

МИНИСТЕРСТВО ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ГЕОЛОГИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

УНИВЕРСИТЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГУ «ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛЫ
АНГРЕНСКОЙ ТЭС

Докладчик:

АЛМАТОВ И.М.
Доктор технических наук, с.н.с.

Ташкент - 2025г.

Информация о золошлаковых отвалах, расположенных на территории Республики Узбекистан

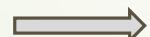
| Название ТЭС | Отвалы | Дата ввода в эксплуатацию | Дата вывода из эксплуатации | Проектная емкость | Площадь, кв.м | Объем золошлаков, тонна |
|-----------------|--------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------|-------------------------|
| Ново-Ангренская | ЗШО-1 | 1986 г. | январь 2013 г. | 8 500 000 т | 370 000 | Не менее 7 493 586 |
| | ЗШО-2 | 2013 г. | действующий | 20 000 000 т | 890 000 | 5 963 134 |
| Ангренская | ЗШО-1 | 1957 г. | действующий | 4 904 370 м ³ | 184 862 | 2 858 576 |
| | ЗШО-2 | 1965 г. | действующий | 3 200 000 м ³ | 288 869 | 1 763 045 |
| | ЗШО-3 | 1965 г. | действующий | 2 600 000 м ³ | 358 327 | 1 406 823 |
| Всего | | | | | | 19 485 164 |

Расположение золошлаковых отвалов Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС

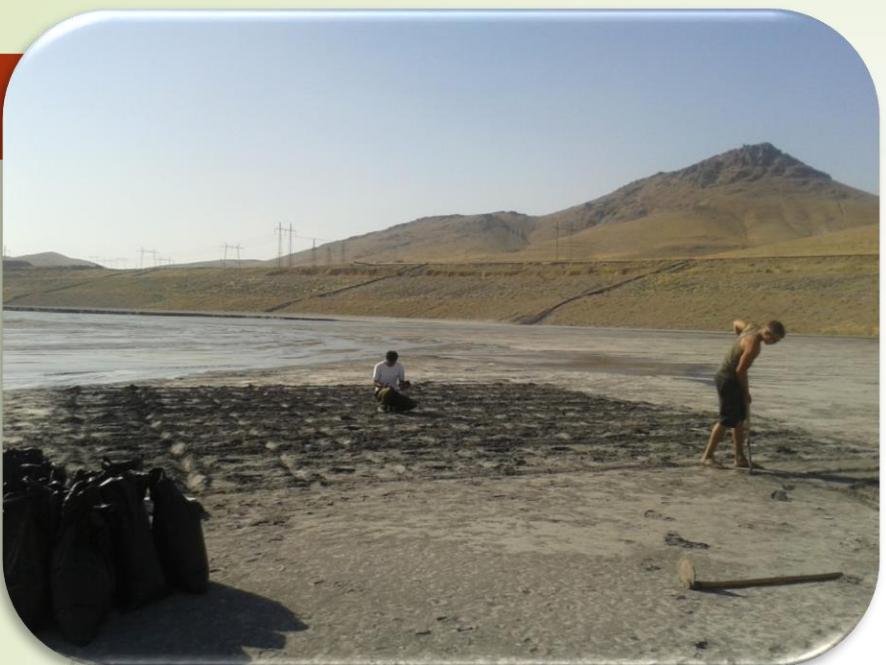
*Местоположение
Ангренской ТЭС и
золошлаковых отвалов*



