

*Ю.М. Булдаков^{1,2}, М.Г. Егизеков^{1,2}, Н.А. Куленова^{1,2},
Ю.А. Реймер^{1,2}, С.П. Скориков^{1,2}*

¹Восточно-Казахстанский государственный технический
университет им Д.Серикбаева

²Восточно-Казахстанский региональный технопарк «Алтай»,
г.Усть-Каменогорск, Казахстан

ТОВАРНЫЙ УГОЛЬ И ПРОДУКТЫ ЕГО СЖИГАНИЯ – ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация. Цель исследования – усиление мотивация внедрения наукоёмких и коммерчески выгодных проектов по переработке отходов угля и его вторичных ресурсов для расширения возможностей использования сырьевой базы различных отраслей производства.

Проведен анализ работ по обогащению товарного угля, когда его энергоэффективность повышается с 4881 до 5270 ккал/кг, а зольность снижается с 15,5 до 9,1%. При этом тепловые потери производства понижаются до 40%. Полученные остатки угольной массы менее 16% представляют богатое сырье для производства угольных брикетов, т.е. данная технология практически безотходна. Рассмотрены варианты коммерческого интереса к промышленному использованию продуктов сжигания угля - золы и шлаков для производства товаров устойчивого спроса в металлургии, строительной отрасли, нанотехнологиях и других сферах, соответствующих требованиям «зеленой» экономики. Авторы надеются, что результаты исследования и анализ информации по переработке угля и его отходов способствуют раскрытию новых возможностей в использовании сырья и его отходов для успешной коммерциализации технологий производства.

Ключевые слова: товарный уголь, зола, шлаки, переработка угля, вторичные материалы, нанотехнологии, зелёная экономика.

• • •

Түйіндеме. Мақсаты – жақындай түскен жасыл экономика дәуірінде көмірді пайдаланып, оның жанғанынан шыққан қалдықтарын іске қосып, коммерциялық пайда көруге бағытталған және аса құнды әрі көп компонентті қайталама шикізаттарды әр салада, әсіресе нанотехнологияларында қолдану жолдары дәлелденген.

Көмірді байыту нәтижесінде оның энергия тиімділігі 4881ден 5270ккал/кг-ға дейін артқан, көмірдегі күлдің көлемі 15,5пайыздан 9,1ге дейін төмендеген.

Қалған 16-пайыздық көмір массасынан жоғары сапалы брикеттер дайындайтын шикізат алынған.

Осы талдамалы зерттеуде көптеген мысалдар келтірілген. Авторлардың ойынша зерттеу нәтижесін, қолданылған ақпарат жүйесін орынды пайдаланса, бірталай шикізаттардың қалдықтарын қайта іске қосуға болады және осы бағытқа деген көзқарастың өзгеруі әбден мүмкін...

Түйінді сөздер: байытылған көмір, күл, шлак, қайта өңдеу, көмір, қосалқы материалдар, нанотехнологиялар, жасыл экономика.

• • •

Abstract. The purpose of the work is motivation to introduce science-intensive and commercially viable projects for processing coal waste and its secondary resources for expanding the use of raw materials in various industries. The analysis of works on the enrichment of commercial coal is carried out, as a result of which its energy efficiency rises from 4,881 to 5,270 kcal/kg, the ash content decreases from 15.5 to 9.1%. At the same time, thermal losses of production are reduced to 40%. The resulting coal residue less than 16% represents a rich raw material for the production of coal briquettes, i.e. this technology is wasteless. Variants of commercial interest in the processing of combustion products - coal in the form of ash and slags for the production of goods of sustainable demand in metallurgy, construction, nanotechnology and other spheres that meet the requirements of the “green” economy are considered. The authors hope that the results of the research and analysis of information on the processing of coal and its waste will facilitate the discovery of new opportunities in the use of raw materials and waste for the successful commercialization of production technologies.

Key words: commercial coal, ash, slag, coal processing, secondary materials, nanotechnologies, green economy.

Введение. Каменный уголь, как исходное сырье для производства электроэнергии и тепла, представляется объектом, в котором заложен большой коммерческий потенциал.

При сжигании углеродной массы в топках котлов выделяемая теплота преобразуется в тепло- и электроэнергию, применяемую в производстве и любой социальной сфере. В атмосферу выбрасываются огромные количества горячих серно-, азотно- и углекислых газов и пыли, а образующиеся зола и оплавленный шлак с помощью сжатого воздуха, напора воды, системы трубопроводов и другого оборудования откачиваются и отправляются в золохранилища.

