



Комплексная переработка фосфогипса из отвалов и отходов текущего производства минеральных удобрений ОАО «Ровноазот»

В статье рассматриваются возможности использования фосфогипса – одного из наиболее крупнотоннажных отходов предприятия ОАО «Ровноазот». Изучены основные физико-химические свойства фосфогипса, предложены новые эффективные технологии его утилизации. Приведены технико-экономические показатели организации производства гипсового вяжущего ГВФ-4 и на его основе – сухих строительных смесей. Ил. 3. Табл. 8. Библиогр.: 7 назв.

Ключевые слова: фосфогипс, промышленные отходы, загрязнение, удобрения, тяжёлые и редкие металлы

The article discusses the possibility of using phosphogypsum - one of the most large-enterprise waste of "Rovnoazot." Studied the basic physical and chemical properties of phosphogypsum, the proposed new efficient technologies of disposal. Given the technical and economic performance of the organization of production of gypsum binder CAF-4, and based on it - dry mixes.

Keywords: phosphogypsum, industrial waste, pollution, fertilizers, heavy metals and rare.

Постановка проблемы

Длительное время проблеме утилизации фосфогипса (ФГ) не уделялось должного внимания, что привело к образованию огромных запасов лежалого ФГ. Транспортирование ФГ в отвалы и его хранение связано с большими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами, отчуждение больших площадей земли. Хранение ФГ в отвалах, даже при правильной их эксплуатации, наносит вред окружающей природной среде.

Анализ последних достижений и публикаций по данному вопросу

По результатам исследований авторов и анализа мирового опыта одним из наиболее перспективных направлений утилизации ФГ является стройиндустрия, где он может использоваться в качестве вторичного сырья вместо природного гипса, что позволит решить ряд экологических проблем производства минеральных удобрений.

Фосфогипс также целесообразно использовать при производстве гипсовых вяжущих и изделий на их основе, а также в цементной промышленности.

Цель работы - повышение экологической безопасности в районах размещения предприятий химической промышленности путём разработки экологически безопасной технологии комплексной переработки фосфогипса при использовании последнего в качестве сырья для производства строительных смесей на примере ОАО «Ровноазот»

Исследование

В данной работе рассматриваются отходы ОАО «Ровноазот» - ФГ, которые могут быть использованы в качестве основного вторичного сырьевого материала. ФГ – крупнотоннажный пастообразный отход

производства минеральных удобрений, пожаро- и взрывобезопасен, малотоксичен (класс опасности – 4), имеет серый цвет, гигроскопичен, слеживается, плотность – 1,2 г/см³. Химический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав отходов фосфогипса, % масс.

№ образца	Компоненты						Влага гигроскоп.
	SO ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	CuO	P ₂ O ₅	
1	45,7	28,5	0,3	0,1	3,4·10 ⁻³	2,6	15,2
2	46,8	31,5	0,1	0,1	1,8·10 ⁻³	1,7	15,4
3	47,9	27,3	не обн.	<0,1	1,5·10 ⁻³	1,7	12,5
4	41,3	30,1	0,05	0,3	3,2·10 ⁻³	2,1	15,5

Результаты исследований на содержание водорастворимых компонентов в ФГ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты анализа проб фосфогипса на содержание растворимых соединений, % масс.

№ образца	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	Fe ₂ O ₃	pH водной вытяжки
1	0,475	0,028	0,511	1,22	0,002	2,91
2	0,756	0,040	0,149	1,06	0,002	3,30
3	0,742	—	0,130	1,22	0,003	4,03
4	0,665	0,004	0,254	1,07	0,003	2,80
среднее	0,66	0,18	0,25	1,16	0,0025	3,26

По результатам исследований авторов и анализа мирового опыта одним из наиболее перспективных направлений утилизации ФГ является стройиндустрия, где он может использоваться в качестве вторичного сырья вместо природного гипса. Это по-

зволяет в значительной части решить экологические проблемы производства и региона, где расположены предприятия химической промышленности.

