

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ

Ведущим производителем комплексных удобрений в Республике Беларусь является ОАО «Гомельский химический завод». Основной проблемой в производстве комплексных удобрений в стране является отсутствие собственной сырьевой базы. В связи с этим технология производства на предприятии изначально разрабатывалась под использование Кировского апатитового концентрата, поставляемого в настоящее время российской компанией «Фосагро». ОАО «Гомельский химический завод» ежегодно завозил из России более 200 тыс. т апатитового концентрата и более 100 тыс. т фосфоритной муки. Для ритмичной работы завода требуется поставка апатитового концентрата в объеме порядка 40 тыс. т в месяц. Однако запасы данного месторождения истощаются, поэтому начиная с 2005 года, у предприятия обостряются проблемы, связанные с непрерывным удорожанием фосфатного сырья и сложностями в обеспечении его поставок. Это обусловлено, во-первых, существенным снижением качества перерабатываемой руды, а, во-вторых, отсутствием возможности открытия новых месторождений нефелин-apatитовых руд на доступных горизонтах в Хибинах.

В 2021 году российские поставщики фосфатного сырья окончательно заканчивают поставки апатитовых концентратов на белорусское предприятие за исключением незначительных количеств по контрактным обязательствам. Все это позволяет сделать вывод, что на современном этапе становится необходимым расширение фосфатно-сырьевой базы путем вовлечения в переработку фосфатов новых месторождений, что и является одной из актуальных задач белорусских предприятий, производящих минеральные удобрения.

Как показал опыт ОАО «Гомельский химический завод», переход на иные источники сырья не является чисто технической процедурой, а связан с существенными технологическими трудностями, обусловленными наличием в них значительного количества примесей, в частности, соединений оксидов полуторных металлов и магния, а также кислото-растворимых силикатных минералов, что сильно влияют как на реологические свойства образующихся суспензий, так и на основные технологические показатели разложения фосфатного сырья. Не менее актуальной задачей является сохранение потребительских характеристик товарной продукции. Поэтому необходимо уделить особое внимание исследова-

нию распределения фтора и других компонентов в производстве экстракционной фосфорной кислоты из различных видов фосфатного сырья, результаты которого представлены в таблицах 1 и 2. По данным таблиц 1, 2 можно рассчитать соотношения F / P_2O_5 для каждого объекта и определить с учетом коэффициента выхода каким образом F распределяется в системе. Так для гипса F / P_2O_5 составляет 0,096 или в гипсе содержится 3,33 масс. % фтора от его первоначального количества. Для экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 составляет 0,05, что говорит о содержании 40,88 масс. % фтора в кислоте от его первоначального количества. А для упаренной фосфорной кислоты 0,014 и 11,45 масс. % соответственно. Следовательно, на стадии экстракции в газовую фазу переходит 55,79 масс. %, а на стадии выпарки – 29,49 масс. %, при разложении смеси 1. При расчете аналогичных показателей для смеси 2 получаются следующие значения:

- для гипса F/P_2O_5 0,31;
- для экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,064;
- для упаренной экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,027;
- 11,4 масс. % фтора от исходного количества переходит в гипс;
- 63,95 масс. % фтора от исходного количества переходит в ЭФК;
- 24,65 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии разложения;
- 26,98 масс. % фтора от исходного количества переходит в УЭФК;
- 36,97 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии выпарки.

Как показывают результаты обследований с повышением доли фосфоритов в смеси в газовую фазу переходит меньшее количество фтора, а в целевом продукте и в гипсе содержание фтора возрастает.

При определении долей фтора в различных компонентах системы при разложении фосфоритов Марокко марки К-9 получаем следующие значения:

- для гипса F / P_2O_5 0,22;
- для экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,1138;
- для упаренной экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,0321;
- 9,19 масс. % фтора от исходного количества переходит в гипс;
- 90,6 масс. % фтора от исходного количества переходит в ЭФК;
- 0,21 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии разложения;
- 25,56 масс. % фтора от исходного количества переходит в УЭФК;
- 65,04 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии выпарки.