Для оценки перспектив использования угля, как инвестиционного объекта, источника экономии и дополнительной прибыли следует ответить на следующие вопросы:

1. Как улучшить качество товарного угля: убрать влагу, уменьшить зольность, увеличить теплоотдачу;

2. Как использовать его явные и скрытые возможности, прежде всего:

а) из стадий его обработки - добычи, транспортировки, хранения, обогащения, сжигания и др.;

б) из продуктов сжигания - используя тепло отходящих газов и употребив их в качестве сырья;

в) из отходов – для извлечения металлов, используя вместо цемента, гравия, песка, для изготовления строительных кирпичей, блоков, панелей и других строительных материалов; получения удобрений и пр.;

3. Как эффективнее использовать преимущества угольной технологии в преддверии наступающей эры «зеленой экономики».

Возможно, на уголь и продукты его сжигания надо взирать не только с комплексной, но и с совершенно с иной позиции, например, как на ресурс не до конца использованных, не раскрытых возможностей. На эти и другие вопросы авторы попытались дать ответы с позиции применения импульсно-инерционной технологии переработки минеральных ресурсов [1].

Использование отходов от сжигания твердого топлива - это не столько вопрос экономии материальных ресурсов, сколько проблема возрастающего загрязнения окружающей среды и, следовательно, здоровья населения. На сегодня реализация возможностей, указанных ниже (гл.1-3), напрямую связаны с системой управления, законами страны, патриотизмом государственной службы, инициативностью в области расширения производства и пр.

1. Характеристика объекта исследования. Уголь содержит в себе «чистое» топливо – это 75-95% углерода и не горючие элементы. Более седьмой части горючей массы угля в процессе сжигания увлекается со шлаками и золой («недожог»), выносится с дымом в атмосферу (пылегазовая смесь) - это проблема №1, снижающая коэффициент использования угля.

Для решения этих проблем, требуется уменьшить потери угля либо исключить их вовсе, добываясь полного сгорания в топке, тем более недожог оказывает отрицательное воздействие на качество

продукции при использовании золошлаков, как основы для производства цемента, компонента земляного полотна автодорог, стройматериала, при извлечении редкоземельных металлов, отборе из золы и шлака удивительных металлосфер

Потери недожога угля жестки в образном представлении – ведь это практически каждый седьмой вагон угля, потребляемый предприятием «вылетает» в трубу с дымом, другая часть (еще один вагон) «теряется» с отработанными шлаками, т.е. золой.

Порядка 5-25% негорючей части угля включает в себя кроме влаги и пустую породу – это в основном оксиды кремния, алюминия, железа и кальция. Для примера – это два вагона «угля» в виде голых камней, поступающих на предприятие, которые надо разогреть до 1250°C, проплавить, при температуре 1250-1550°C и удалить из топки. Вот и проблема №2, снижающая все основные показатели углесжигающей технологии производства. Из семи вагонов угля для получения энергии и тепла фактически остается менее пяти!

При этом, 5-25% негорючей части угля в форме золы и шлака еще надо транспортировать на десятки километров за пределы населенного пункта системой пневмогидротранспорта до золоохранилища, под которые отведены земли, превращающиеся в особо опасные территории. А это более значительные и постоянные затраты действующих производств - это проблема №3 [2].

Возможности разрешения проблем № 2-3 связаны с известными рациональными принципами «изменить точку зрения», «сделать наоборот», «превратить вред в пользу». В данном случае необходимо учитывать, что *проплавленная пустая порода* это:

а) идеальное сырье, прошедшее очень нужную огневую обработку высокими температурами, которое может служить как заменитель песка, гравия, части асфальта, основой прочных кирпичей и бетонов, перекрытий и блоков, панелей и облицовки;

б) полиметаллическое сырье, для металлургической промышленности, связанной с производством чистых химических элементов;

в) многокомпонентное сырье для химической отрасли, включая и производство удобрений;

г) нанотехнологическое сырье в виде металлосфер для производства микронитей, как компонент теплосберегающих материалов,

прошедший в процессе плавки необходимую внутреннюю атомно-молекулярную реструктуризацию;

д) извлеченный из проплавленной «пустой» породы «недожог» угля - идеальный естественный сорбент для очистки жидкостей, газов, воздуха и др.

Следует задуматься, что если из семи вагонов угля два заранее уже «не горят»: первый потерял с недожогом в отходящих газах и топке, а второй – просто камни в угле, то получение вышеперечисленных компонентов в виде продукции - это реальная прибыль для предприятия, извлеченная из «недожога» и отходов.

Ниже приведен основной состав негорючей массы угля (табл.1).