Кроме ФГ при производстве гипсового вяжущего ГВФ-4 дополнительными компонентами сырья и энергоресурсов являются: лигносульфанат сухой, известь строительная, вода, дизельное топливо, природный газ, сжатый воздух, электроэнергия. Расходы сырья и энергоресурсов на производство 5000 т гипсового вяжущего ГВФ-4 по разработанной авторами технологии приведены в табл. 3.

Таблица 3. Расход сырья и энергоресурсов на производство ГВФ-4

№	Наименование компонента	Расход на 1 т ГВФ-4	Расход годовой
1	Фосфогипс (с влажностью 14-20 %), т	1,25	6 250
2	Лигносульфанат сухой, т	2,0	10 000
3	Известь (сорт 2, CaO + MgO ≥ 80 %), т	1,25	6 250
4	Дизтопливо, т	0,001	5
5	Электродэнергия, кВт/ч	75	375 000
6	Природный газ, м ³	130	650 000
7	Сжатый воздух, м ³	70	350 000
8	Вода, м ³	0,13	650

Для определения технико-экономических показателей получения гипсового вяжущего ГВФ-4, приняты затраты на 1 т сырья (ФГ в отвалах) и его доставку на установку для переработки в размере 5 грн. При использовании фосфогипсового вяжущего для производства сухих строительных смесей (ССС) кроме ФГ необходимым сырьем и энергоносителями являются песок (либо известняковая крошка), известь гашеная, эфирметилцеллюлоза, лигносульфанат сухой, газ природный, электроэнергия, сжатый воздух, дизтопливо. Расходы сырья и энергоносителей на производство ССС приведены в табл. 4.

Таблица 4. Расход сырья и энергоносителей на производство ССС

Наименование компонента	Расход на 1 т ССС	Расход годовой
Фосфогипсовое вяжущее, т	0,5	5 000
Песок (или известняковая крошка), т	0,47	4 700
Известь гашеная, т	0,027	270
Эфирметилцеллюлоза, т	0,002	20
Лигносульфанат, т	0,001	10
Природный газ, м ³	18	180 000
Сжатый воздух, м ³	21	210 000
Электродэнергия, кВт-ч	15	150 000
Дизтопливо, т	0,001	10

Организация производства обжигового гипсового вяжущего ГВФ-4 и ССС предлагается в пустующих производственных помещениях ОАО «Ровноазот». Размеры необходимого помещения составляют 48 x 18 = 864 м². Для нормальной эксплуатации предлагаемого производства планируется его подключение к существующим заводским сетям энергоснабжения и использование существующих транспортных средств заводского автохозяйства предприятия.

Производство гипсового вяжущего ГВФ-4

На первом этапе производится нейтрализация лежалого ФГ и получение из него кондиционного ФГ. Схема узла нейтрализации ФГ приведена на рис. 1.

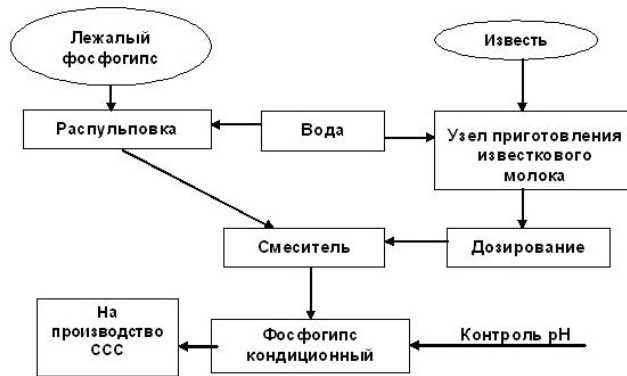


Рис. 1. Схема узла нейтрализации фосфогипса

Затем, ФГ кондиционный с влажностью 14-20 % поступает в бункер исходного сырья, далее дозатором подается в 2-х вальный смеситель (рис. 2).

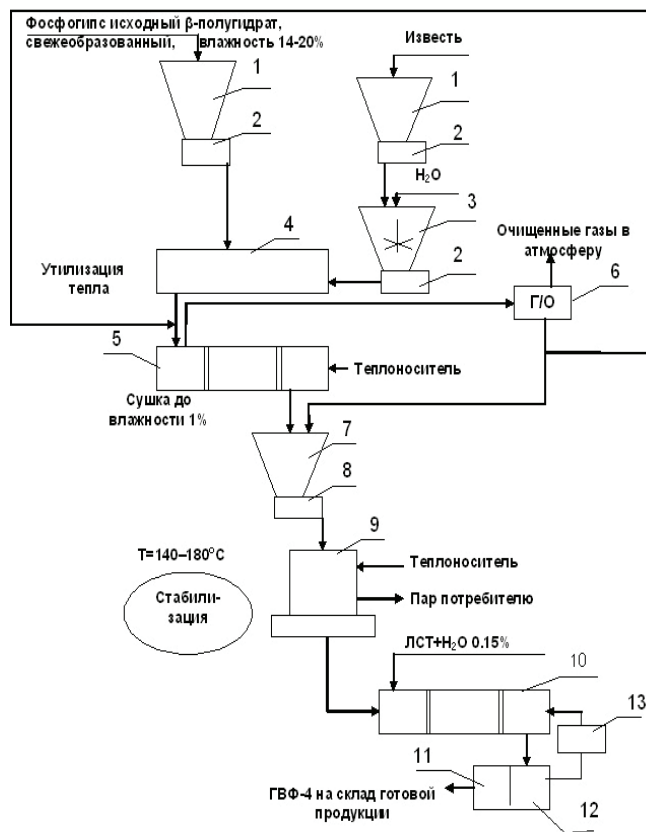


Рис. 2. Аппаратно-технологическая схема процесса приготовления гипсового вяжущего ГВФ 4 по ДСТУ Б.В. 2.7-4-93

К рис. 1 Экспликация оборудования:

1 – бункер исходного сырья;	8 – питатель ленточный;
2 – дозатор весовой ленточный;	9 – котел гипсоварочный;
3 – промежуточный бункер извести;	10 – мельница шаровая;
4 – смеситель лопастной 2-х вальный;	11 – насос пневмовинтовой;
5 – сушильный барабан;	12 – грохот 2-х ситный;
6 – газоочистка 2-х ступенчатая;	13 – элеватор ковшевой.
7 – бункер промежуточный;	

Одновременно в смеситель подается гашеная известь. После тщательного смешивания в смесителе шихта поступает на сушку в сушильный барабан, где она подсушивается до 1% влажности. Затем, при температуре 140-180 °С в гипсоварочном котле происходит стабилизация полученного продукта. После стабилизации продукт поступает в шаровую мельницу, где происходит его измельчение. Затем продукт поступает на грохот (или специальные сита), после чего, пневмонасосом транспортируется на склад готовой продукции. Объем производства гипсового вяжущего составляет 5000 т в год.

В табл. 5 приведено количество и стоимость основного технологического оборудования для производства обжигового гипсового вяжущего ГВФ-4.

Таблица 5. Стоимость основного технологического оборудования для производства обжигового гипсового вяжущего ГВФ-4.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Стоимость, тыс. грн	
			Единицы	Общая
1	Смеситель лопастной 2-х вальный	1	20,0	20,0
2	Сушильный барабан	1	80,0	80,0
3	Котел гипсоварочный	1	65,0	65,0
4	Мельница шаровая	1	40,0	40,0
5	Дозатор весовой ленточный	3	4,0	12,0
6	Питатель ленточный	2	4,0	8,0
7	Бункера и металлоконструкции	–	–	40,0
8	Конвейер ленточный желобчатый В = 600, L _{общ} = 8 м	–	–	4,0
9	Конвейер скребковый, L _{общ} = 15 м	–	–	20,0
10	Элеватор ковшевой, L _{общ} = 5 м	2	17,0	34,0
11	Насос центробежный, Q=25 м³/ч, Н=10 м	1	4,0	4,0
12	Насос пневмовинтовой	1	20,0	20,0
13	Грохот 2-х ситный	1	16,0	16,0
14	Резерв на неучтенное оборудование	–	–	70,0
Всего:			433,0	

Производство сухих строительных смесей
Аппаратурно-технологическая схема производства ССС приведена на рис. 3.

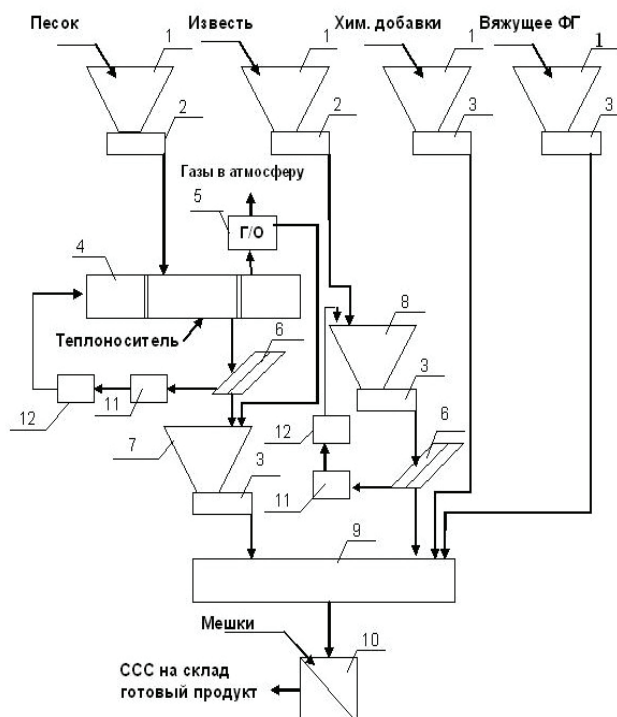


Рис. 3. Аппаратурно-технологическая схема приготовления ССС

Экспликация оборудования:

1 – бункер исходного сырья;	7 – бункер промежуточный для песка;
2 – питатель ленточный;	8 – бункер промежуточный для извести;
3 – дозатор весовой ленточный;	9 – смеситель лопастной 2-х вальный;
4 – сушильный барабан;	10 – упаковочная машина;
5 – газоочистка 2-х ступенчатая;	11 – мельница шаровая;
6 – грохот 2-х ситный;	12 – элеватор ковшевой.

Технико-экономические показатели организации производства гипсового вяжущего ГВФ-4 и сухих строительных смесей на его основе

А. Организация производства гипсового вяжущего ГВФ-4

1) Численность обслуживающего персонала и расходы на оплату труда.

Основной производственный персонал, чел./смену:

- рабочих – 11, мастер – 1.

Средняя заработная плата в месяц, грн.:

- рабочих – 1 500 грн. в месяц; мастеров – 1 900 грн. в месяц.

Всего в год, включая премию за год в размере месячной заработной платы:

рабочих: 1500 × 13 × 11 = 214500 грн.; мастеров: 1900 × 13 × 1 = 24700 грн.

Всего расходы на оплату труда – O_т = 239 200 грн./г.

2) Себестоимость продукции приведена в табл. 6.

Таблица 6. Себестоимость производства 5 000 т ГВФ-4

№ пп	Статьи расходов	Обозначение	Сумма, грн/год
1	Расходы на сырье и энергоресурсы для производства ГВФ-4	$P_{\text{сз}}$	1 644 880
2	Расходы на оплату труда персонала	$O_{\text{т}}$	239 200
3	Отчисления на соцстрах и др. фонды (36,8 % от $C_{\text{от}}$)	$O_{\text{сс}}$	88 000
4	Амортизационные отчисления на оборудования (15 % от стоимости оборудования)	$A_{\text{об}}$	65 000
5	Расходы на ремонт оборудования (5 % от стоимости оборудования)	$P_{\text{р}}$	21 650
6	Расходы на обслуживание оборудования (1 % от стоимости оборудования)	$P_{\text{о}}$	4 300
7	Прочие расходы (5 % от $P_{\text{сз}} + O_{\text{т}} + O_{\text{сс}} + A_{\text{об}} + P_{\text{р}} + P_{\text{о}}$)	$P_{\text{п}}$	103 200
Итого:			2 166 230

Себестоимость 1 т ГВФ-4: $C_{\text{ГВФ}} = 2\,166\,230 / 5\,000 = 433,2$ грн./т.

Б. Организация производства сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего ГВФ-4

1) Численность обслуживающего персонала и расходы на оплату труда.

Основной производственный персонал, чел./смену:

- рабочих – 7, мастер – 1.

Средняя заработная плата в месяц, грн.:

- рабочих – 1 500 грн. в месяц;

мастеров – 1 900 грн. в месяц.

Всего в год, включая премию за год в размере месячной заработной платы:

рабочих: $1500 \times 13 \times 7 = 136\,500$ грн.;

мастеров: $1900 \times 13 \times 1 = 24\,700$ грн.

Таблица 8. Техничко-экономические показатели организации производства гипсового вяжущего ГВФ-4 и сухих строительных смесей

Наименование показателей	Производство гипсового вяжущего ГВФ-4	Производство сухих строительных смесей	Проект в целом
Годовой объем продукции, т	5 000	10 000	10 000
Численность работников, чел.	12	8	20
Себестоимость 1 т продукции, грн./т	433,2	435,6	435,6
Себестоимость годовая, тыс.грн./год	2 166	4 356	4 356
Годовой объем продаж, тыс.грн./год		5 500	5 500
Валовая прибыль, тыс.грн.	–	1 144	1 144
Чистая прибыль, тыс.грн.	–	858	858
Сметная стоимость строительства, тыс.грн.	703	621	1 324
Удельные капитальные затраты на 1 т продукции, грн./т	140,6	62,1	132,4
Срок окупаемости с момента выхода на проектную производительность, лет	–	–	1,5
Рентабельность, %	–	–	20,8

Всего расходы на оплату труда – $O_{\text{т}} = 161\,200$ грн./год.

2) Себестоимость продукции приведена в табл. 7.

Таблица 7. Себестоимость производства 10000 т ССС (на 2011 г.)

№ п/п	Статьи расходов	Обозначение	Сумма, грн/год
1	Расходы на сырье и энергоресурсы для производства ССС	$P_{\text{сз}}$	3 836 830
2	Расходы на оплату труда персонала	$O_{\text{т}}$	161 200
3	Отчисления на соцстрах и др. фонды (36,8 % от $C_{\text{от}}$)	$O_{\text{сс}}$	59 300
4	Амортизационные отчисления на оборудования (15 % от стоимости оборудования)	$A_{\text{об}}$	65 000
5	Расходы на ремонт оборудования (5 % от стоимости оборудования)	$P_{\text{р}}$	21 650
6	Расходы на обслуживание оборудования (1 % от стоимости оборудования)	$P_{\text{о}}$	4 300
7	Прочие расходы (5 % от $P_{\text{сз}} + O_{\text{т}} + O_{\text{сс}} + A_{\text{об}} + P_{\text{р}} + P_{\text{о}}$)	$P_{\text{п}}$	207 400
Итого			4 355 680

Себестоимость 1 т сухих строительных смесей: $C_{\text{ССС}} = 4\,355\,680 / 10\,000 = 435,6$ грн./т.

Прогнозируемый объем реализации продукции – 10000 т по цене 550 грн./т

Объем продаж: $O_{\text{п}} = 10\,000 \times 550 = 5\,500\,000$ грн./год.

