

**Экологически чистые технологии
переработки и обезвреживания отходов
жизнедеятельности мегаполисов**

**Environmentally Friendly Technologies
for Waste Treatment and Disposal in
Megapolises**

**Н.П. Тарасова, В.А. Зайцев
Институт химии и проблем устойчивого развития
РХТУ им. Д.И. Менделеева**

**Natalia P.Tarasova, Valentin A. Zaitsev
Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development
D.Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia**

Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) – вечная проблема и с развитием человеческой цивилизации она становится все более актуальной.

Ежегодно в России образуется свыше 130 млн. т ТБО, в Москве – около 3,5 млн. т. Количество ТБО на душу населения в разных странах мира составляет 200-800 кг/год, в отдельных регионах России этот показатель уже достиг 300-400 кг/год, в Москве – 330-380 кг/год.

Темпы роста ТБО в три раза превышают темпы роста численности населения: 4-6% против 1,5-2%.

Методы обезвреживания ТБО:

- 1. Вывоз на полигоны (свалки),**
- 2. Термические методы (сжигание),**
- 3. Компостирование.**

Но самый эффективный и дешевый способ переработки ТБО - это их селективный сбор и сепарация с последующим использованием выделенных фракций.

Основные проблемы сжигания:

- 1. Отсутствие предварительной сортировки утилизируемых и токсичных фракций;**
- 2. Сложность систем газоочистки МСЗ;**
- 3. Образование токсичной золы;**
- 4. Практически отсутствие удовлетворительных методов промышленной переработки золы МСЗ.**

Содержание загрязняющих веществ в дымовых газах при мусоросжигании

Компонент	Типичная концентрация в дымовых газах до очистки, мг/м ³	Состав дымовых газов МСЗ № 2, мг/м ³		ПДКс.с., мг/м ³
		До очистки	После очистки	
Летучая зола (пыль)	6980	2740	8	0,1
HCl	750	1220	9	0,2
HF	10	40	0,7	0,005
SO₂	250	300	39	0,05
NOx	260	420	98	0,04
Hg	0,2	-	-	0,0003
Cd Pb	2 (общая)	-	0,06	0,0003 (у каждого)
Др. тяжелые металлы	50 (общая)	-	0,06	0,001 (в среднем у каждого)
CO	250	40	40	3,0
Органические вещества	100 (общая)	4,3	4,2	1 · 10 ⁻⁷ (бенз(а)-пирен)
Диоксины и фурофураны	2 · 10 ⁻⁶ (общая)	4,1 · 10 ⁻⁶	9,0 · 10 ⁻⁸	0,5 · 10 ⁻⁹ (общая)