Таблица 1 – Анализ экстракционной фосфорной кислоты, образующейся при разложении различных источников фосфатного сырья

Вид фосфатного сырья	Плотность, г/см ³	Содержание, масс. %										
		P ₂ O ₅	F	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Cl	Орган. в-ва
Кировский апатитовый концентрат + алжирские фосфориты (1 : 1)	1,295	26,77	1,72	-	-	-	0,59	-	-	-	-	0,0027
Ковдорский апатит + казахстанская фосфоритная мука (4 : 1)	1,290	25,16	1,22	2,37	0,33	0,24	1,26	0,054	0,168	1,11	0,0167	0,014
Фосфориты Марокко марки К-9	1,278	24,16	3,09	-	0,17	0,32	0,10	0,064	0,280	-	-	0,016
Фосфориты Марокко марки К-10	1,273	24,04	1,95	2,23	0,22	0,41	0,11	0,084	0,130	0,80	0,0170	0,020
Сирийские фосфориты	1,254	24,70	1,69	1,91	0,14	0,12	0,42	-	-	-	-	-

Таблица 2 – Анализ упаренной экстракционной фосфорной кислоты, полученной из различных источников фосфатного сырья

Вид фосфатного сырья	Плотность, г/см ³	Содержание, масс. %										
		P ₂ O ₅	F	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Cl	Орган. в-ва
Кировский апатитовый концентрат + алжирские фосфориты (1 : 1)	1,653	49,71	1,35	-	-	-	1,14	0,15	0,43	-	-	0,0035
Ковдорский апатит + казахстанская фосфоритная мука (4 : 1)	1,701	49,50	0,68	5,26	0,52	0,44	2,22	0,095	0,315	0,41	0,0027	0,015
Фосфориты Марокко марки К-9	1,680	50,08	2,09	5,14	0,33	0,81	0,85	0,087	0,380	0,41	0,0018	0,020
Фосфориты Марокко марки К-10	1,666	49,75	1,32	4,60	0,42	0,75	0,66	0,059	0,37	0,33	0,0020	0,030
Сирийские фосфориты	1,621	50,11	0,73	3,72	0,38	0,40	0,83	-	-	-	-	-

При определении долей фтора в различных компонентах системы при разложении фосфоритов Марокко марки К-10 получаем следующие значения:

- для гипса F / P_2O_5 0,442;
- для экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,075;
- для упаренной экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,0264;
- 27,39 масс. % фтора от исходного количества переходит в гипс;
- 65,77 масс. % фтора от исходного количества переходит в ЭФК
- 6,84 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии разложения;
- 18,28 масс. % фтора от исходного количества переходит в УЭФК;
- 47,49 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии выпарки.

При определении долей фтора в различных компонентах системы при разложении сирийских фосфоритов используем данные таблиц 1-2 и получаем следующие значения:

- для гипса F / P_2O_5 0,463;
- для экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,068;
- для упаренной экстракционной фосфорной кислоты F / P_2O_5 0,0146;
- 19,1 масс. % фтора от исходного количества переходит в гипс;
- 60,81 масс. % фтора от исходного количества переходит в ЭФК;
- 20,09 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии разложения;
- 13,06 масс. % фтора от исходного количества переходит в УЭФК;
- 47,75 масс. % фтора от исходного количества переходит в газовую фазу на стадии выпарки.

Таким образом, выполненный цикл исследований позволил получить новые научные данные о распределении фтора в системе, образующейся при разложении различных видов фосфатного сырья, между твердой, жидкой и газообразной фазой в производстве экстракционной фосфорной кислоты. Предложена новая методика оценки распределения фтора между отдельными фазами и стадиями технологического процесса получения ЭФК, основанная на расчете и анализе соотношения F / P_2O_5 для каждого объекта (фазы или стадии). Использование иных видов фосфатного сырья, а также комбинация различных их видов приводит к перераспределению как распределения фтора между отдельными фазами, так и к изменению количества фтора, выделяющегося по стадиям.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» по заданию 1.3.