*Местоположение
Ново-Ангренской ТЭС и
золошлаковых отвалов*



ОТБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ



**Средние содержания элементов (г/т), их кларки концентраций
в ЗШО по данным ICP-MS**

| Элементы | Кларк в земной коре | Среднее значение в ЗШО Ангренской ТЭС | КК | Среднее значение в ЗШО Ново-Ангренской ТЭС | КК | Среднее значение в зола-уносе | КК |
|---------------|---------------------|---------------------------------------|-------|--|-------|-------------------------------|------|
| Fe | 46 500 | 86 500 | 1,9 | 20 500,0 | 0,4 | 33 500 | 0,7 |
| Cu | 47,0 | 40,5 | 0,9 | 36,0 | 0,8 | 38,5 | 0,8 |
| Mo | 1,1 | 34,0 | 30,9 | 7,6 | 6,9 | 9,3 | 8,5 |
| Sc | 10,0 | 6,25 | 0,6 | 9,60 | 1,0 | 7,85 | 0,8 |
| Y | 20,0 | 13,9 | 0,7 | 17,8 | 0,9 | 15,3 | 0,8 |
| Σ лантаноидов | 178,0 | 103,5 | 0,6 | 142,7 | 0,8 | 103,0 | 0,6 |
| Au* | 0,0043 | 0,015 | 3,5 | 0,025 | 5,8 | 0,012 | 2,7 |
| Ag | 0,07 | 0,71 | 10,1 | 1,04 | 14,8 | 0,84 | 12,0 |
| Bi | 0,009 | 0,44 | 48,3 | 0,33 | 36,7 | 0,38 | 42,2 |
| Te | 0,001 | 0,18 | 182,8 | 0,11 | 114,0 | 0,09 | 94,0 |
| Pb | 16,0 | 264,3 | 16,5 | 38,8 | 2,4 | 41,3 | 2,6 |
| Cd | 0,13 | 0,42 | 3,2 | 0,12 | 0,9 | 0,16 | 1,3 |
| W | 1,3 | 24,3 | 18,7 | 7,8 | 6,0 | 8,3 | 6,4 |
| Sb | 0,5 | 3,75 | 7,5 | 12,65 | 25,3 | 3,33 | 6,7 |
| Se | 0,05 | 3,05 | 61,0 | 3,03 | 60,5 | 3,58 | 71,5 |
| Ge* | 1,40 | 8,80 | 6,3 | 2,55 | 1,8 | 3,65 | 2,6 |
| Tl | 1,00 | 2,78 | 2,8 | 1,02 | 1,0 | 1,18 | 1,2 |
| Ga* | 19,0 | 13,9 | 0,7 | 20,5 | 1,1 | 20,8 | 1,1 |
| Pd* | 0,013 | 0,85 | 65,0 | 0,91 | 70,0 | 0,81 | 62,3 |
| U | 2,5 | 5,83 | 2,3 | 8,78 | 3,5 | 9,28 | 3,7 |
| Re* | 0,0007 | 0,0023 | 3,3 | 0,0023 | 3,2 | 0,0049 | 7,0 |
| Pt* | - | 0,0018 | | 0,0018 | | 0,0025 | |
| Rh* | - | 0,0148 | | 0,0193 | | 0,0171 | |

Примечание: КК – кларк концентрации

* элементы, отмечанные знаком имеют полукаличественное определение

Средние значения результатов химического анализа основных породообразующих компонентов (%)

| Наименование пробы | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _{общ} | В том числе | | MgO | MnO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | S _{общ} | SO ₃ сульфат | S _{сульфид} | III II | H ₂ O 105°C | CO ₂ |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----|-----|------|-----|-------------------|------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------|-----------|---------------------------|-----------------|
| | | | | | Fe ₂ O ₃ | FeO | | | | | | | | | | | | |
| ЗШО Ангренской ТЭС | 47,6 | 0,4 | 11,4 | 14,6 | 16,7 | 3,8 | 0,9 | 0,06 | 2,8 | 0,35 | 0,9 | 0,09 | 1,4 | 3,1 | 0,12 | 17,9 | 3,4 | 0,6 |
| ЗШО Ново-Ангренской ТЭС | 58,5 | 0,7 | 22,6 | 5,2 | 4,8 | 2,3 | 1,5 | 0,04 | 2,7 | 0,62 | 1,3 | 0,13 | 0,4 | 0,3 | 0,31 | 8,67 | 1,1 | 0,5 |
| Зола-унос ТЭС | 59,9 | 0,8 | 24,4 | 6,1 | 6,4 | 2,1 | 1,3 | 0,05 | 3,5 | 0,49 | 1,7 | 0,13 | 0,3 | 0,6 | 0,03 | 1,98 | 0,3 | 0,6 |

В результате изучения вещественного состава ЗШО определены перспективные для извлечения элементы и ценные компоненты:

Золошлаковые отходы: **алюмосиликатные полые микросферы, угольный недожог, Fe, Mo, Se и Te (глинозем и кремнезем).**