Таблица 1

Сравнительный химический состав минеральных остатков сжигания различных углей

Промышленные объекты, используемый уголь	Содержание, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Прочие
Усть-Каменогорская ТЭЦ, Кузнецкий уголь	56,92	21,81	4,27	3,59	2,12	2,64	0,82	7,83
ТЭЦ Семей, Кузнецкий уголь	55,37	20,35	6,21	3,03	1,86	1,89	0,75	10,54
Экибастуз, ГРЭС-1, Экибастузский уголь	52,34	27,74	5,26	1,53	0,46	1,63	0,65	10,39
Павлодарская ТЭЦ, Экибастузский уголь	54,18	28,37	7,47	1,14	0,55	0,47	0,28	7,54
Карагандинская ТЭЦ, Карагандинский уголь	60,27	25,54	5,85	3,65	1,05	1,35	1,06	1,23
Усть-Каменогорская ТЭЦ, Каражыразский уголь	49,13	31,26	7,32	3,91	2,38	2,14	2,40	1,46

Из приведенной таблицы видно, что минеральную основу угля составляют оксиды кремния, алюминия, железа и кальция, как компоненты шлаковой массы и в процессах доменной плавки, и пиропроцессов в цветной металлургии, и в подготовке строительных растворов, бетона, и в производстве цемента.

Методы исследования. Более десяти лет промышленные предприятия Восточно-Казахстанской области используют энергетический уголь марки Д разреза Каражыра, относительно высокого качества и твердости, зольностью 12-25%, низшей теплотой сгорания 4500 – 5200 ккал/кг. Анализ продуктов сгорания этого угля (участки отбора выделены прямоугольными наложенными контурами), его вещественный, гранулометрический составы показаны на рис.1.

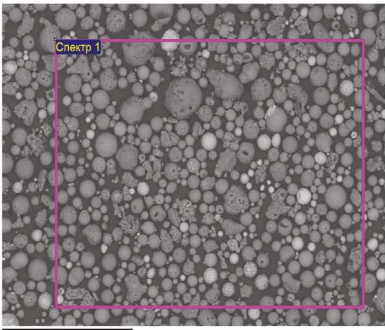
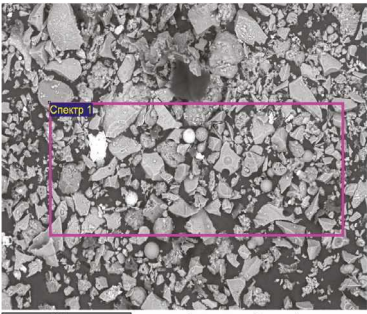
Вещественный состав продукта	Гранулометрический состав
<p>Зола Каражиринского угля: Кварц SiO_2 Тиоцианид кремния $\text{Si}(\text{NCS})_4$ Силиманит Al_2SiO_5 Сульфат железа и калия $\text{K}_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ Силикат магнезия Mg_2SiO_4</p>	
<p>Шлак Каражиринского угля: Силиманит Al_2SiO_5 Алумосиликат алюминия $\text{Al}(\text{Al}_{1,69}\text{Si}_{1,22}\text{O}_{4,85})$ Аллюминат кальция, натрия $\text{Ca}_{8,688}\text{Na}_{0,625}(\text{Al}_6\text{O}_{18})$ Алумосиликат кальция, натрия $\text{Ca}_{7,902}\text{Na}_{1,73}(\text{Al}_{5,5}\text{SiO}_{5,018})$ тетраоксо, циклогексен, динарий диолат, $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$.</p>	

Рис. 1 Продукты сгорания угля в составе золы и шлака

Все отобранные пробы золы и шлака при сжигании углей для рентгенофазового, микроэлементного анализов и электронно-микроскопического исследования выполнены в лаборатории IRGETAS ВКГТУ им. Д. Серикбаева на рентгеновском дифрактометре XPert PRO. Расшифровка рентгенограмм была сделана при помощи специальных компьютерных программ [3].

Гранулометрический состав продуктов сжигания угля определен методом воздушной сепарации - частицы имеют размер 20-200 мкм, 80% массы золы составляют частицы размером до 50 мкм, относящиеся к разряду пылей. Полученные данные по вещественному составу золы и шлака сжигаемых углей представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Микроэлементный анализ продуктов сгорания угля
Каражиринского месторождения**

Отходы	Элементы, %										
	С	О	Na	Mg	Al	Si	Fe	K	Ca	Ti	Пр.
Зола	28,55	44,50	0,50	0,45	6,74	12,26	3,36	0,48	1,01	0,43	1,72
Шлак	18,66	47,51	0,57	1,02	8,11	13,85	5,46	0,81	2,13	0,40	1,48

Настораживает значительное содержание углерода в отходах, очевидно, это связано с недожогом угля, основной причиной которого может быть состояние оборудования и технологии производства, требующее незамедлительной модернизации энергетического хозяйства.