Общая валовая прибыль от производства ГВФ-4 и на его основе ССС:

$V_{\text{п}} = O_{\text{п}} - C_{\text{ССС}} = 5\,500\,000 - 435,6 \times 10\,000 = 1\,144\,000$ грн./год.

Налог на прибыль (25 % от $V_{\text{п}}$):

$H_{\text{п}} = V_{\text{п}} \times 0,25 = 1\,144\,000 \times 0,25 = 286\,000$ грн./год.

Чистая прибыль: $P_{\text{ч}} = V_{\text{п}} - H_{\text{п}} = 1\,144\,000 - 286\,000 = 858\,000$ грн/г.

Учитывая снижение капитальных затрат за счет использования существующих производственных и административных зданий, автотранспорта, а также снижение себестоимости конечной продукции вследствие использования гипсового вяжущего собственного производства, период окупаемости инвестиций с момента выхода производства ГВФ-4 и сухих строительных смесей на проектную производительность составит

$$P_o = K_c / P_ч = 1\,324\,000 / 858\,000 \approx 1,5 \text{ года}$$

Технико-экономические показатели организации производства гипсового вяжущего ГВФ-4 и на его основе производства сухих строительных смесей приведенных в таблице 8.

Выводы и предложения

1. Предлагаемая комплексная переработка ФГ из отвалов ОАО «Ровноазот» и из отходов текущего производства минеральных удобрений, является высокоэффективным мероприятием, решающим одновременно проблему защиты окружающей природной среды от вредного воздействия на нее существующих отвалов.

2. Получение сухих строительных смесей из бросовых отходов производства минеральных удобрений является высоколиквидным мероприятием в условиях действующего предприятия ОАО «Ровноазот» и вместо убытков от хранения отходов производства в отвалах, дает дополнительную чистую прибыль предприятию 858 тыс. грн./год.

3. При наличии потребителей строительных изделий из сухих строительных смесей в этом регионе, их производство можно организовать с более высокой производительностью на другой площадке, что

позволит повысить эффективность использования бросовых отходов ОАО «Ровноазот».

4. Предлагаемое решение использования отходов производства минеральных удобрений, позволяет это производство сделать малоотходным.

Библиографический список

1. Парфенов О.Г. Фосфорсодержащие удобрения и экология. – Новосибирск: Изд-во ГПНТБ СО-АН СССР, 1990. – С. 80-86.

2. Фосфогипс и его исследование. Под ред. Эвенчика С.Д., Новикова А.А. – М.: Химия, 1990. – 338 с.

3. Киевский М.И. и др. Безотходные технологические схемы химических производств. – К.: Техника, 1987. – 169 с.

4. Касимов А.М., Леонова О.Е. Переработка фосфогипса для предприятий стройиндустрии // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – № 6. – С. 207-209.

5. Ахмедов М.А., Атакузиев Т.А. Фосфогипс. Исследование и применение. – Ташкент: Изд-во «Фан», 1980. – 299 с.

6. Гипс и фосфогипс. Под ред. С.И. Вольфовича. – М.: Госхимиздат, 1958. – 351 с.

7. Касимов А.М., Решта Е.Е. Современные системы управления промышленными отходами в отечественной и мировой практике // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4. – С. 11-16.

Поступила 11.04.2013



Уважаемые читатели!

**У Вас есть возможность оформить подписку изданий
ООО «Укрметаллургинформ «НТА» на второе полугодие 2013 г.:**

Индекс: 74311

- журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на русском языке;

Индекс: 49501

- журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на русском языке, CD-ROM;

Индекс: 49502

- журнал “Metallurgical and mining industry” на английском языке.

**через каталог «Изданий Украины», каталог России «Газеты. Журналы»
и через редакцию журнала.**

Редакция:

**ул. Дзержинского, 23, г. Днепропетровск, Украина, 49027,
к/т 056-744-81-66; т/ф 0562-46-12-95.**