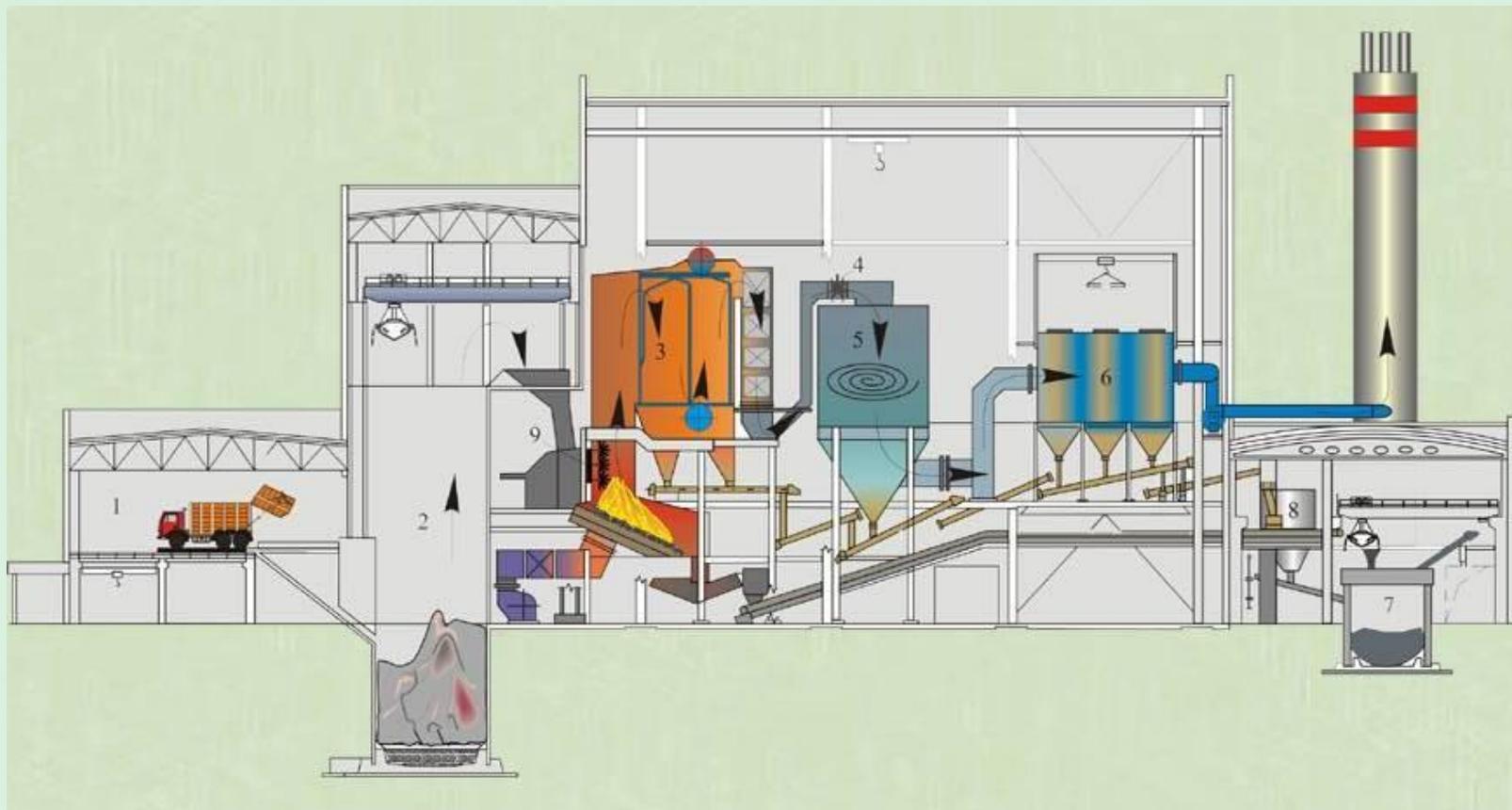
Состав золы и шлака МСЗ №2, %

6

Компоненты	Шлак	Зола
SiO ₂	49,7-56,0	26,1-39,4
TiO ₂	0,5	0,6-1,3
Al ₂ O ₃	10,7-11,8	6,1-9,3
Fe ₂ O ₃	3,9-4,9	4,4-4,8
CaO	14,9-18,6	14,0-29,6
MgO	1,5-1,7	2,3-2,6
K ₂ O	1,4-1,9	2,6-7,1
Na ₂ O	0,5	2,9-6,7
SO ₃	2,9-4,9	3,9-10,7
Cl	0,2-2,3	8,6-15,8
P ₂ O ₅	5,5-6,7	1,3-6,9
Сумма тяжелых металлов*	0,6	0,7-1,6

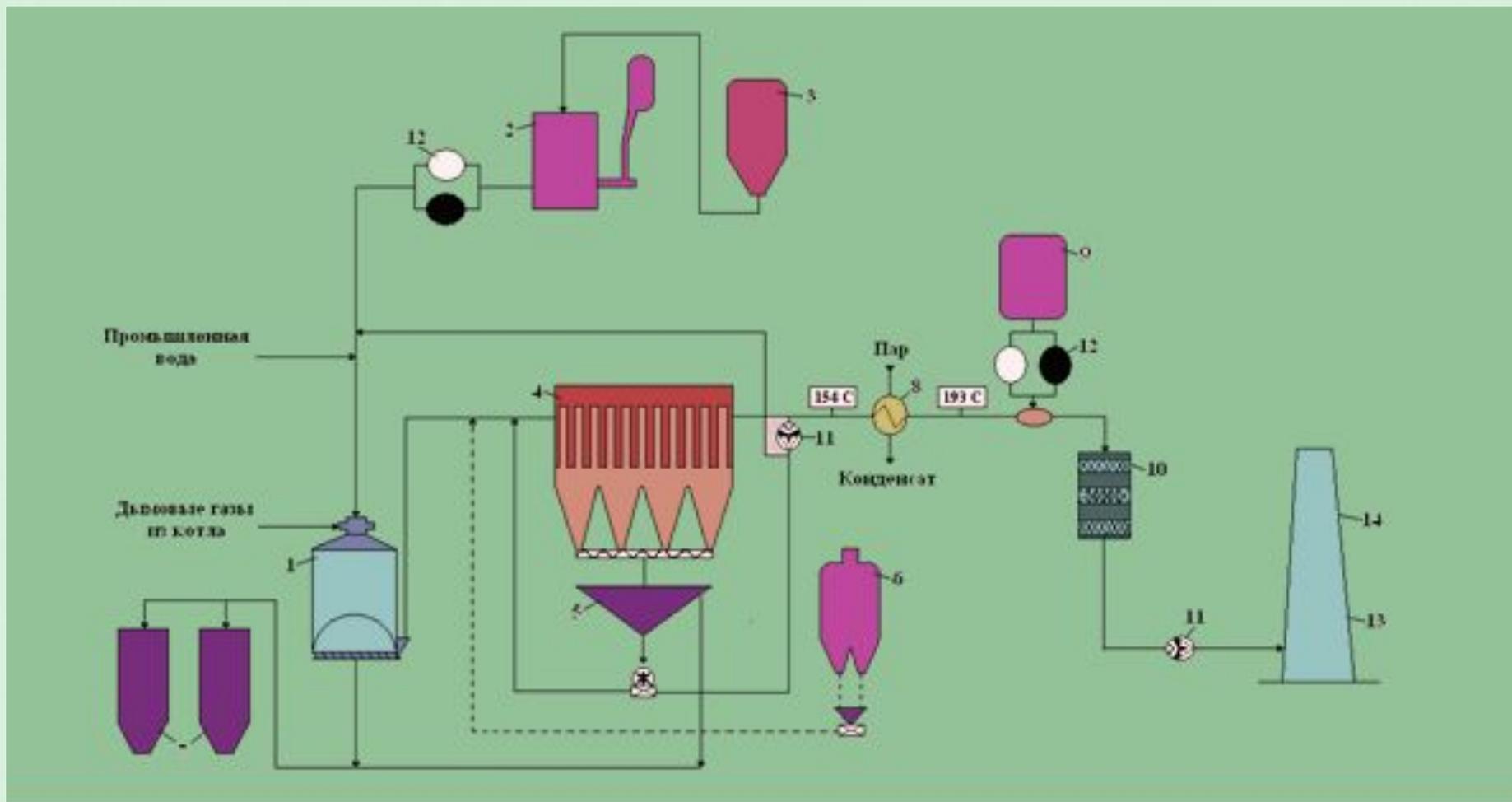
*Сумма тяжелых металлов (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn+Cd+Tl)

Система газоочистки на МСЗ №2 г. Москвы



Обозначения на схеме: 1 – приемное отделение; 2 – приемный бункер ТБО; 3 – котлоагрегат; 4, 5, 6 – отделение газоочистки; 7, 8 – шлаковое отделение; 9 – загрузка ТБО в печь.

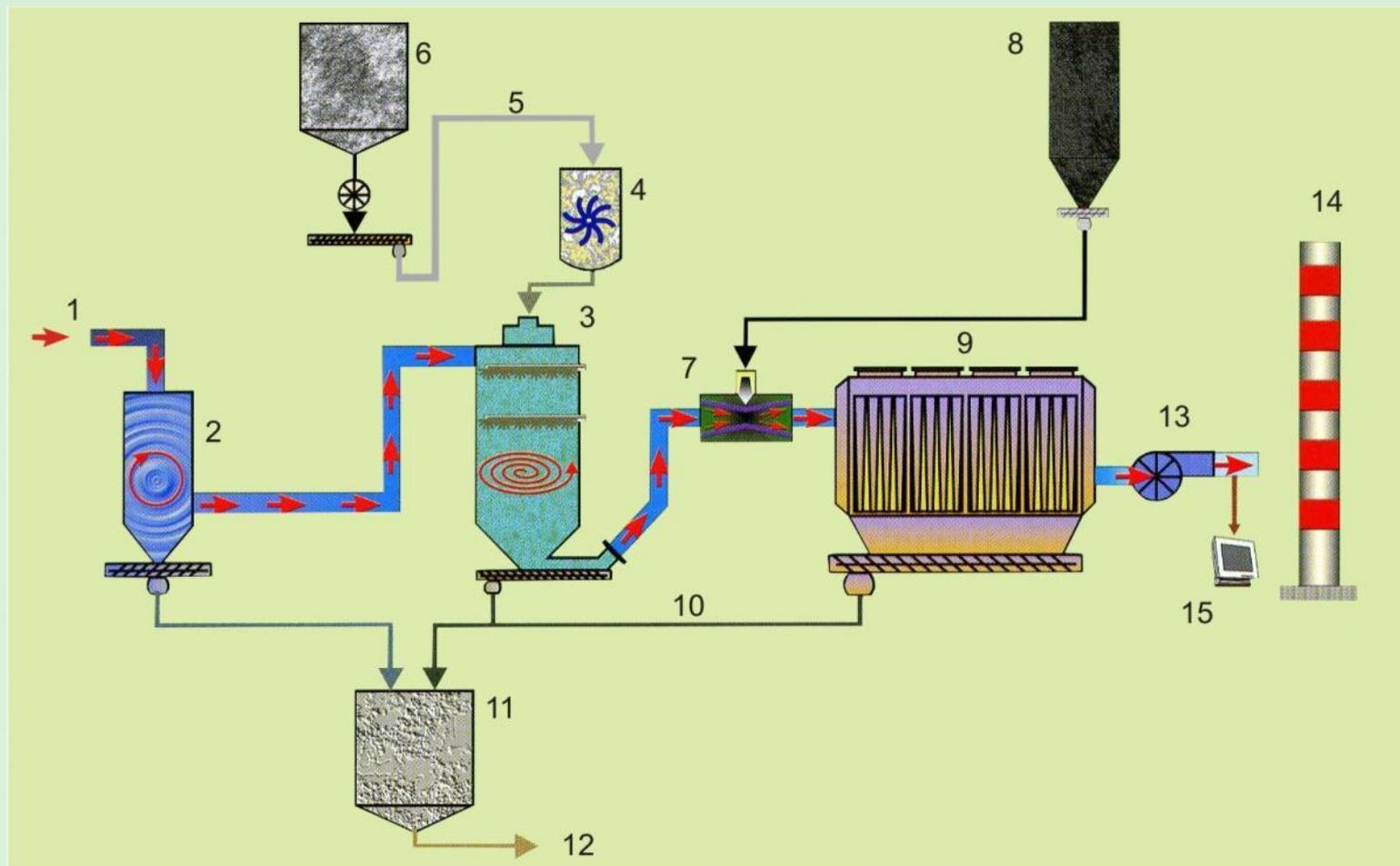
Система газоочистки на МСЗ №3 г. Москвы



Обозначения на схеме: 1 - распылительный абсорбер; 2 - растворный бак извести (и бикарбоната натрия); 3 - бункер извести; 4 - рукавный фильтр; 5 - емкость рециркуляции золы; 6 - бункер активированного угля; 7 - бункеры золы; 8 - парогазовый подогреватель; 9 - емкость аммиачной воды; 10 - установка СКВ оксидов азота; 11 - дымосос; 12 - насос; 13 - дымовая труба; 14 - оборудование для мониторинга вредных эмиссий.

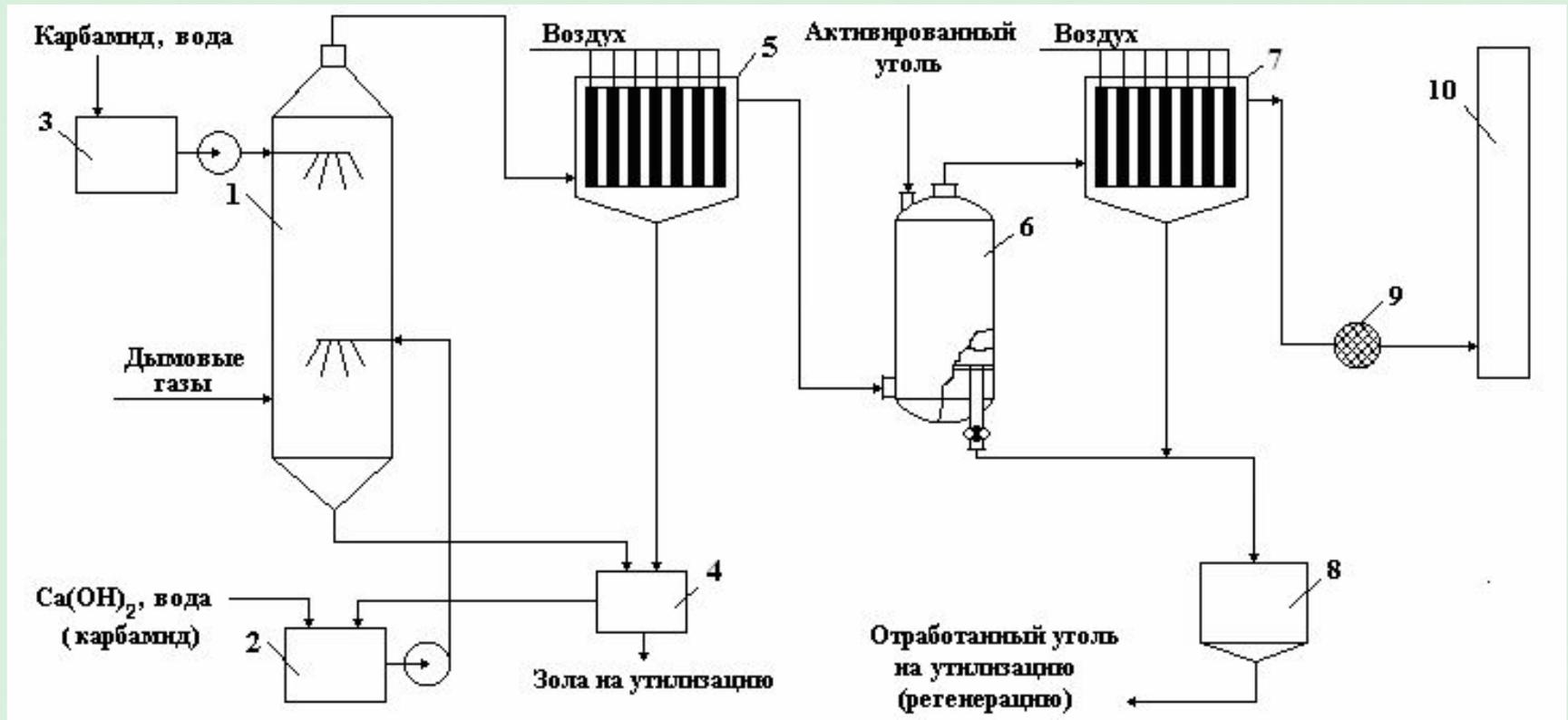
Система газоочистки на МСЗ №4 г. Москвы

9

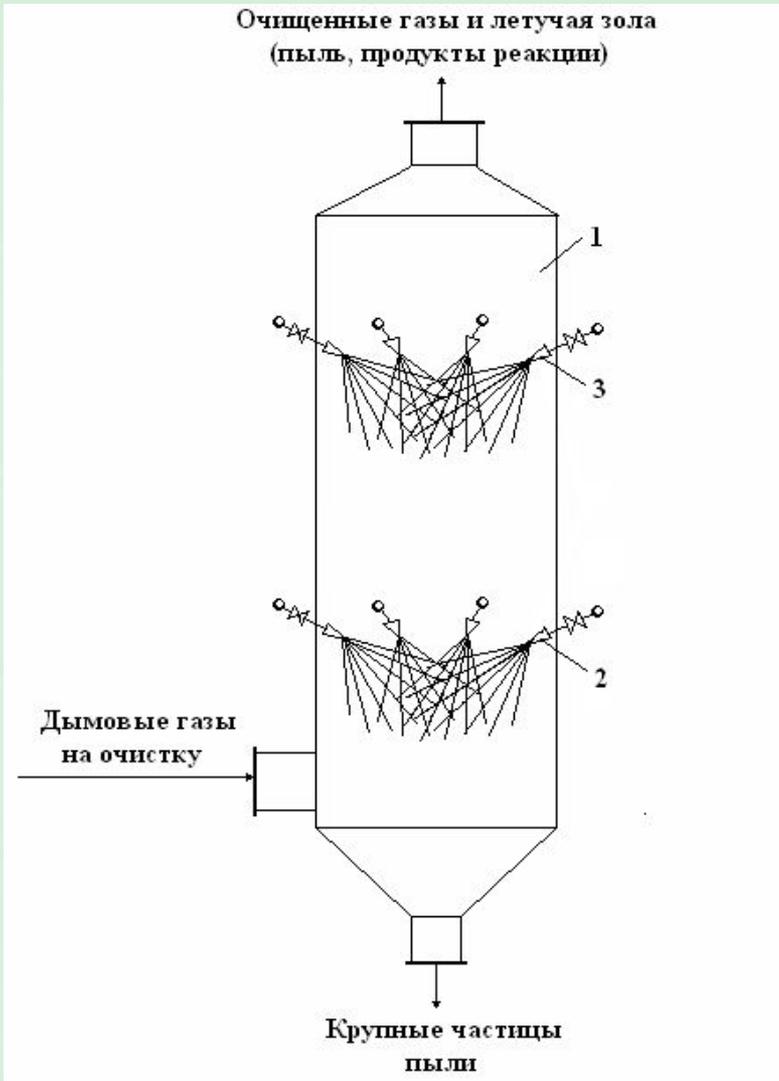


Обозначения на схеме: 1 - дымовые газы; 2 - циклон; 3 - распылительный абсорбер; 4 - смешительный резервуар; 5 - известь; 6 - гашеная известь; 7 - реактор летучего потока; 8 - смесь гашеной извести и активированного угля; 9 - рукавный фильтр; 10 - зола; 11 - силос золы и остатков после газоочистки; 12 - выгрузка золы и остатков после газоочистки для последующей отправки на переработку; 13 - дымосос, 14 - дымовая труба; 15 - система контроля за составом дымовых газов.

Модифицированный вариант системы газоочистки 10



Обозначения на схеме: 1 – абсорбер; 2 – емкость для приготовления рабочей суспензии известкового молока; 3 – емкость для приготовления рабочего раствора карбамида; 4 – емкость для сбора летучей золы; 5 – рукавный фильтр; 6 – адсорбер; 7 – рукавный фильтр; 8 – емкость для сбора отработанного активированного угля; 9 – дымосос; 10 – дымовая труба.



Обозначения на схеме: 1 – колонна (корпус);
2 – форсунки для распыления суспензии; 3 –
форсунки для распыления карбамида.

1. Мокро-сухой способ очистки.

2. Раздельная подача реагентов: из форсунок нижнего яруса распыляется суспензия $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а из форсунок верхнего яруса – раствор карбамида:

- термодинамическое и кинетическое обоснование;
- экономия карбамида.

3. Распределение необходимого количества воды между растворами реагентов.

4. Повышение эффективности газоочистки за счет добавления рециркулируемой золы в суспензию $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

5. Величина точки росы дымовых газов позволяет далее использовать рукавный фильтр.

Эколого-экономический анализ

12

Текущие расходы на реагенты в системе газоочистки

Стоимость реагентов	МСЗ № 2	Модифицированный вариант	