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОБ ЗШО

| Класс крупности, мм | Выход, % | Содержание, % | | | | | Распределение, % | | | | |
|--------------------------------|----------|---------------|-------|------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------------------|--------------------------------|------|
| | | Fe | Mo | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | ГМ* | Fe | Mo | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | ГМ* |
| ЗШО Ангренской ТЭС | | | | | | | | | | | |
| +1 | 4,0 | 17,1 | 0,106 | 36,7 | 9,9 | 19,6 | 4,8 | 5,9 | 3,1 | 3,7 | 4,9 |
| -1+0,5 | 11,2 | 10,3 | 0,064 | 36,7 | 7,7 | 31,5 | 8,1 | 10,0 | 8,7 | 8,1 | 22,2 |
| -0,5+0,315 | 17,7 | 8,1 | 0,08 | 51,2 | 8,7 | 23,5 | 10,1 | 19,8 | 19,1 | 14,5 | 26,2 |
| -0,315+0,1 | 44,2 | 15,5 | 0,084 | 52,2 | 10,3 | 11,7 | 48,2 | 51,9 | 48,7 | 42,7 | 32,6 |
| -0,1+0,08 | 8,4 | 24,4 | 0,024 | 40,9 | 13,1 | 7,8 | 14,5 | 2,8 | 7,3 | 10,3 | 4,1 |
| -0,08+0 | 14,5 | 13,9 | 0,047 | 43,1 | 15,2 | 10,8 | 14,2 | 9,5 | 13,2 | 20,7 | 9,9 |
| Исх. проба | 100 | 14,2 | 0,072 | 47,4 | 10,7 | 15,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ЗШО Ново-Ангренской ТЭС | | | | | | | | | | | |
| +1 | 5,5 | 5,8 | 0,225 | 29,6 | 10,1 | 43,8 | 7,0 | 19,8 | 2,8 | 2,5 | 33,7 |
| -1+0,5 | 10,5 | 4,8 | 0,16 | 51,9 | 17,4 | 19,5 | 10,9 | 26,8 | 9,3 | 8,4 | 28,7 |
| -0,5+0,315 | 11,6 | 4,6 | 0,13 | 59,3 | 21,6 | 8,3 | 11,6 | 24,1 | 11,8 | 11,5 | 13,5 |
| -0,315+0,1 | 42,7 | 4,2 | 0,033 | 63,2 | 23,2 | 2,6 | 39,6 | 22,5 | 46,1 | 45,6 | 15,5 |
| -0,1+0,08 | 11,6 | 5,4 | 0,007 | 62,8 | 21,7 | 1,4 | 13,6 | 1,3 | 12,5 | 11,6 | 2,3 |
| -0,08+0 | 18,1 | 4,4 | 0,019 | 56,6 | 24,6 | 2,5 | 17,3 | 5,5 | 17,5 | 20,5 | 6,3 |
| Исх. проба | 100 | 4,6 | 0,063 | 58,5 | 21,8 | 7,1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Зола-унос ТЭС | | | | | | | | | | | |
| +1 | 0,5 | 26,1 | 0,016 | 22,9 | 10,9 | 12 | 2,5 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 4,1 |
| -1+0,5 | 0,4 | 38,2 | 0,015 | 15,5 | 6,7 | 16 | 2,9 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 4,3 |
| -0,5+0,315 | 0,4 | 15,4 | 0,021 | 38,1 | 17,5 | 10,1 | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 2,7 |
| -0,315+0,1 | 44,8 | 4,4 | 0,028 | 62,1 | 23,2 | 1,7 | 37,2 | 61,3 | 46,2 | 45,1 | 51,7 |
| -0,1+0,08 | 23,5 | 6,8 | 0,016 | 60,0 | 21,7 | 0,9 | 30,3 | 18,4 | 23,4 | 22,1 | 14,4 |
| -0,08+0 | 30,4 | 4,5 | 0,013 | 58,9 | 24,3 | 1,1 | 26,0 | 19,3 | 29,8 | 32,1 | 22,7 |
| Исх. проба | 100 | 5,3 | 0,020 | 60,2 | 23,1 | 1,5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Результаты ступенчатой мокрой магнитной сепарации золошлаковых отходов Ангренской ТЭС

| Продукты обогащения | Выход продуктов, % | Содержание, г/т | | | | | Извлечение, % | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------------|------|------|-------|------|---------------|------|------|------|------|
| | | Fe, % | Te | Mo | Al, % | Ga | Fe | Te | Mo | Al | Ga |
| Железный конц. 1 | 12,1 | 68,8 | 0,08 | 55,8 | 1,8 | 5,1 | 65,9 | 8,7 | 25,5 | 4,5 | 4,1 |
| Железный конц. 2 | 0,9 | 38,6 | 0,19 | 68,2 | 4,8 | 11,5 | 2,8 | 1,6 | 2,4 | 0,9 | 0,7 |
| Хвосты | 87,0 | 4,5 | 0,12 | 21,9 | 5,3 | 16,5 | 31,3 | 89,8 | 72,1 | 94,6 | 95,2 |
| Исходная | 100,0 | 12,6 | 0,11 | 26,4 | 4,9 | 15,1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Результаты ступенчатой мокрой магнитной сепарации золошлаковых отходов Ново-Ангренской ТЭС

