

Рациональное использование природных и техногенных ресурсов является важнейшей составляющей политики ограничения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Немаловажной экологической проблемой современности является образование и накопление большого количества техногенных отходов. Так, на территории Российской Федерации ежегодно образуются и накапливаются миллиарды тонн твердых промышленных отходов, включая сталеплавильные шлаки, пыли, шламы, отходы мокрой магнитной сепарации (ОММС) и хвосты обогащения железистых кварцитов (ХОЖК), цитро- и фосфогипс и многие другие. Из огромного количества разнообразных промышленных отходов в повторную переработку и использование их вовлекается лишь около 20%. Остальная часть отходов продолжает накапливаться на полигонах, под них отторгаются сотни и тысячи гектаров плодородных земель, которые надолго изымаются из сельскохозяйственного использования. Горы накопившихся промышленных отходов изменяют естественный ландшафт, в результате их пыления в атмосферный воздух выделяются сотни тонн загрязняющих веществ, а при их увлажнении атмосферными осадками загрязняющие вещества поступают в почвы, поверхностные и подземные воды. В тоже время многие отходы производств, ввиду наличия специфических физико-химических свойств, могут быть эффективно использованы в различных технологических процессах [1-8]. Наиболее эффективным решением этой проблемы является внедрение малоотходных и безотходных технологических систем, что предполагает разработку замкнутых технологических производств, обеспечивающих многократное использование продуктов и комплексное использование природного сырья [9]. К тому же, учитывая вечный и бесконечный круговорот веществ в природе, промышленные отходы можно рассматривать, как вторичное техногенное сырье. Одной из причин неудовлетворительного использования подобных вторичных ресурсов является отсутствие соответствующей информации об образовании, наличии отходов, их свойствах, возможных направлениях и технологиях их применения [9].

Объектом исследований являлась пыль электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) Белгородской области, динамика образования которой представлена на рис. 1. Рис. 1 - Динамика образования и захоронения на полигоне пыли ЭДСП ОЭМК за период 2007 - 2012 г.

Исследуемый отход текущего электросталеплавильного производства ЭДСП представляет собой пылевидную тонкодисперсную систему с влажностью 1,5-2,5 % серо-коричневого цвета, технологические свойства которой представлены в табл. 1

Показатели	Значение
рН водной вытяжки	10,9
Насыпная плотность, г/см ³	0,94
Истинная плотность, г/см ³	3,62
Растворимость в воде, %	6,4
Растворимость в 1,0н H ₂ SO ₄ , %	82,6
Нерастворимость компонентов, %	1,2
Гранулометрический состав пыли,	

определенный с помощью рассева на стандартном наборе сит, показал, что в состав пыли входит 1,3 % частиц с размерами от 1,4 до 2,0 мм; 16,2 % с размерами от 0,315 до 0,63 мм; 69,6 % частиц с размерами менее 0,315 мм. Минеральный состав пыли ЭДСП оценивали по результатам рентгеновского анализа (рис. 2), который. показал, что в пробе присутствуют такие соединения, как магнетит $d(Ao) = 2,979; 2,543; 2,108; 1,691; 1,484; 1,261$; вюстит $d(Ao) = 2,48; 2,141; 1,519$; портландит $d(Ao) = 4,924; 4,575; 2,622; 1,989; 1,918; 1,784; 1,692$ и кремнезем $d(Ao) = 3,51; 2,276; 1,813; 1,539$. Результаты дифференциально-термического анализа пыли ЭДСП, проведенного на дериватографе марки «Q-1500» с алундовым тиглем показали общую потерю массы за период нагревания образца пыли от 20 0C до 1000 0C, составили 3,1 % (масс). Эндотермические тепловые эффекты отмечены при температурах: 130,7 0C; 474,8 0C; 585,9 0C; 625,2 0C; 684,1 0C; 767,6 0C и 876,0 0C. Рис. 2 - Рентгенограмма пыли ЭДСП: ● - магнетит Fe_3O_4 ; ■ - гематит Fe_2O_3 ; ○ - металлическое железо Fe ; ◆ - кварц SiO_2 ; □ - оксид цинка ZnO ; ◇ - оксид кальция CaO ; Δ - пиролюзит MnO_2 ; ▲ - двухкальцевый силикат $2CaO \cdot SiO_2$ Рис. 3 - Тепловые эффекты при нагревании пыли ЭДСП Согласно справочным данным [10], тепловые эффекты на рис. 3, сопровождаются следующими процессами и превращениями: 20 -130,7 0C - потеря гигроскопической влаги; 474,8 0C - переход $\gamma-Fe_2O_3$ в $\alpha-Fe_2O_3$; 585,9 0C; 625,2 0C; 684,1 0C; 767,6 0C - разложение кальцита и магнезита; 580 0C - обратимое полимерное превращение SiO_2 из α - в β -модификацию; 684,1 0C - переход Fe_2O_4 в $\alpha-Fe_2O_3$; 876,0 0C - разложение кальцита $CaCO_3$. Электронно-микроскопический анализ образцов пыли ЭДСП с помощью растрового электронного микроскопа марки «Quanta-200 3Д» показали наличие частиц пыли преимущественно шарообразных форм с рыхлой развитой поверхностью. На энергодисперсионном спектре пыли кроме соединений, присутствующих на рентгенограмме, обнаружены следы соединений цинка, марганца, магния, натрия. Оксидный состав пыли ЭДСП, определенный с помощью количественного рентгенофазового анализа, представленный в табл. 2, свидетельствует о многокомпонентности состава пыли. Следует обратить внимание, что содержание оксидов железа в ней в пересчете на Fe_2O_3 составляет 49,4 %, CaO - 13,4 %, Na_2O - 9,7 %. Остальные ингредиенты, представленные в табл. 2, содержатся в пыли в незначительных количествах. Таблица 2 - Оксидный состав пыли ЭДСП

Компо-ненты	Fe_3O_4	CaO	Na_2O	SiO_2	ZnO	K_2O	MgO	MnO	SO_3	Cl	Al_2O_3
Содержание, масс %	49,5	13,48	9,7	5,9	5,8	5,6	3,9	2,1	1,3	0,8	0,6
Компоненты	PbO	Rh_2O_3	Cr_2O_3	CuO	P_2O_5	TiO_2	SrO	CdO	NiO	V_2O_5	Br
Содержание, масс %	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Таким образом, исходя из широкого набора представленных здесь физико-химических особенностей пыли (высокая дисперсность, развитая поверхность частиц, разнообразный химический состав) можно предположить следующие направления возможного использования пыли ЭДСП (рис. 4). Рис. 4 - Схема возможных направлений использования пыли ЭДСП

Использование пыли ЭДСП для производства различной продукции позволит уменьшить количество образующихся промышленных отходов, снизить негативную антропогенную нагрузку на окружающую среду и расширить сырьевую базу для производства материалов различного назначения.