

УДК 661.68:661.482:661.968

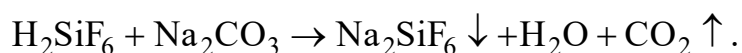
ПРОИЗВОДСТВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ  
ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В. Н. СТЕПАНЕНКО<sup>1</sup>, Е. А. ШАПОРОВА<sup>1</sup>, С. Д. ЮХНЕВИЧ<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусская государственная академия авиации<sup>2</sup>Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С. И. Грицевца  
Минск, Беларусь

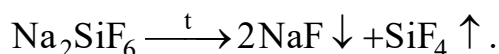
Производство удобрений имеет стратегическое значение с точки зрения продовольственной безопасности любой страны. Получение фосфорных удобрений связано с переработкой фторсодержащих руд, при которой образуется большое количество фтористых соединений. Количество накопленных в мире фторсодержащих отходов исчисляется миллионами тонн, что является серьезной экологической проблемой. С другой стороны, производство фторсодержащих материалов актуально и востребовано в различных отраслях промышленности. Основным отходом производства фосфорных удобрений на химических заводах является кремнефтористоводородная кислота (КФК). При переработке КФК в рамках фторидно-гидридной технологии получения поликристаллического полупроводникового кремния (ПКК) [1] образуется целый ряд востребованных на мировом рынке продуктов [2].

Так, технологическая цепочка переработки КФК в кремнефторид натрия (КФН), тетрафторид кремния (ТФК), моносилан и на заключительной стадии в ПКК проходит через следующие стадии.

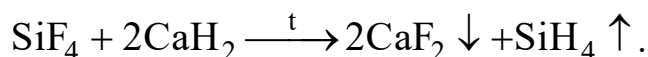
1. Переработка КФК ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) в КФН ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ):



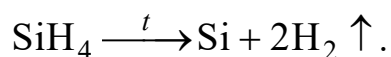
2. Термическое разложение КФН с получением фторида натрия (ФН) ( $\text{NaF}$ ) и ТФК ( $\text{SiF}_4$ ):



3. Преобразование ТФК в моносилан ( $\text{SiH}_4$ ):



4. Разложение моносилана:



При этом выделяются попутные вещества: фторид натрия и фторид кальция (флюорит), реализация которых не только позволит снизить себестоимость получения основного продукта – ПКК – и обеспечить безотходность, но и будет экономически выгодна и актуальна в контексте экологичной переработки фторсодержащих соединений.

На рис. 1 представлены ориентировочная стоимость и области применения промежуточных и побочных фторсодержащих продуктов представленной технологии.



Рис. 1. Ориентировочная стоимость и применение фторсодержащих соединений, получаемых в рамках фторидно-гидридной технологии производства ПКК

Организация производства каждого из названных фтористых материалов связана с необходимостью обеспечения санитарных норм и правил по выбросам и сбросам в окружающую среду, что предусматривает создание соответствующих дорогостоящих очистных сооружений. Поэтому создание единого предприятия, обеспечивающего производство таких фторсодержащих продуктов, как КФН, ФН, флюорит с утилизацией КФК в рамках фторидно-гидридной технологии получения ПКК, целесообразно не только с точки зрения технологичности, но и с точки зрения экономичности и экологичности производства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко, Н. В. Получение поликристаллического солнечного кремния из продуктов переработки апатитов по фторидно-гидридной технологии / Н. В. Степаненко // Изв. Белорус. инженерной акад. – 2002. – № 2 (14) / 2. – С. 29–33.
2. Немцев, В. А. Перспективные материалы для микроэлектроники / В. А. Немцев, В. Н. Степаненко, Е. А. Телущенко // Перспективные материалы и технологии: в 2 т. – Витебск: ВГТУ, 2017. – Т. 2, гл. 21. – С. 406–417.