| Продукты обогащения | Выход продуктов, % | Содержание, г/т | | | | | Извлечение, % | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------------|------|------|-------|------|---------------|------|------|------|------|
| | | Fe, % | Te | Mo | Al, % | Ga | Fe | Te | Mo | Al | Ga |
| Железный конц.1 | 2,0 | 51,9 | 0,08 | 14,6 | 6,5 | 19,2 | 33,8 | 1,1 | 8,0 | 1,9 | 1,5 |
| Железный конц. 2 | 0,7 | 36,4 | 0,12 | 15,8 | 8,4 | 22,4 | 8,0 | 0,6 | 2,9 | 0,8 | 0,6 |
| Хвосты | 97,3 | 1,8 | 0,14 | 3,3 | 7,0 | 25,4 | 58,2 | 98,3 | 89,0 | 97,3 | 97,9 |
| Исходная | 100,0 | 3,1 | 0,14 | 3,7 | 7,0 | 25,3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Исследование возможности извлечения алюмосиликатных полых микросфер из золошлаковых отходов ТЭС

Результаты извлечения алюмосиликатных микросфер
(Т:Ж=1:6, масса навески 1000 г. время агитации – 10 мин)

| Наименование пробы | Выход | | Насыпная плотность, кг/м ³ | Плотность оболочки, кг/м ³ | Содержание горючей массы, % |
|--------------------|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | г | % | | | |
| Зола-унос ТЭС | 2,4 | 0,24 | 495,5 | 2444 | 2,28 |