Кроме того, в приведенных данных важно, что продукты горения угля - зола и шлак близки по своему составу, несмотря на то, что первый из них улавливается как летучий продукт в циклонах и фильтрах, а второй – это сплавы оксидов, накапливающиеся в районе горна. Возможно поэтому в научной литературе чаще пользуются терминами «золошлаки» или «золошлаковые материалы» (ЗШМ), также как и в практике обслуживания, использования, транспортировке и переработке.

2. Уголь, как объект теплоэнергетики. Тепловые электростанции и промышленность являются главными потребителями топливно-энергетических ресурсов, основным из которых считается каменный уголь. Потому улучшение качества угля и его рациональное использование в теплоэнергетике имеет огромное значение.

Оценка качества угля с позиции теплоэнергетиков рассматривается по следующим пяти позициям:

- влажность угля (общая W_t);
- зольность (A^t - содержание золы);
- теплота сгорания (Q_{rn});
- выход летучих веществ (V_d);
- содержание серы (S).

В данной работе используются средневзвешенные показатели качества угля разреза Каражыра влажностью - 14,5%; зольностью – 15,5%; серы – 0,37%; теплотой сгорания - 4881ккал/кг.

Зольность (A) - основной показатель качества угля. Минеральные вещества, золы или всё твердое, оставшееся после сжигания угля – балласт и источник вредных химических элементов, усиливающий отрицательный характер воздействия на экологию окружающей среды [4].

Показатели теплоты сгорания характеризуют энергетическую ценность угля:

- высшая (Q^t) - (пересчет на сухое беззольное состояние) - используется для сопоставления и классификации углей;
- низшая (Q) - (при конкретных значениях влажности и зольности) - характеризует топливо в его естественном состоянии.

Почти все показатели оценки качества угля взаимосвязаны. Например, оценка годности углей для коксования требует рассмотрения более 30 показателей, а вот оценка эффективности использования конкретного вида топлива на предприятии связано в основном с тремя показателями - зольность, технология подготовки угля к сжиганию и постоянное совершенствование процесса горения угля [5,6].

Проблема глубокой переработки углей на предприятиях Казахстана долгое время не привлекала особого внимания ни практиков, ни ученых. На имеющихся крупнейших месторождениях достигнуты удовлетворительные показатели обогащения угля, предприятия используют тот уголь, который получают, а собственные научно-исследовательские разработки и исследования с возможностью их внедрения на государственном уровне пока не находят отклика. Анализ производства, его технико-экономические показатели по ежегодным хозяйственным отчетам заставляют специалистов, особенно технологов и аналитиков, думать и предлагать новые идеи, разработки, решения стратегического характера.

На «Рудно-Алтайском опытно-экспериментальном предприятии» (РАОЭП) Восточного Казахстана в 2017 г. по заявке предприятий «Усть-Каменогорские тепловые сети» и «УК ТЭЦ», при поддержке Технопарка «Алтай» проведены исследовательские работы по обогащению угля [7,8].

Инновационный процесс РАОЭП на полупромышленной импульсно-инерционной установке безреагентный и безотходный, её эффективность подтверждена испытаниями на конкретном материале – товарном угле Каражиринского месторождения (рис.2).

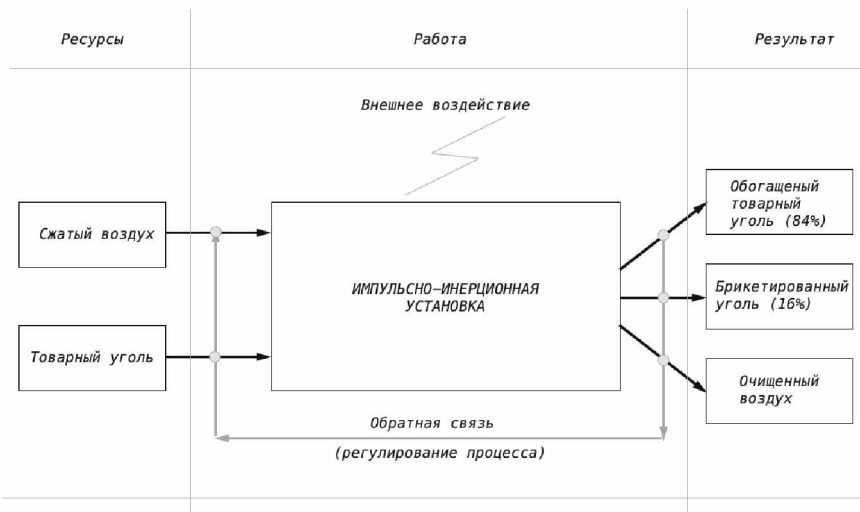


Рис.2 Схема потока ресурсов в импульсно-инерционной технологии

Конечные продукты обогащения товарного угля на предприятии РАОЭП отвечают всем требованиям современных международных стандартов и соответствуют основным задачам и принципам Концепции перехода к «зеленой» экономике:

- энергоэффективность обогащенного угля повышается с 4881 до 5270 ккал/кг;

- зольность угля снижается с 15,5 до 9,1%, сокращая потери тепла до 42%;

- остатки от обогащенного угля массой менее 16% - это не дорогое сырье для производства угольных брикетов, имеющее значительный спрос на рынке.

При соблюдении международных экологических стандартов соответственно сокращаются выбросы пыли, серы, газов в атмосферу, то есть все то, что удаляется с негорючей массой товарного угля (табл.3).

Таблица 3

Сравнительный технический анализ перераспределенных проб обогащенного угля

Наименование продукта	Общая влага, %	Выход летучих, %	Зольность, %	Теплота сгорания, низшая, ккал/кг	Выход массы, %
Уголь товарный	14,5	46,70	15,50	4881	100
Продукт 1	11,67	46,78	17,32	4684	5,28
Продукт 2	12,32	46,51	9,24	4989	13,17
Продукт 3	11,96	47,81	9,00	5377	71,82
Продукт 4	12,85	46,03	18,44	4675	6,45

Хозяйственная целесообразность дополнительного, вторичного обогащения товарного угля подтверждается всеми данными, приведенными выше. Кроме того, реализация инновационного проекта «Внедрение способа безреагентного обогащения товарного угля импульсно-инерционным методом и устройства для его осуществления» только для отдельно взятой районной котельной №2 г. Усть-Каменогорска дает экономический эффект в 8840 тыс. тенге.

3. Уголь, как металлургическое сырье. Для первоочередной оценки наиболее перспективны основные шлакующие оксиды кварца, алюминия, железа, а так же титан, цирконий, ниобий, серебро, золото, уран, как группа редкоземельных металлов, характеризующихся по современным технологиям доступными концентрациями - они могут быть извлечены из углей, продуктов их обогащения, переработки и сжигания методами магнитной, радиоизотопной сепарации и другими известными способами [9].

С учетом того, что алюминий, железо и редкоземельные элементы могут извлекаться в совокупности, это позволяет получить из продуктов сжигания угля до 35% полезных комплексных компонентов с высокими ценовыми и маркетинговыми показателями. При этом порог экономически приемлемого содержания, например, глинозема

в золошлаках может быть в пределах до 27%, а железа в шлаках - 7,5% и выше. Очень перспективна глубокая переработка золошлаков с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и целого ряда редкоземельных материалов.

Используя результаты научных исследований и наработанный опыт Великобритании и США, польские ученые и металлурги разработали собственную, весьма эффективную, технологию извлечения алюминия из отходов сжигания угля, когда действовало эмбарго на поставку алюминиевого сырья странам Восточной Европы. Там же в 1953 г. был запущен первый завод, который производил до 10 тыс. тонн алюминия. Сегодня в Польше из золошлаков получают более 150 тыс. тонн алюминия ежегодно [10].

В Китае свою технологию начали разрабатывать в 2004 г., а в 2012 г. был запущен масштабный проект в Тогто (Tuoketuo), где базируется крупнейшая электростанция мира. Завод ежегодно производит 240 млн. т оксида алюминия (сырья для получения алюминия) и 200 млн. т силиката кальция из золошлаков. Сегодня в КНР ежегодно из золошлаков получают сотни миллионов тонн алюминия, полностью покрывая потребности успешно развивающихся авиационной и космических отраслей.

Содержание основных ценных металлов в золошлаковых материалах Кузнецких, Карагандинских углей различных марок представлены в табл. 4.

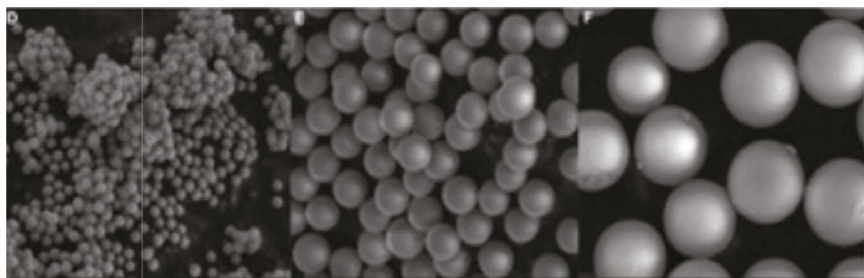
Золошлаки, в процессе переработки также могут быть источником получения более дешевых лития и урана. По крайней мере, сегодня секретами этих технологий владеет долго и активно занимавшаяся экспериментами на продуктах переработки угля канадская компания Sparton Resources [11].

4. Уголь, как сырье нанотехнологий. На сегодня в золе и шлаках самыми ценными компонентами являются микросферы – алюмосиликатные, стеклянные, ферросферы и другие, образующиеся при факельном горении угля, представляющие собой полые, с гладкой поверхностью, диаметром от 10 до нескольких сотен микрометров (рис.1). Стенки микросфер сплошные, непористые, толщиной 2-10 мкм, их температура плавления 1400-1500°C, плотность 580-690 кг/м³, внутренняя полость частиц заполнена газами. Содержание микросфер в золошлаках – менее процента, однако за год на крупных электростанциях их количество набегаает до многих тысяч тонн.

**Содержание элементов в золошлаках энергетических
углей марок Д – А**

№	Металлы	содержание		
		%	г/т	
1	<i>Основные, шлакообразующие:</i>			
	Кремний	17-29		
	Железо	5-16		
	Алюминий	11-28		
	Кальций	1-7		
	Магний	1,5-30		
	Натрий	0,4-2		
2	<i>Легкие:</i>			
	Титан	1,2-1,8		
	Олово		10-20	
	Висмут		14-90	
3	<i>Щелочные:</i>			
	Литий		111-250	
	Натрий	0,4-2		
	Калий	1-3,5		
	Рубидий		120-420	
	Цезий		10-35	
4	<i>Тяжелые:</i>			
	Хром		до 240	
	Марганец	0,1-0,2		
	Кобальт		25-75	
	Никель		30-100	
	Медь	0,012		
	Цинк	0,04		
	Молибден		6-15	
	Ртуть		0,1-0,6	
	...			
	Германий ¹		20 - 25	
	Сурьма ¹		25 - 33	
	Сера ¹		0,2 - 4	
5	<i>Щелочноземельные:</i>			
	Бериллий		8-27	
	Магний	1,5-38		
	Кальций	1,4-7,8		
	Стронций		0,1-0,5	
	Барий		0,5-1,2	

4. Уголь, как сырье нанотехнологий. На сегодня в золе и шлаках самыми ценными компонентами являются микросферы – алюмосиликатные, стеклянные, ферросферы и другие, образующиеся при факельном горении угля, представляющие собой полые, с гладкой поверхностью, диаметром от 10 до нескольких сотен микрометров (рис.1). Стенки микросфер сплошные, непористые, толщиной 2-10 мкм, их температура плавления 1400-1500°С, плотность 580-690 кг/м³, внутренняя полость частиц заполнена газами. Содержание микросфер в золошлаках – менее процента, однако за год на крупных электростанциях их количество набегаёт до многих тысяч тонн.



Микросферы, образованные из наночастиц совмещают в себе несколько функций - это самый эффективный экологический изолятор, применимый в качестве покрытия; уникальный материал высоких технологий и качества с тепло-, свето-, газо-, влаго-, огне-, защитными свойствами, используемый также в виде наноструктурированных грунтов, красок, смазок, мастики, пыли в самых неожиданных сферах деятельности человека.

Покрытие алюмосфер тонкими оболочками из расплавленного металла в 10-30 нанометров придает им новые свойства, такие как непрозрачность в инфракрасном и СВЧ диапазоне волн, что кроме того увеличивает теплоизолирующие свойства за счет отражения инфракрасного излучения. Потому микросферы применяют в медицине и электронике для защиты оборудования экранированием от внешних помех, а так же в военных целях как самые совершенные аэрозоли, маскирующие защищаемый объект от радаров и инфракрасных боеголовки самонаведения [12].

Полимерные материалы с микросферами (т. н. сферопластики) используются при изготовлении различных плавсредств (лодок, сигнальных буев, блоков плавучести, спасательных жилетов и др.); они же используются в радио- и электронной технике, для изоляции теплоизлучающих элементов/объектов, для изготовления термопластиков и т. д.

Алюмосферы применяют при изготовлении «лёгких» и высокопрочных легких бетонов полифункционального назначения, при изготовлении теплоизоляционных жаростойких бетонов, при бурении скважин и конструировании скрытых подводных ангаров для подлодок. У микросфер очень много и других возможностей применения.