		Без поправки на заводской расход гашеной извести	С поправкой на заводской расход гашеной извести
Гашеная известь, руб./г	5 220 336	1 558 982	5 220 336
Карбамид, руб./г	1 100 480	534 312	534 312
Активированный уголь, руб./г	1 221 356	531 290	531 290
Итого, руб./г	7 542 172	2 624 584	6 285 938
Экономическая эффективность модифицированного варианта по сравнению с МСЗ № 2, руб./г		4 917 588	1 256 234

Предотвращенный экологический ущерб

Вариант	Предотвращенный ущерб, млн.руб./г
МСЗ № 2	3431
Модифицированный вариант	3515
Разница	84

Суммарная эколого-экономическая эффективность модифицированного варианта – **85 531 097 (89 192 451) руб./г.**

Утилизация золы

13

Схема утилизации золы на МСЗ №2:

- измельчение зол и шлаков;
- получение гранул;
- капсулирование гранул в оболочки из механоактивированного вяжущего и получение искусственного щебня;
- добавление искусственного щебня в изделия из бетона (бордюрный камень).

Себестоимость переработки 1 т золы МСЗ №2 – **37 307 руб.**

Предлагаемые методы утилизации золы:

- обезвреживание золы при производстве **цемента**;
- обезвреживание золы при производстве строительной керамики (**кирпич, керамзит, плитка**).

Выводы

1. Сжигание ТБО на МСЗ – более предпочтительный метод переработки и обезвреживания, нежели вывоз на полигон.

2. Сжигание ТБО на МСЗ должно быть после предварительной сортировки от токсичных компонентов и утилизируемых фракций.

3. Разработанный вариант системы газоочистки позволяет гарантированно очистить дымовые газы мусоросжигательных заводов до санитарных норм и сэкономить реагенты (карбамид, активированный уголь).

4. Утилизация золы и шлаков в строительные материалы (цемент, кирпич, керамзит, плитка) является надежным, экологически обоснованным методом их обезвреживания.

5. Все предлагаемые технологические процессы безотходные и экологически обоснованные.