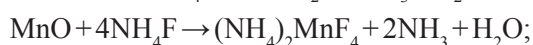
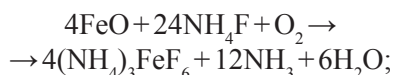
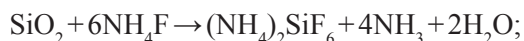
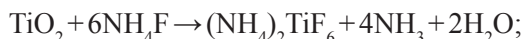


Таблица 1. Состав титаномагнетитового шлака

| Состав        | FeO | TiO <sub>2</sub> | CaO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | MnO | SiO <sub>2</sub> |
|---------------|-----|------------------|-----|--------------------------------|-----|-----|------------------|
| Содержание, % | 3,1 | 66,7             | 5,7 | 6,1                            | 5,8 | 1,2 | 11,4             |

щие реакции [2]:



Определение оптимальных параметров разложения титаносодержащего сырья проводилось в барабанной вращающейся печи с мелящими телами в зависимости от температуры процесса и времени пребывания материала в аппарате. Основным критерием в оценке оптимальности параметров процесса являлась наибольшая степень реагирования по целевым макрокомпонентам сырья – титана и кремния.

Согласно результатам исследования установлено, что наибольшая степень реагирования для данных элементов достигается при темпе-

ратуре 210 °С. Время пребывания материала в печи – 2 часа. Степень реагирования для титана составила 94 %, для кремния – 99 %.

При более низких температурах степень реагирования ниже из-за кинетики химической реакции. При более высоких температурах степень реагирования снижается ввиду начала интенсивного разложения фторирующего реагента на газосодержащие (аммиак и фтороводород). С учетом особенностей конструкции аппарата, а именно противоточный отвод образующихся газов, использование температур больше 210 °С для разложения исходного сырья нецелесообразно.

В дальнейшем разделение титана и кремния осуществляется путем возгонки гексафторосиликата аммония при 350 °С. Гексафторосиликат может выступать в качестве побочного продукта, а также служить исходным продуктом для получения диоксида кремния. Несублимированный титаносодержащий твердый остаток в дальнейшем направляется на гидрометаллургическую переработку с получением диоксида титана.

### Список литературы

1. *Commodity Statistics and Information* <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/mcs-2018-titan.pdf>.
2. Андреев А.А. Дисс. «Разработка фторидной

технологии получения пигментного диоксида титана из ильменита», канд. тех. наук. – Томск: Томский политехнический университет, 2008. – 152с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ХЛОРИДОМ АММОНИЯ

М.И. Тычкина, А.С. Зайцева, С.К. Дурбаева

Научный руководитель – к.х.н., доцент ИЯТШ Н.Б. Егоров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [tchikina.m@mail.ru](mailto:tchikina.m@mail.ru)

Элементы платиновой группы представляют собой комплексное сырье, в котором помимо платины, находятся и извлекаются другие полезные и широко используемые компоненты, такие как палладий, рутений, родий, иридий и осмий. В настоящее время данные металлы находят широкое применение в новейших технологиях, этому способствует, прежде всего, их особые

физико-химические свойства. Металлы платиновой группы отличаются от других элементов пластичностью, термической устойчивостью, высокой плотностью, а также большой устойчивостью к химическим воздействиям [1]. Высокий спрос на данные металлы проявляется в химической, автомобильной промышленности, а также в медицине, электронике, электротехнике и в

ювелирном деле. Для поддержания высоких позиций на мировом рынке металлов платиновой группы необходимым и принципиально важным направлением развития является вовлечение в более детальную переработку платиносодержащих шламов, так как с каждым годом растут отходы от извлечения платиноидов из руд, переработка которых не осуществляется в данный момент.

Существуют различные способы и экспериментальные данные по вскрытию платиносодержащих шламов, которые содержат от десятых до нескольких десятков процентов полезных компонентов. Основные используемые методы, такие как метод сульфатизации, двойной сульфатизации, метод сульфатизирующего обжига и электролитического растворения вторичных анодов используют методику селективного растворения цветных металлов, которые содержатся в шламах. Металлы платиновой группы при этом остаются в нерастворимом осадке, который в дальнейшем направляют на аффинаж, а получившиеся растворы сульфатов цветных металлов направляют в основное производство [2].

Для улучшения растворения цветных металлов шламы проходят предварительную пирометаллургическую подготовку: обжиг, спекание, восстановительную плавку и т.д. Но при использовании данных методов не происходит полного вскрытия платиносодержащих элементов и расходуется большое количество электроэнергии и химических реагентов.

Для усовершенствования процесса вскрытия платиносодержащего сырья в настоящей работе было исследовано его взаимодействие с хлоридом аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

$\text{NH}_4\text{Cl}$  является нетоксичным, удобным и безопасным реагентом при хранении. При относительно низких температурах  $\text{NH}_4\text{Cl}$  химически активен и позволяет осуществить процесс

хлорирования во всем объеме реакционной массы, а его избыток может быть легко регенерирован и повторно использован.

В исследованиях использовали сырье, содержащее 14% платины и 42% палладия. Для определения дисперсного и элементного состава сырья его анализировали на растровом электронном микроскопе JEOL 6000 совмещенном с рентгено-флуоресцентным анализом. Анализ показал, что благородные металлы находятся в основном в виде мелкодисперсных конгломератов, что должно способствовать лучшему взаимодействию платиносодержащего сырья с  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Предварительно было изучено взаимодействие сырья с  $\text{NH}_4\text{Cl}$  при нагревании. Для исследования взаимодействия использовали анализатор SDT Q600 в диапазоне температур от 20 до 400 °C на воздухе со скоростью нагрева 10 К/мин.

При нагревании платиносодержащего сырья с  $\text{NH}_4\text{Cl}$  на кривых ДТА имеются три эндотермических эффекта. Вне зависимости от соотношения компонентов всегда присутствует обратимый эффект полиморфного превращения  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , второй эндоэффект является результатом реакции хлорирования, а третий эндоэффект результатом разложения комплексных соединений с образованием безводных платины и палладия.

После стадии хлорирования и отгонки избыточного  $\text{NH}_4\text{Cl}$  полученный спек растворяли в воде и определяли в растворе содержание платины и палладия. Количественный анализ осуществляли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-AES Duo. Результаты количественного анализа свидетельствуют, что степень вскрытия платиносодержащего сырья при взаимодействии с  $\text{NH}_4\text{Cl}$  составляет не менее 98,7%.

### Список литературы

1. Ливингстон С. *Химия рутения, родия, палладия, осмия, иридия, платины.* – М.: Мир, 1978. – 366с.
2. Борбат В.Ф. *Металлургия платиновых металлов.* – М.: Metallurgia, 1977. – 165с.