить производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Оценка текущей ситуации осуществляется в рамках экологических инспекций, в ходе которых проводится проверка деятельности предприятия нормативным требованиям, касающимся охраны окружающей среды и сохранения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Промышленная безопасность на предприятии отвечает за защиту территории предприятия, его сотрудников и прочей прилегающей территории. Основное направление промышленной безопасности на действующем предприятии – обеспечение безопасных условий труда на участке, опасном или аварийном, а также сведение к минимуму вероятности возникновения чрезвычайных

ситуаций, вредных для здоровья человека воздействий и устранение прочих негативных факторов. На каждом предприятии должно быть предусмотрено проведение мероприятий по промышленной и противопожарной безопасности. Обучение проводится в специализированных центрах по установленным стандартам и нормам. В этих же центрах проводится и профессиональная переподготовка кадров на соответствие занимаемой должности. После прохождения обучения выдаётся аттестат соответствия.

Проблему промышленной безопасности в той или иной мере постоянно курируют авторитетные международные организации, такие как ООН и входящая в её состав Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международная организация гражданской авиации и ещё целый ряд государственных и региональных организаций различных стран.

Правительства всех государств понимают, что проблему промышленной безопасности нужно решать в сотрудничестве с другими странами. Постоянно проводятся консультации по вопросам промышленной безопасности, саммиты, в ходе которых принимаются различные международные документы, стандарты, регулирующие данные вопросы, регулярно под эгидой ООН и других международных организаций проводятся международные форумы и конференции по промышленной безопасности. Активное участие в деятельности международных организаций и мероприятий принимают такие страны, как Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Молдова, Россия, Таджикистан, Узбекистан, Украина, Аргентина, Бразилия, Германия, Италия, Польша, США, Швейцария, Южная Корея и Япония.

Предприятия (организации) по добыче полезных ископаемых независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности должны осуществлять свою деятельность в соответствии с требованиями законов и норм в области промышленной безопасности.

Правила безопасности являются основополагающим документом по промышленной безопасности и охране труда, в соответствии с которыми разраба-

тываются другие нормативные документы по безопасности работ и охране труда на горных предприятиях.

Правила безопасности распространяются на все предприятия и организации, осуществляющие деятельность по горным разработкам независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, а также на индивидуальных предпринимателей и физических лиц, осуществляющих проектирование, строительство и эксплуатацию горного предприятия, разработку, изготовление, ремонт и использование машин, оборудования, приборов и материалов; работников научно-исследовательских и проектных организаций, контролирующие органы, военизированные горноспасательные части (ВГСЧ), а также лиц, чья работа или учёба связана с посещением горного предприятия.

Первый руководитель предприятия (владелец), эксплуатирующий его, обязан обеспечить безопасные и здоровые условия труда на предприятии независимо от того, предусмотрено ли все необходимое Правилами безопасности.

Обязанности и права работников по безопасному ведению работ и охране труда определяются правилами безопасности, правилами внутреннего трудового распорядка, трудовыми соглашениями (контрактами), коллективными договорами, технической документацией, должностными инструкциями, а также инструкциями, устанавливающими правила выполнения работ. Такие инструкции утверждаются руководителем (главным инженером) предприятия.

На предприятии должны функционировать разработанные и утверждённые его директором (владельцем) Положение о производственном контроле над соблюдением требований промышленной безопасности, управлением охраной труда, а также нарядная система.

Предприятия (организации), ведущие горные работы в соответствии с законодательством о промышленной безопасности, должны представлять декларацию промышленной безопасности и страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте. Декларация

промышленной безопасности должна проходить экспертизу промышленной безопасности.

Горное предприятие должно иметь:

а) утверждённую в установленном порядке проектно-сметную, геолого-маркшейдерскую, производственно-техническую и учётно-контрольную документацию, а также ситуационный план поверхности с указанием всех объектов и сооружений в пределах горного отвода предприятия, в особенности объектов, которые могут представлять опасность для ведения горных работ, а также объектов третьих лиц.

Для всех видов документации определяются единые для отрасли сроки хранения с обязательным указанием их на титульных листах;

б) лицензии (разрешения) на эксплуатацию горных производств и объектов и на другие виды деятельности, выданные в установленном порядке;

в) для разработки месторождений независимо от годовой добычи и запасов полезного ископаемого предприятие обязано иметь лицензию на право пользования недрами, а также горный отвод, зарегистрированный в уполномоченных государственных органах;

г) нормативные правовые акты и нормативные технические документы, устанавливающие правила ведения работ на горном предприятии.

На предприятии должен быть план ликвидации аварий на случаи угрозы возникновения производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий, а также план мероприятий на период объявления режима повышенной готовности к чрезвычайной ситуации. При остановке работ на предприятии запрещается нахождение на его территории лиц, не связанных с обеспечением его жизнедеятельности или ликвидации аварии.

На каждом предприятии должна действовать система охраны, исключая доступ посторонних лиц на объекты жизнеобеспечения предприятия, горные выработки, в служебные здания и сооружения. Запрещается без письменного разрешения руководства (кроме аварийных случаев) остановка объек-

тов жизнеобеспечения (электростанции, водоотливы, калориферные установки, котельные и др.)

На предприятии должны использоваться горные машины, механизмы, оборудование, изделия, материалы, допущенные к эксплуатации уполномоченными государственными органами.

Степень негативного воздействия горного производства на природную среду зависит от множества причин, среди которых следует выделить: технологические (обусловленные комплексом приёмов и способов воздействия; экономические, зависящие от экономических возможностей региона в целом и предприятия в частности) и экологические (связанные с особенностями экосистем, испытывающих это воздействие). Все эти причины тесно связаны друг с другом, и чрезмерное воздействие одной из них можно компенсировать другой. Например, в горнодобывающем регионе, имеющем солидные отчисления в бюджет, можно компенсировать интенсивность воздействия на среду вложением дополнительных средств как в модернизацию производства, так и проведение мероприятий по улучшению состояния природной среды.

Основным последствием разработки месторождения твёрдых полезных ископаемых открытым способом является нарушение рельефа из-за формирования отвалов и разного рода выемок на поверхности земли, а подземным способом – формирование терриконов¹, которые занимают десятки тысяч гектаров плодородных земель. Также стоит отметить, что угольные терриконы часто самозгораются, что приводит к существенному загрязнению атмосферы, так как в своём составе породные отвалы обладают богатым спектром элементов. Длительная разработка месторождений нефти и газа приводит к опусканию земной поверхности и усилению сейсмических явлений.

Масштабы добычи минерального сырья увеличиваются каждый год. Это связано не только с ростом потребления пород и минералов, но и с уменьшением содержания в них полезных компонентов. Созданы технологии, позволяю-

¹ Террикон – отвал, искусственная насыпь из пустых пород, извлечённых при подземной разработке месторождений угля и других полезных ископаемых, насыпь из отходов или шлаков от различных производств и сжигания твёрдого топлива.

щие переработать практически все материалы. В настоящее время общемировая добыча горнорудного сырья и топлива значительно превзошла 150 млрд. тонн в год с полезным содержанием менее 8 % исходной массы. Ежегодно в государствах – участниках СНГ складывается в отвалах около 5 млрд. тонн вскрышных пород, 700 млн. тонн хвостов обогащения и 150 млн. тонн золы. Из них далее в народном хозяйстве используется не более 4 % [1].

Закладка, строительство и эксплуатация шахт, карьеров и других горных предприятий должны осуществляться по проектам с соблюдением государственных технических нормативов и стандартов безопасности и экологии. Производственные объекты, сооружения, оборудование, транспортные средства, технологические процессы, а также условия труда на рабочих местах (в частности, состояние атмосферы в шахтах, их загазованность и запылённость), состояние мер коллективной и индивидуальной защиты должны соответствовать нормативным актам об охране труда, и техническим требованиям к оборудованию горных предприятий.

Наличие развитой промышленности, больших промышленных комплексов, горных предприятий, большинство из которых потенциально опасны, развитая сеть транспортных коммуникаций, в том числе нефтегазовые и газопроводы, большое количество энергетических объектов, использование в производстве значительного количества потенциально опасных веществ, эксплуатация грузоподъёмных и буровых установок, строительной техники – все это увеличивает вероятность возникновения техногенных ситуаций, которые содержат в себе опасность для человека, экономики и окружающей среды.

Сопоставление количества аварий в шахтах, карьерах, аварийных разливов, о фактах которых недропользователи информируют надзорные органы, с количеством установленных в ходе комплексной проверки одного недропользователя свидетельствует об отсутствии у надзорных органов и органов управления достоверной информации о масштабах аварий и загрязнения окружающей среды, о мерах, принимаемых недропользователями по ликвидации чрез-

вычайных ситуаций, а также о накопленном экологическом ущербе в виде загрязнения почв, водных объектов, донных отложений.

Одним из важных вопросов в решении проблемы техногенной безопасности является правильная оценка потенциальной опасности. Для разработки практических мер предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в ограничении их поражающей способности необходима систематизация крупномасштабных аварий. Подробный анализ возникновения и развития чрезвычайных ситуаций позволяет выделить систему общих и частных факторов опасностей, которые следует учитывать при проектировании новых производств, усовершенствовании нормативно-технической документации.

В условиях значительного износа действующих в государствах – участниках СНГ производственных фондов важнейшей задачей является совершенствование и более широкое использование мониторинга их технического состояния, что помогает определить возможность и сроки их дальнейшей эксплуатации, а главное предотвратить возможные техногенные аварии и катастрофы.

Высокий уровень производственного травматизма на предприятиях зачастую связан с неудовлетворительной организацией работы по охране труда, нарушениями трудовой и производственной дисциплины, недостаточным обучением безопасным приемам работ, нарушениями требований техники безопасности и безответственным отношением многих предпринимателей-работодателей к созданию безопасных условий труда работников.

Представляется, что уровень аварийности на добывающих производствах может снизиться также благодаря принимаемым мерам нормативного правового регулирования, в том числе в сфере формирования экономических механизмов стимулирования недропользователей (увеличение штрафов за превышение нормативов, повышение коэффициентов к плате за негативное воздействие в связи со сжиганием попутного нефтяного газа (ПНГ) и др.), и вкладываемым недропользователями средствам в развитие соответствующей инфраструктуры.

Наибольшую тревогу вызывает низкая степень готовности специализированных служб к устранению последствий аварий, а именно ликвидации загрязнения почвенно-растительного покрова и водных объектов нефтью и пластовыми водами.

Для недопущения решения проблем в сфере промышленной и экологической безопасности недропользования необходимо:

1) создать систему прогнозирования, выявления, анализа и оценки рисков аварий на опасных производственных объектах, надёжности систем обеспечения промышленной безопасности, последствий возможных аварий;

2) обеспечить безаварийную эксплуатацию технологического оборудования;

3) создать благоприятные условия для модернизации основных производственных фондов, внедрения инновационных производственных технологий, уникального оборудования и материалов;

4) сократить перечень и сформировать организационные механизмы классификации опасных производственных объектов по степени риска аварий и масштабу их последствий;

5) обеспечить непрерывную корректировку требований безопасности с учётом развития технологий, применяемых на опасных производственных объектах;

6) оптимизировать административные процедуры при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и эксплуатации опасных производственных объектов;

7) организовать эффективную систему производственного контроля и государственного надзора;

8) сформировать комплекс мер государственной поддержки разработки, реализации и внедрения российских технологий обеспечения промышленной и экологической безопасности;

9) обеспечить открытость информации о состоянии промышленной и экологической безопасности и доступность требований промышленной и экологической безопасности;

10) обеспечить готовность специализированных подразделений и служб к ликвидации последствий возможных аварий, в том числе экологических, а также организационного обеспечения (в том числе финансового) профилактики возможных аварий, как на суше, так и на континентальном шельфе;

11) обеспечить повышение уровня квалификации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты;

12) укреплять и развивать взаимовыгодное международное сотрудничество в области промышленной и экологической безопасности.

Список литературы

1. Грановская Н.В., Наставкин А.В., Мещанинов Ф.В. Техногенные месторождения полезных ископаемых. - Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013.

УДК 622.7.01

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС ДОНБАССА

Наumenko В. Г., доцент каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н.,

Сулимов В. В., студент группы РПМск-17 ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: andiline.mail@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ экологических проблем Донбасса. Источники загрязнения промышленными выбросами и их последствия на окружающую среду региона. Историческая справка образования Донбасса.

Ключевые слова: Донбасс, ликвидация, загрязнения, отходы, промышленные выбросы, терриконы.

Annotation. The analysis of environmental problems of Donbas. Sources of pollution by industrial emissions and their consequences on the environment of the region. Historical reference education Donbas.

Key words: Donbas, liquidation, pollution, waste, industrial emissions, waste heaps.

Донéцкий регион, также Донéцкий край (укр. Донецький край), Донéцкая земля (укр. Донецька земля), Донéтчина (укр. Донеччина) или Донбáсс (укр. Донбас) — историко-географическая область в границах Донецкого края, образовавшаяся в результате общего исторического развития и тесного переплетения экономической деятельности ряда промышленных городов на востоке Украины. Включает бóльшую часть ДНР и южную часть ЛНР (за исключением северных территорий, имеющих иную экономическую структуру и традиционно рассматриваемых в качестве части Слобожанщины) областей. Крупный центр угольной промышленности в Восточной Европе чёрной и цветной металлургии.

Неформальная столица — город Донецк. Девиз — *Possibilitas re probata est* (в переводе с лат.— «возможность доказана делом»).

В 1696 году, возвращаясь из Первого Азовского похода, во время отдыха на берегу реки Кальмиус Петр 1 увидел кусок угля. «Сей минерал, если не нам, то потомкам зело полезен будет». Датой основания Донбасса, принято считать 1721 год, когда экспедицией под руководством Григория Григорьевича Капустина был открыт Донецкий угольный бассейн. И 7 декабря 1722 года Петр 1 подписал указ о создании угольного бассейна. Однако промышленное освоение региона началось только во второй половине XIX века. Поскольку одно из названий региона происходит от названия угольного бассейна, нередко происходит путаница: в контексте угледобывающей промышленности территория региона известна как Малый Донбасс и является частью так называемого Большого Донбасса — всей территории Донецкого угольного бассейна, в со-

став которого также входят восточные районы Днепропетровской области Украины (Западный Донбасс), а также западная часть Ростовской области Российской Федерации (Восточный Донбасс) .

Одним из основных факторов повлиявших на экологическую обстановку, является развитие добывающей и перерабатывающей промышленности.

Несмотря на спад производства, нагрузка на биосферу Донбасса по-прежнему остается одной из наибольших в Европе.

Предприятия региона выбрасывают около шестой части суммарного объема загрязняющих веществ на территории Восточной Европы.

Острейшими проблемами региона являются загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение водного бассейна, загрязнение почв.

Более 40 % объёма вредных выбросов приходится на 3 электростанции и 4 металлургических завода области:

- Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича— 11,2 %;
- Кураховская ГРЭС — 7,7 %;
- Угледорская ГРЭС — 7,1 %;
- Старобешевская ГРЭС — 6,3 %;
- Металлургический комбинат «Азовсталь» — 5,7 %;
- Енакиевский металлургический завод — 2,7 %;
- Макеевский металлургический комбинат имени Кирова — 1,5 %.

Ежегодно угольные шахты сбрасывают около 500 млн. куб. м шахтных вод, загрязнённых минеральными солями, взвешенными веществами и бактериальными примесями.

Техногенные процессы, которые привели к современному экологическому состоянию:

- *Физико-химические, механические и биохимические процессы*, обусловленные угледобычей, углеобогащением, углепереработкой,
- *Техногенные процессы*, обусловленные производствами Донецкого металлургического завода

➤ *Техногенные процессы*, обусловленные металлургическим производством по вторичной переработке цветных металлов

Многие проблемы связаны с несоблюдением надлежащих мер при закрытии шахт. Последствия массового закрытия шахт в Донбассе:

- Подтопления жилищно-коммунальных и промышленных объектов.
- Оседание земной поверхности.
- Меняется структура потоков взрывоопасных газов.
- Геохимическое загрязнение ландшафтов промышленно-городских и сельскохозяйственных районов.
- Происходит устойчивое повышение минерализации и загрязнения нитратами, тяжелыми металлами.
- Радиохимическое загрязнения почв и подземных вод.

Ранее исходя из сложной экологической обстановки разработан структурный план концепции экологической деятельности в Донбассе на период 2001-2010 гг.

Согласно этой концепции были определены следующие приоритеты:

1. Уменьшение и уничтожение опасных отходов;
2. Утилизация и уничтожение отходов промышленного комплекса;
3. Снижение сбросов загрязнённых вод от промышленных предприятий и в коммунальном секторе;
4. Развитие природно-заповедного фонда области;
5. Работа с общественными организациями, международное сотрудничество в области экологии.

На данный момент в Донецкой Народной Республике проводится политика озеленения и облагораживания территория для снижения техногенного влияния на экологию и человека. Уменьшение и уничтожение опасных отходов. Утилизация и уничтожение отходов промышленного комплекса.

Список литературы

1.Бутовецкий В.С., Охрана природы при обогащении углей: Справочное пособие.– М.: Недр.-1981.- 231с.

2. Зеньков И.В. Результаты исследования поверхности внешнего отвала угольного разреза «Бородинский» // Экология и промышленность России. – 2008. - №2. – С. 16-19.

3. Калебердина Т.Н., Степаненко В.И. Методические рекомендации по технологии озеленения плоских породных шахтных отвалов Донбасса. - Донецк: ЦБНТИ. – 1991. - 36 с.

4. Степанов Я.Н. Технические решения проблемы переработки и сепарации строительных отходов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. Зб. – 2010. - Вип. 43(84) – С. 159-165.

5. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. – С.-Пб. – 2005. – 73 с.

6. Смирный М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов О.Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса: Монография. – Луганск: ВНУ им. В.Даля.- 2006.

УДК 622.7.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА РЕАГЕНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИИ УГЛЯ

Звягинцева Н. А., ст. преп. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ»,

Олейникова Е. В., студентка группы ОПИ-14, ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: zviagintseva@donntu.org

Аннотация. Проведены исследования по флотации угольного шлама. Изучено влияние концентрации реагентов - собирателя и вспенивателя - на технологические показатели продуктов флотационного разделения.

Ключевые слова: флотация, угольный шлам, реагент, собиратель, вспениватель, расход, концентрат, отходы, зольность, выход.

Annotation. Researches on coal slimes flotation are conducted. The influence of concentration of collectors and frothers on technological measures of flotation separation products was studied.

Keywords: flotation, coal slimes, reagent, collector, frother, expense, concentrate, tailings, ash content, yield.

В настоящее время самым эффективным процессом обогащения угольных шламов остаётся пенная флотация - процесс, основанный на различии в смачиваемости поверхности разделяемых минералов водой.

На флотационный процесс влияет много факторов, к которым относятся характеристика исходного сырья, характеристика пульпы, реагентный режим, флотационные машины.

Роль каждого фактора в результатах флотации неодинакова, в каждом конкретном случае любой может иметь решающее действие, поэтому они должны быть отрегулированы и поддерживаться в оптимальных пределах.

Флотация не возможна без применения флотационных реагентов, к которым относятся собиратели и вспениватели.

Для исследования влияния факторов на флотацию угольного шлама были проведены опыты в лабораторных условиях на флотомашине типа ФЛ-1.

В качестве реагентов применялись следующие продукты:

- собиратель – дизельное топливо;
- вспениватель – оксаль Т-92.

Дизельное топливо (ДТ) – это топливо, которое получается при перегонке нефти из керосиново-газойлевых фракций. Дизельное топливо само по себе представляет вязкую и трудноиспаряемую жидкость, которая состоит в большей степени из углерода. Также в ее составе присутствуют такие элементы как водород, кислород, сера и азот. Дизтопливо относится к светлым нефтепродуктам.

Вспениватель – оксаль Т-92 продукт, представляющий собой горячую жидкость от желтого до коричневого цвета. Получают в процессе производства

диметалдиоксана при переработке высококипящих побочных продуктов. Флотореагент – оксаль - +смесь многоатомных спиртов, легкоподвижная, прозрачная, нерасслаивающаяся жидкость с ароматическим запахом. Относится к малотоксичным и малоопасным веществам по воздействию на организм человека.

В качестве исходного материала использовался первичный угольный шлам марки ОС (отощено-спекающийся).

Была проведена серия опытов для исследования влияния расхода реагентов на результаты флотации, а также распределение классов крупности в продуктах.

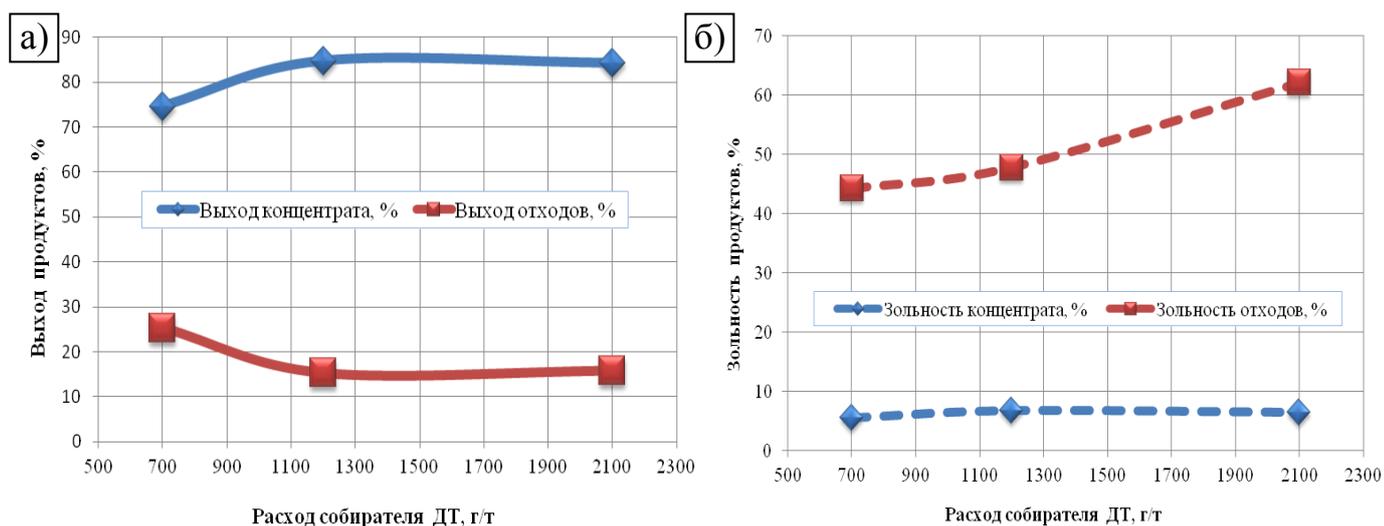
В первой серии опытов изменяли расход дизтоплива: 700, 1200 и 2100 г/т.

Анализ показал, что количество собирателя влияет на выход продуктов и их зольность (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели продуктов флотации
при различном расходе собирателя

Расход ДТ, г/т	Концентрат		Отходы	
	Выход γ , %	Зольность А, %	Выход γ , %	Зольность А, %
700	74,65	5,49	25,35	44,24
1200	84,71	6,69	15,29	47,86
2100	84,20	6,40	15,80	62,16
Расход Т-92 = 240 г/т				

На графиках (рис. 1) видно, что при малом расходе собирателя не все частицы извлекаются в концентрат, на это указывает низкая зольность отходов. При увеличении расхода дизтоплива зольность отходов повышается. На зольность концентрата количество собирателя влияет меньше.



Рисунки 1 - Зависимость выхода (а) и зольность (б) продуктов флотации от расхода реагента собирателя

Во второй серии опытов изменяли дозировку вспенивателя Т-92: 120, 240 и 360 г/т (табл. 2).

Таблица 2 - Показатели продуктов флотации при различном расходе вспенивателя

Расход Т-92, г/т	Концентрат		Отходы	
	Выход γ , %	Зольность А, %	Выход γ , %	Зольность А, %
120	47,33	5,99	52,67	24,16
240	84,71	6,56	15,29	56,09
360	87,29	5,61	12,71	65,27
Расход ДТ = 1200 г/т				

Анализируя графики (рис. 2), можно сделать вывод, что при малом расходе Т-92 материал распределился в продуктах в одинаковом соотношении, зольность отходов практически равна исходной зольности, т.е. извлечение флотируемых частиц очень низкое. При увеличении количества вспенивателя увеличивается выход концентрата, зольность отходов значительно повышается.

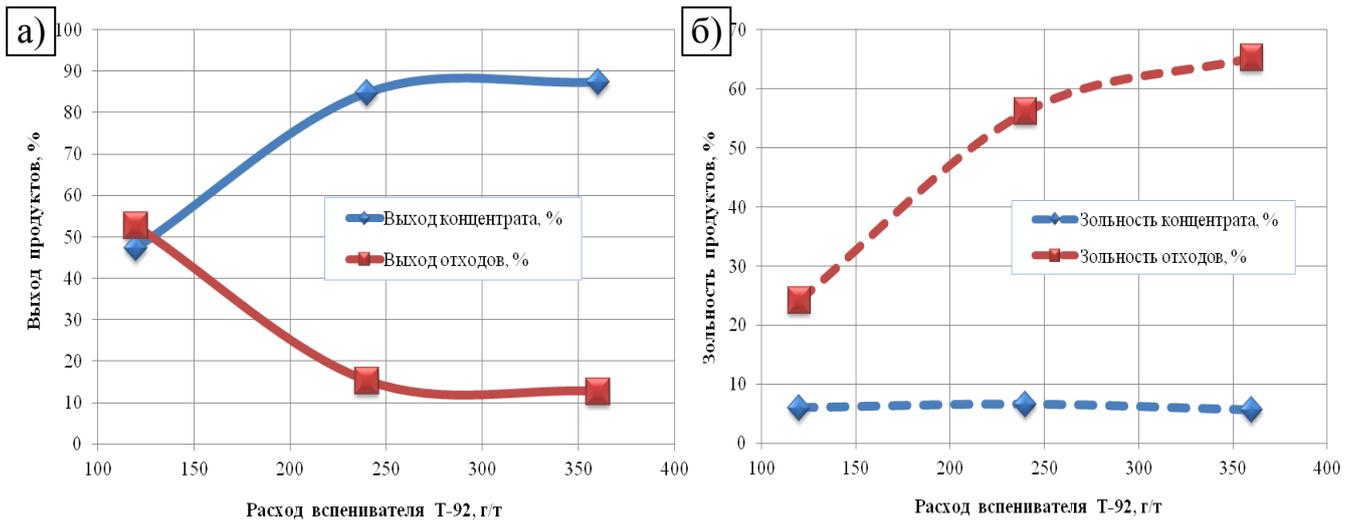


Рисунок 2 - Зависимость выхода (а) и зольность (б) продуктов флотации от расхода реагента вспенивателя

Также наблюдали различную структуру пены при разном количестве реагентов (рис. 3).

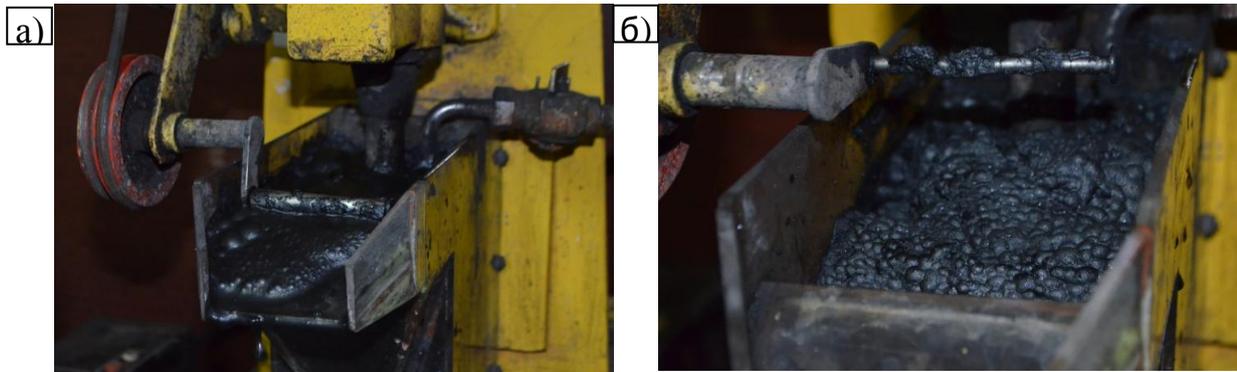


Рисунок 3 - Пенообразование в зависимости от расхода реагентов

При малых расходах вспенивателя (Т-92) и собирателя (дизтопливо) пенообразование незначительное, минерализация пены низкая (рис. 3а).

При увеличении расходов реагентов пена более устойчивая, значительно повышается извлечение частиц в пенный продукт (рис. 3б).

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов по флотации угольного шлама марки ОС можно сделать вывод:

- на выход и зольность продуктов оказывает влияние расход реагентов;

- количество вспенивателя Т-92 более существенно изменяет эти показатели, по сравнению с количеством дизельного топлива;

- для данного материала более качественные продукты были получены при расходе дизтоплива 2100 г/т и Т-92 360 г/т.

Дальнейшие эксперименты будут направлены на исследование различных реагентов и других факторов, влияющих на флотационное обогащение угольных шламов.

Список литературы

1. Е.И. Назимко, Н.А. Звягинцева, Л.И. Серафимова. Выбор рационального реагентного режима для флотации угольных шламов // «Збагачення корисних копалин»: Наук.-техн. зб. Дніпропетровськ – 2010 р. – Вип. 41(82) - 42(83).

2. Е.И. Назимко, Н.А. Звягинцева, В.Г. Науменко Исследование факторов, влияющих на технологию обогащения коксующихся углей // «Збагачення корисних копалин»: Наук.-техн. зб. Дніпропетровськ – 2010 р. – Вип. 43(84).

3. Е.И. Назимко, И.Н. Друц, Л.И. Серафимова, Н.А. Звягинцева. Исследование флотации коксующихся углей // «Збагачення корисних копалин»: Наук.-техн. зб. Дніпропетровськ – 2006 р. – Вип. 25(66) - 26(67).

УДК 622.7.01

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Звягинцева Н. А., ст. преп. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ»,

Ясюченя К. В., студент группы ОПИ-16, ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: zviagintseva@donntu.org

Аннотация. Приведен обзор вторичных ресурсов, находящихся в отвалах различных производств. Показана возможность обогащения углесодержащего сырья породных отвалов угольных шахт и углеперерабатывающих фабрик.

Ключевые слова: породный отвал, террикон, утилизация, переработка, вторичное сырьё, концентрат.

Annotation. The review of the secondary resources which are in various productions' dumps is provided. The possibility of carbonaceous materials processing in waste dumps of coal mines and coal preparation factories is shown.

Keywords: waste dump, spoil-heap, utilization, recycling, secondary raw materials, concentrate.

Последние десятилетия для экономии имеющихся природных ресурсов очень актуальной является проблема повторного использования отходов различных производств.

Если не будет осуществляться очистка водного и воздушного бассейнов, а также утилизация отходов, при существующих темпах развития промышленности Земля может превратиться в свалку.

Отвалы породы - терриконы, наносящие ущерб окружающей среде, занимают значительную территорию Донецкого угольного бассейна. Исследования показали, что в породе терриконов содержится органическая горючая масса, извлечение и использование которой представляет интерес.

В Донбассе насчитывается более 1,5 тыс. терриконов, которые разбросаны по всей территории Донецкого угольного бассейна. В каждом из них находится в среднем 1144 м^3 породы [1].

В Луганской области насчитывается более 500 породных отвалов, например, только в пределах одного города Красный Луч находится 8 (рис. 1). В Донецкой области - 580 терриконов, из них 114 горящих. Под породными отвалами занято 5000 га земли, что составляет 0,2 % от общей территории области. В Донецке терриконов – более ста, а если считать и малые – более 140 [2, 3].

Они не только занимают значительные площади, но и оказывают крайне негативное влияние на атмосферу, поверхностные и подземные водные источники, вызывают эрозию почвы. Поэтому проблема переработки таких отвалов является весьма актуальной.



Рисунок 1 - Количество терриконов в границах города Красный Луч

Решение утилизации угольных породных отвалов, а именно внедрение технологий их обогащения начиналось ещё в начале 2000-х годов. Длительное время считалось, что качественное обогащение терриконов невозможно вследствие высокой зольности до 65 ... 75 % сырья. В первые годы их переработка заключалась только в отсеве класса менее 6 - 10 мм, при этом зольность снижалась до 35 ... 45 %. Такая тенденция сохранялась до тех пор, пока имелся спрос на низкокачественный уголь.

Затем ситуация стала изменяться и зольность концентрата, получаемого при переработке терриконов коксующихся и антрацитовых марок угля, до 6 - 10 % стала нормой. Были установлены десятки модульных комплексов, многие из них переработали не один террикон. И сегодня уже нет сомнений, что обогащение отвалов возможно и прибыльно.

Например, российская компания GRAVICON давно уже занимается этим вопросом, обрабатывая разные породные отвалы в России, Украине, Польше, Казахстане и других странах. За период с 2000 года компанией были проведены исследования техногенных месторождений таких, как угольные терриконы и шламы, отвалы ферросодержащих производств, шлаки металлургических производств (металлургия черных и цветных металлов), старые отвалы золотосодержащих шахт. Были проведены исследования небольших месторождений самого разнообразного минерального сырья. Это аллювиальное золото, алмазы, танталониобиевые руды, вермикулит, касситерит, россыпи ильменита, гранатовые пески и т.п. [4].

Подобные исследования проводились многими компаниями и организациями и продолжают выполняться и в настоящее время. Основываясь на этих экспериментах, были разработаны технологические решения и модульные обогатительные установки, учитывающие различные варианты материала в отвалах.

Рассматривая возможность переобогащения породных терриконах, необходимо учитывать их объёмы, зольность сырья и количество углесодержащих фракций, что связано с экономической составляющей проектов.

Изучение характеристик материала, находящегося в отвалах угольных шахт и углеобогатительных фабрик, даёт основание предполагать, что при зольности исходного сырья 67 ... 77 % можно получать концентрат в количестве до 20 % с содержанием золы от 8 до 16 %.

Обогатительные установки могут перерабатывать материал крупностью 0 – 300 мм, а их производительность составляет от 20 до 200 т/ч в зависимости от объёма террикона.

В качестве обогатительных процессов, которые позволяют достаточно эффективно разделять вторичное угольное сырье, используют отсадочные машины, винтовые сепараторы, тяжелосредные гидроциклоны. Очень перспективным, на наш взгляд, являются концентрационные столы, которые пока не

нашли широкого применения в практике обогащения угля, но по результатам исследований имеют преимущества по сравнению с другим оборудованием.

Рассматривая тему утилизации породных отвалов, можно сделать вывод, что данный вопрос будет оставаться актуальным на протяжении многих последующих лет, т.к. объёмы породных отвалов и сейчас остаются огромными.

Дальнейшие исследования будут направлены на детальное изучение материала, находящегося в породных отвалах после переработки различных марок угля, и на разработку технологических решений, позволяющих утилизировать отвалы и получать дополнительный концентрат для коксования и энергетики.

Список литературы

1. Переработка угольных терриконов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.torezavtomatika.narod.ru/index.html>
2. <http://b-b.in.ua/ru/projects/terricone.html>
3. <https://eam.su/terrkony-simvol-donbassa.html>
4. <http://gravicon.com.ua>