5. Продукты сжигания угля – сырье строительной отрасли. Общеизвестно, что из золы делают зольный кирпич, как полнотелый, так и с пустотами. По сравнению с керамическим и силикатным кирпичом, у него ниже теплопроводность и себестоимость. При сравнении технико-экономических показателей зольного кирпича с пустотами и популярного нынче ячеистого бетона, получится, что при меньшей плотности бетона в 1,4–2 раза, прочность зольного кирпича в 5–8 раз выше.

Золошлаковые материалы (ЗШМ) обладают уникальными особенностями: низкой теплопроводностью и отличной плотностью. Химический и минералогический состав зольных и шлаковых отходов прекрасно подходит для производства строительных материалов.

Зола и шлаки от сжигания каменного угля являются бесценным товаром-заменителем песка, гравия, цемента, добавок к асфальтобетону, а строительные блоки, стеновые панели и другие подобные конструкции на основе золошлаков, которые значительно прочнее обычных стройматериалов, применяются уже достаточно давно при возведении высотных зданий и сооружений.

Строительные материалы из золошлаков не требуют облицовки – их можно красить или выпускать цветными. Например, в г. Липецке еще в 1989 г. было построено красивое и прочное 20-ти этажное жилое здание, выполненное из шлакощелочного бетона [13].

В Казахстане, как и в России, имеются различные испытанные технологии с положительными результатами, разработаны стандарты по изготовлению, применению стройматериалов из золошлаков,

однако отсутствует необходимая законодательная поддержка и государственная мотивация к переработке отходов.

Несмотря на это, отдельные хозяйственники, чаще из предпринимателей среднего бизнеса, пытаются производить стройматериалы из золошлаков. Так, в Восточном Казахстане в 2015 г. были построены из золошлаковых кирпичей, блоков, стеновых панелей два высотных блока гостиницы Dedeman, Дворец единоборств и несколько семиэтажных зданий в г. Усть-Каменогорске. Золошлаки применяются также и в других городах страны.

Для строительного производства интересна технология производства кирпича с использованием недорогих легкоплавких глазурей, подготовленных гранул песчано-глинистых пород, других алюмосиликатных материалов, а также золошлаков, спекающихся при низких температурах печей с терморadiационным нагревом, позволяющих в разы сократить время обжига и спекания. В данном случае «недожег» в золе и шлаке, неэценимая вещь. Получаемый аглопорит — искусственный пористый наполнитель, можно делать в виде гранул разных форм и размеров с добавлением в конструкционные легкие бетоны, использованием в дорожном строительстве [14].

Аглопорит, как наполнитель, в разы прочнее и дешевле по сравнению с широко используемым керамзитом (ГОСТ 9757-90). Под проект подготовлены технико-экономическое обоснование с полным расчетом экономики, мощностей, производительности и стоимости оборудования. Золошлакоемкость аглопорита доходит до 80%.

Так как потребность в аглопорите составляет миллионы кубометров, то и переработка ЗШО будет достигать миллионов тонн. А такие объемы потребления золошлаковых отходов уже реально закрывают большую часть проблемы их утилизации. В настоящее время в странах СНГ на рынке строительных материалов искусственные пористые наполнители с такими высокими прочностными характеристиками и низкой ценой попросту отсутствуют [15].

Таким образом, золошлаковые материалы могут неограниченно использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: цемента, бетонов, растворов, кирпича, а так же, как компонент земляного полотна автоторог.

Важно, что зола и шлаки очень близки по своим основным компонентам к цементу, строительным растворам, щебню и другим ресурсам строительной отрасли. Например, профессор Нанкинского университета Синь Цзы гордится тем фактом, что по его технологии в тело дорожного полотна, выполненного по международным стандартам в период 1998-2001 гг., на участке Урумчи - Бэйпин (3 968 км) было уложено 11,7 млн.т шлаков с экономией миллионов тонн цемента и гравия [15].

Определенную ценность золошлаки имеют и в сельском хозяйстве - при производстве удобрений, когда учитывается плотность и уровень кислотности почвы. На золе можно получать значительную прибыль. В мировой практике известно более трёхсот технологий использования золошлаковых материалов в данной отрасли [16].

Проведенный объектный анализ показывает, что каменный уголь не просто готовое, относительно дешевое энергетическое сырье, образующее при сжигании вредные газы и отходы в форме золы и шлака, а при комплексном подходе к нему и правильном использовании – это вполне безотходный ресурс, пригодный для самого разнообразного применения во многих отраслях промышленности.

Заключение. На основе дополнительных исследований вещественного, гранулометрического и микроэлементного характеров сделана попытка доказать коммерческую целесообразность обогащения товарного угля, переработки продуктов его сжигания в виде золы и шлаков в нужные товары, которые имеют устойчивый и повседневный спрос на рынке.

В соответствии с законами природы отходы, получаемые в процессе человеческой деятельности не должны загрязнять Землю. Результаты переработки одной цепочки ресурсов должны стать ресурсами второй. Так, в данном случае и происходит, когда продукты сжигания угля являются не просто вторичным сырьем, а ресурсом для других отраслей производства – металлургии, химии, строительства, производства огнеупоров, сельского хозяйства, тонких технологий и т. д.

Только обезвреживая свою среду обитания – атмосферу, почву, реки и водоемы, подпочвенные и подземные богатства – человек соз-

дает себе достойную жизнь. В условиях начального этапа рыночного периода в нашей стране нельзя упускать время, складывая всю отработку в опасных, неустойчивых, вредных для всего живого формах «на потом». Очищать свою Планету необходимо Человеку здесь и сейчас. Поэтому цель данной работы - мотивация к использованию наукоёмких и коммерчески выгодных проектов по переработке «отходов», вторичных ресурсов, применяемых для расширения сферы производства материальных благ.

В своём последнем Послании Президент Республики Назарбаев Н.А. прямо указывает на необходимость скорейшего и углубленного перехода к «зеленой» стратегии развития производства, в первую очередь энергетики, которая позволит в самое ближайшее время уменьшить оказываемую на окружающую среду техногенную нагрузку, оздоровить пространство и просторы нашей страны и выйти на более качественный высокий уровень экономического развития.

Список литературы

1. Булдаков Ю.П., Скориков С.П., Парцалиди Н.Г., Реймер Ю.А. Внедрение способа безреагентного обогащения товарного угля импульсно-инерционным методом и устройства для его осуществления. ВКТ «Алтай» / Отчет по НИР. Усть-Каменогорск, 2017. - 34с.
2. Мисевра С.Я. Материалы Региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС». - Усть-Каменогорск: ВКГУ, 2016, - С.13-14.
3. Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Колосов П.Е., Михайло Ю.Л. Отходы углей - перспективное сырье для различных отраслей промышленности //Материалы междунар. науч. семинара «Инновационные технологии-2011». - Красноярск, 2011. - 346с.
4. Щадов Ю.З. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования. -М.: Недра, 2007. -342 с
5. Пат. 17347 Республика Казахстан, Универсальный импульсно-силовой пылеулавливающий тупиковый сепаратор / М.П. Булдаков, Ю.М. Булдаков, М.Г. Егизеков; заявл. 22.10.2004, опубл. 15.05.2006.
6. Пат. 14539 Республика Казахстан. Импульсно-силовой пылеуловитель / М.П. Булдаков, Ю.М. Булдаков., М.Г. Егизеков.; заявл. 13.01.2003, опубл. 15.07.2004.

7. Булдаков М.П. Заявка №2016/0727.1. Республика Казахстан. Способ классификации минерального сырья импульсно-инерционным методом. заявл. 23.08.2016.

8. Антипенко Л.А., Ермаков А.Ю. Перспективы развития технологий обогащения углей Кузбасса и Восточной Сибири // Горная техника. – 2015. – С.29-37.

9. Штейнцвайг М.Р. О целесообразности углеобогащения в условиях интенсификации производства на действующих предприятиях // Уголь. – 2007.- -№ 10.- С. 61-64.

10. Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты испытаний) // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2009 - Вып. 2, - С. 364-379.

11. Берт Р.О., Миллз К. Технология гравитационного обогащения/ пер. с англ. Е. Д. Бачевой. - М.: Недра, 2015.-574с.

12. Производство микросфер. Алюмосиликатные микросферы, стеклянные микросферы Группа компаний ИНОТЭК.М.: 2016, - 389 с.

13. Абрамов А.К., Ефимов В.И. Производство заполнителей для легких бетонов из отходов углеобогащения / Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2013. Вып. 2, - 418 с.

14. Clements J.L. Recovery of metals from coal fly ash / J.L.Clements. Recycle and Secondary Recovery, 2009. - P.215-362.

15. Berry E.E. Enhanced resource recovery by beneficiation and direct acid leaching of fly ash / E.E. Berry, R.T. Hemmings, D.M. Golden // Fly Ash and Coal Convers. by. Prod.: Charact., Util. and Disposal: III Symp. Pittsburgh, 1987. - P. 365-380.

16. Шабаров А.Н., Н.В.Николаева. Комплексное исследование отходов переработки теплоэлектростанций. Записки Горного института. 2016. - Т220. -С.607-610.