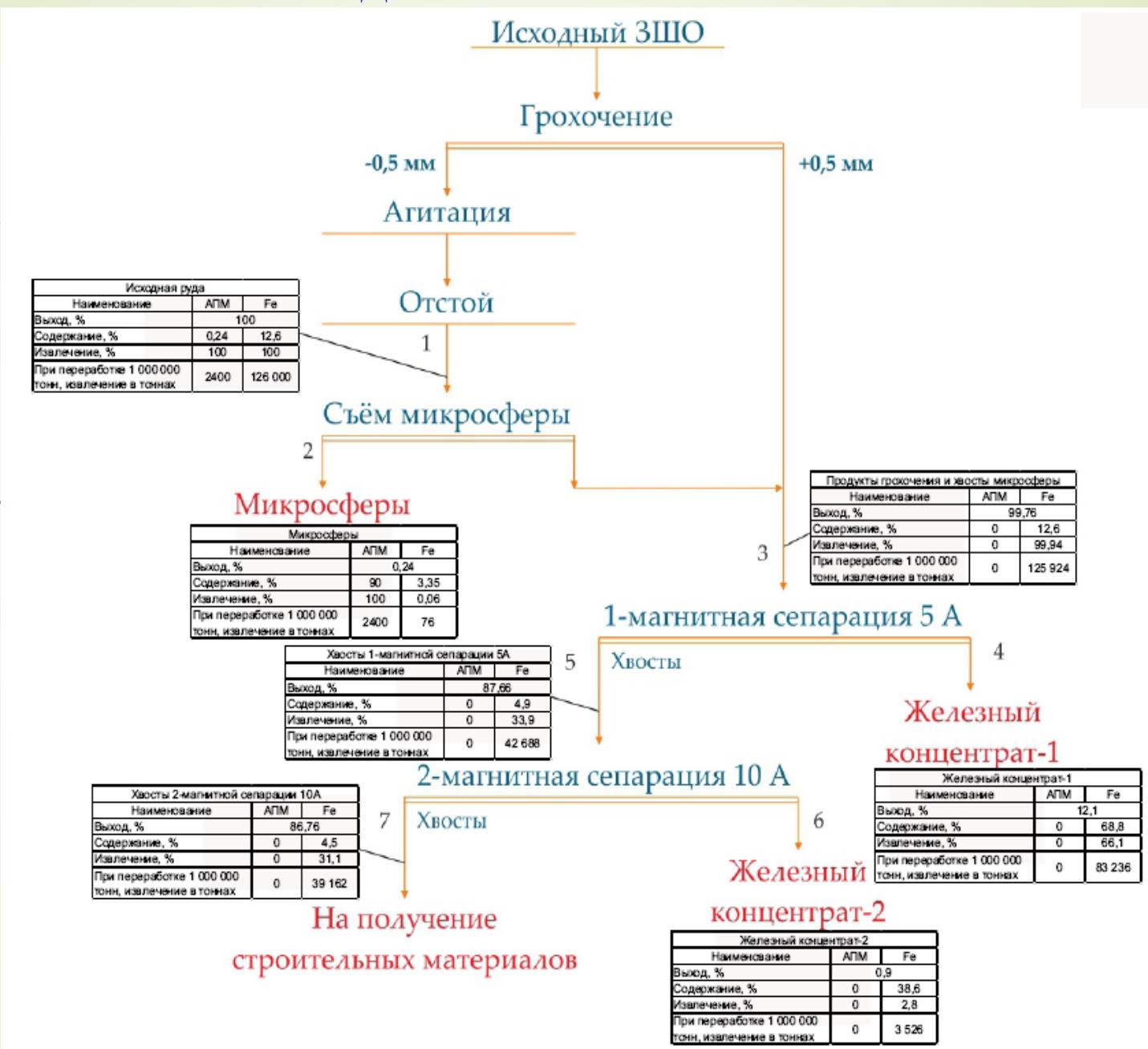


Общий вид алюмосиликатных микросфер при увеличении x 220

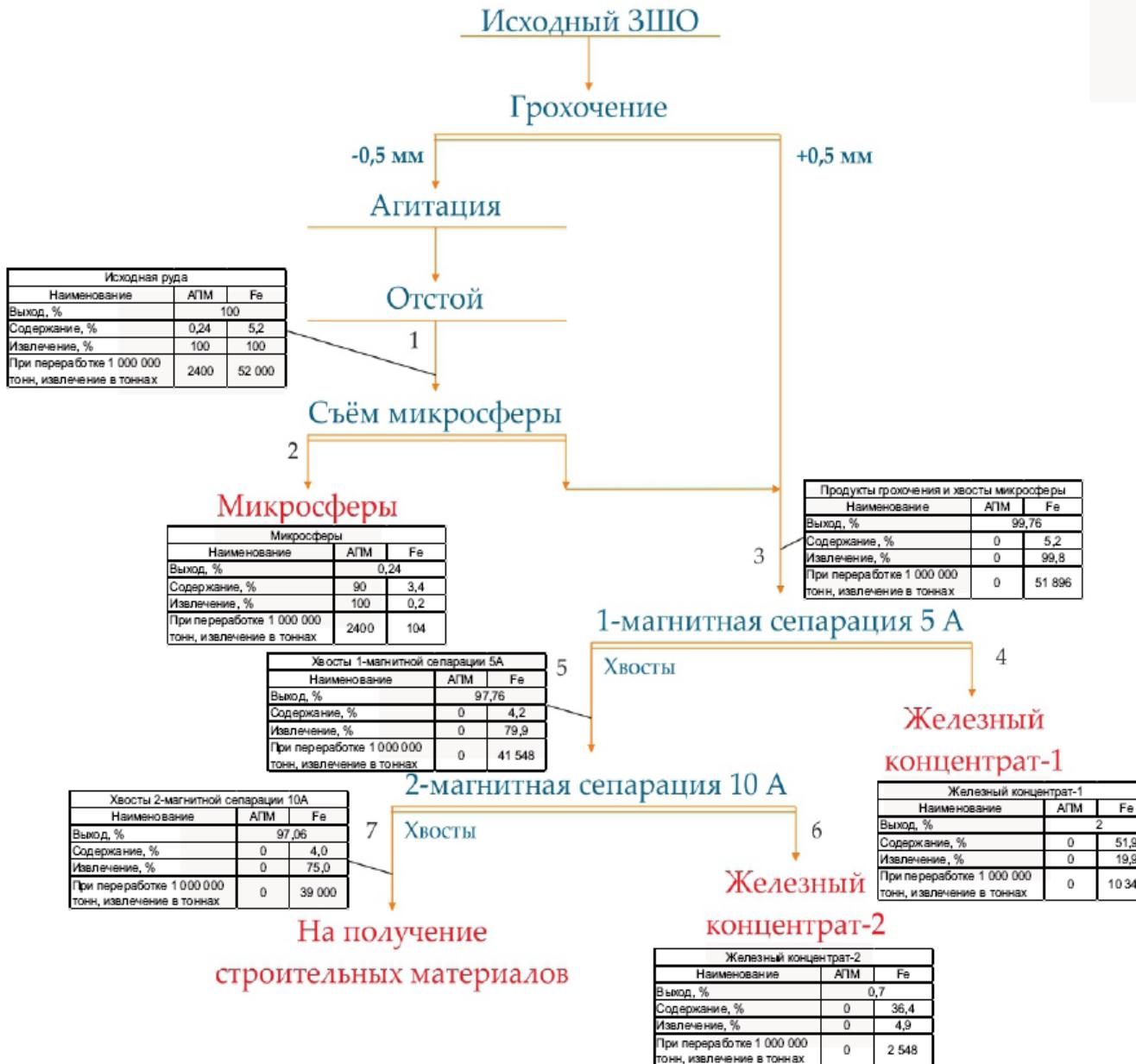
Химический состав алюмосиликатных микросфер

| Компоненты | Содержание, % |
|--------------------------------|---------------|
| SiO ₂ | 50,8 |
| TiO ₂ | 0,93 |
| Al ₂ O ₃ | 29,64 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,51 |
| FeO | 1,15 |
| MnO | 0,05 |
| MgO | 1,21 |
| CaO | 5,33 |
| Na ₂ O | 0,82 |
| K ₂ O | 2,40 |
| P ₂ O ₅ | 0,09 |
| S _{общ} | 2,36 |
| ППП | 2,28 |
| CO ₂ | 0,44 |
| SO ₃ | 1,04 |
| H ₂ O | 0,24 |
| Плывучесть | Не менее 90 |

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ АНГРЕНСКОЙ ТЭС



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ НОВО-АНГRENСКОЙ ТЭС



Минеральный состав ЗШО Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС, %

| Наименование | Ангренская ТЭС | | | Ново-Ангренская ТЭС | | |
|---|----------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|
| | A-1 | A-2 | A-3 | НА-4 | НА-5 | A-6 |
| Кварц | 31,01 | 25,11 | 21,82 | 20,15 | 29,05 | 27,23 |
| КПШ | 5,87 | 5,94 | 9,18 | 9,38 | 8,06 | 10,43 |
| Плагиоклаз | 4,42 | 18,17 | 26,47 | 17,15 | 15,42 | 15,67 |
| Биотит | | 2,00 | | | | |
| Оксид магния | 0,30 | 1,27 | 1,81 | 1,51 | 1,61 | 1,07 |
| Гипс | 7,02 | 1,56 | 2,20 | 0,56 | 0,79 | 0,76 |
| Кальцит | 0,48 | 0,68 | 1,82 | 1,13 | 0,90 | 0,68 |
| Рутил | 0,32 | 0,45 | 0,74 | 0,71 | 0,72 | 0,84 |
| Хлорит | | | | | | |
| Серицит | | | | | | |
| Каолинит | 13,80 | 20,60 | 24,50 | 32,42 | 32,74 | 40,07 |
| Сидерит | 0,55 | 0,57 | ед.зн. | ед.зн. | ед.зн. | ед.зн. |
| Пирит (марказит) | 0,52 | 1,00 | 0,11 | 0,46 | 0,71 | 0,04 |
| Оксиды железа (магнетит+гематит) | 25,04 | 3,95 | 9,48 | 3,39 | 4,39 | 3,09 |
| Углистое вещество | 8,50 | 16,69 | 1,30 | 11,44 | 4,71 | 0,06 |
| Апатит | 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,30 |

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем

Обобщены и проанализированы с позиции вовлечения в ресурсосберегающую переработку результаты многолетнего изучения золошлаковых отходов ТЭС и горнопромышленных отходов

Экспериментально показана целесообразность применения методов мокрой магнитной сепарации для получения техногенного железного концентрата из золошлаковых отходов ТЭС, определены оптимальные режимы и показатели эффективности обогащения.

Разработаны и рекомендованы к внедрению технологические схемы переработки золошлаковых отвалов, реализация которых позволит получить свыше 568 тыс. т техногенного железного концентрата из золошлаковых отходов Ангренской ТЭС со средним содержанием $Fe_{общ}$ 68,6% и более 36 тыс. т алюмосиликатных полых микросфер. Получаемый техногенный железный концентрат может быть реализован на металлургические заводы как товарный продукт.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !