

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПАРАХ ПЕЧИ ФТОРИРОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА

И.Г. Шестаков, Р.И. Крайденко, Ю.В. Передерин, А.С. Кантаев

*В ходе исследований проведены отборы проб в нескольких участках вентиляции барабанной вращающейся печи и изучено содержание различных компонентов в сублиматоре печи фторирования вольфрамового концентрата. Приведены графики содержания элементов в пробах. В работе отражены сравнительные данные по содержанию ценного компонента в различных частях аппарата. Проведены анализ дифференциально-сканирующей калориметрии и термогравиметрический анализ и приведены графики, полученные в результате проведения этих анализов. Актуальность проведения исследований обусловлена необходимостью сокращения потери ценных компонентов и как следствие улучшение качества готовой продукции.*

*Ключевые слова: барабанная вращающаяся печь, отстойник, проба, фторированный продукт, фторирование, вольфрамовый концентрат, сублиматор, атомно-эмиссионный спектрометр, дифференциально-сканирующая калориметрия, бифторид аммония, ценный компонент.*

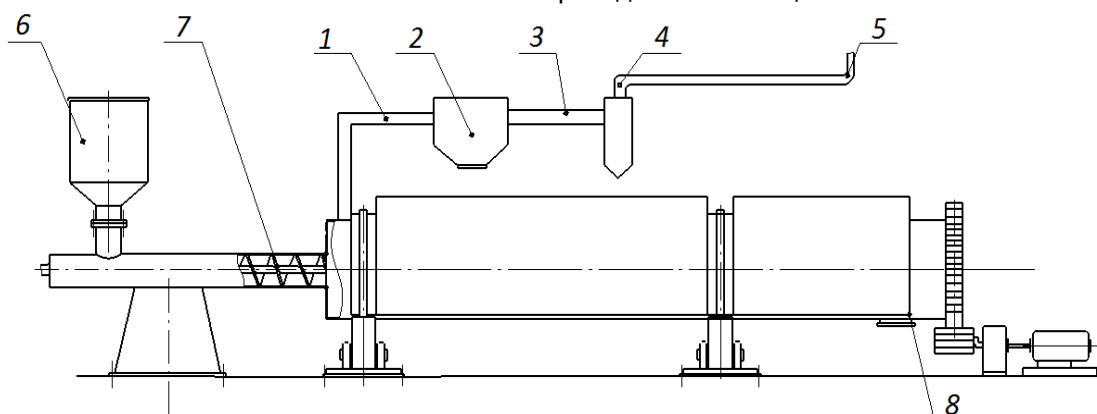
### ВВЕДЕНИЕ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет занимается разработкой технологии по очистке вольфрама от примесей путем фторирования вольфрамового концентрата [2,3]. При проведении процесса через который проходят газы после печи фторирования, конденсируются примесные элементы: Fe, Si, Ti, Mo, Mn, Ca, K, Na [4].

Целью исследования являлось количественное определение этих конденсирующихся веществ в сублиматоре.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В ходе процесса фторирования вольфрамового концентрата в барабанной вращающейся печи (рисунок 1) было обнаружено, что выход ценного компонента не соответствует теоретическому [1]. По этой причине принято решение исследовать конденсированную фазу в сублиматоре на выходе из барабанной вращающейся печи. Пробы были отобраны в пяти различных частях сублиматора (рисунок 2). С помощью атомно-эмиссионного спектрометра проведен элементный анализ. Результаты анализа приведены в таблице 1.



1 – труба отвода газов до отстойника, 2 – отстойник, 3 – труба отвода газов после отстойника, 4 – колено трубы отвода газов над циклоном, 5 – конечная часть трубы отвода газов, 6 – загрузочный бункер, 7 – шнек, 8 – разгрузочный патрубок

Рисунок 1 – Схема печи фторирования вольфрамового концентрата

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПАРАХ ПЕЧИ ФТОРИРОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Схема взятия проб в сублиматоре: 1 – проба, взятая в трубе до отстойника; 2 – проба, взятая в отстойнике; 3 – проба, взятая в трубе после отстойника; 4 – проба, взятая в колене над циклоном; 5 – проба, взятая в колене в конце трубы отвода газов.

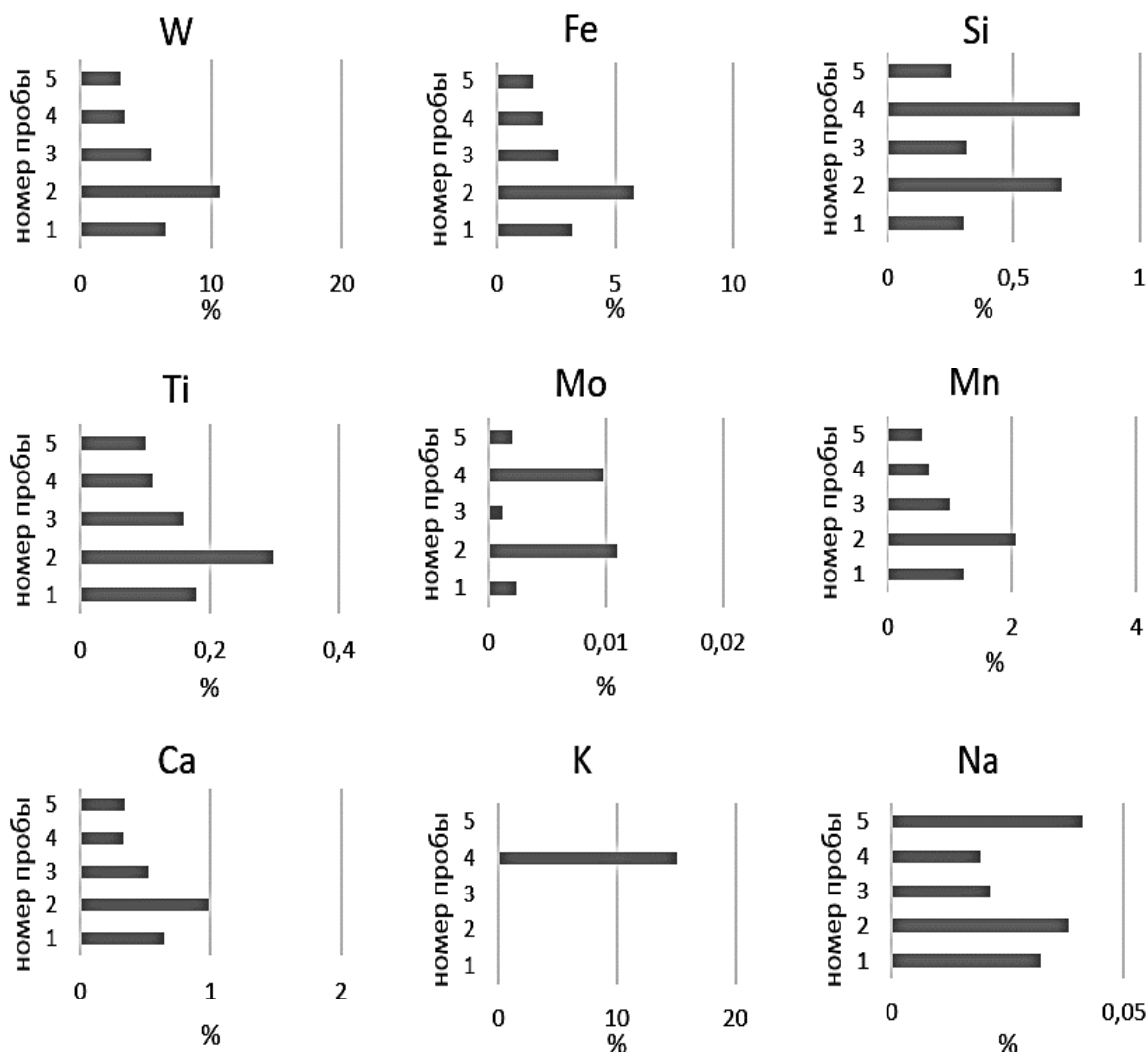
Более наглядно результат анализа представлен на графиках (рисунок 2).

Из графиков видно, что вольфрам осаждается в начале вентиляционной трубы (6,49 %). Самое большое содержание вольфрама находится в отстойнике и достигает 10,61 % [5]. Большая часть вольфрама осаждается в начале вентиляционной трубы и далее его

содержание значительно уменьшается (3-4 %). В пробе, взятой в колене над циклоном, наблюдается высокое содержание калия (15 %).

Для достижения максимального выхода фторированного продукта, необходимо добиться минимального содержания вольфрама в кристаллах, образующихся в вентиляции печи.

Дополнительно к атомно-эмиссионному анализу, образцы были исследованы методом дифференциально-сканирующей калориметрии (рисунок 3) и методом термогравиметрии (рисунок 4) [6].

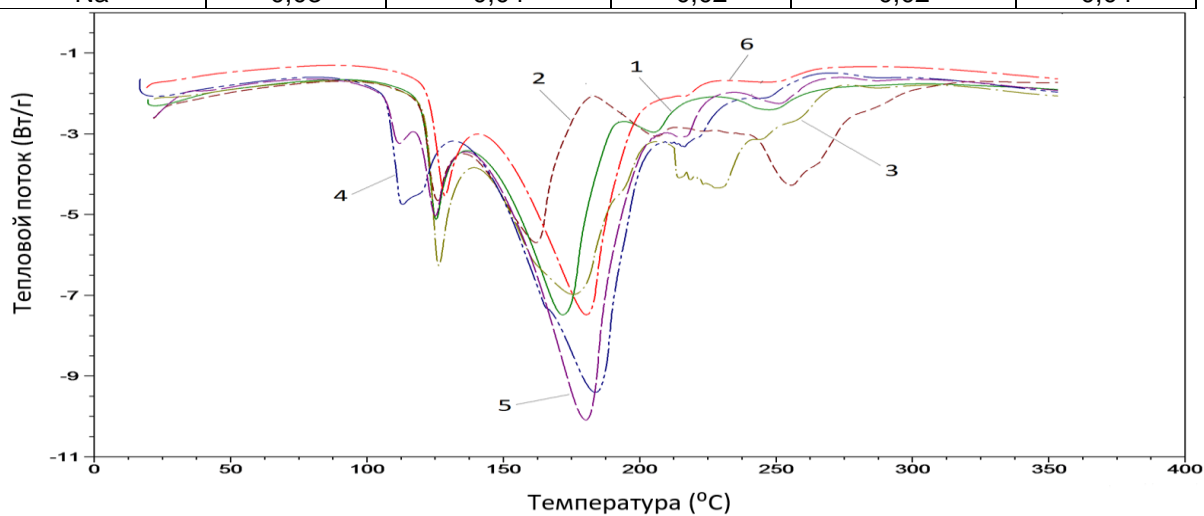


1 – проба с трубы отвода газов до отстойника, 2 – проба с отстойника, 3 – проба с трубы после отстойника, 4 – проба с колена трубы над циклоном, 5 – проба с конца трубы отвода газов

Рисунок 2 – Графики содержания элементов в сублиматоре

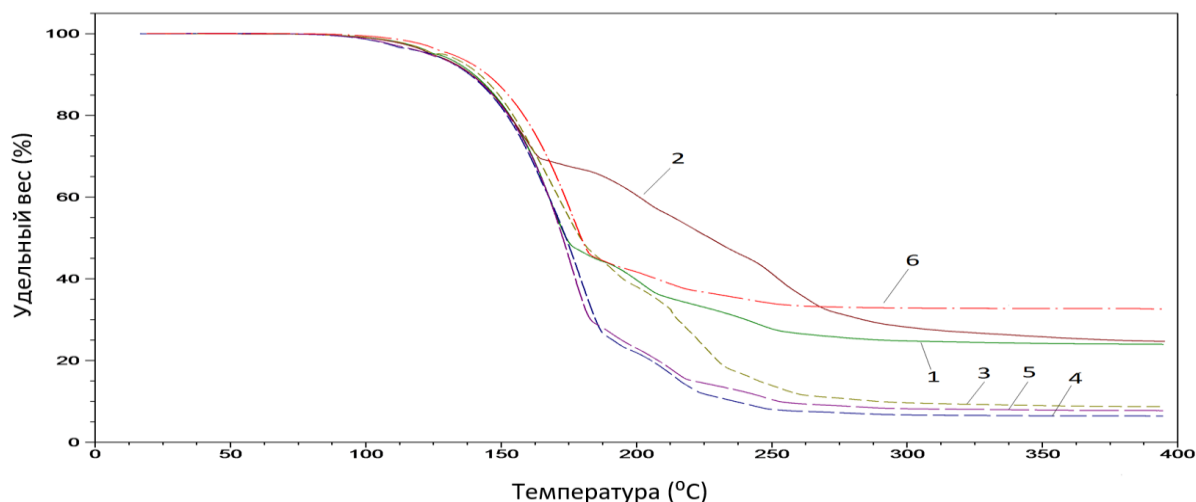
Таблица 1 – Содержание элементов в различных частях вентиляционной трубы

Элемент	Содержание элемента в части трубы, %				
	1	2	3	4	5
W	6,49	10,61	5,42	3,36	3,04
Fe	3,13	5,77	2,59	1,93	1,50
Si	0,30	0,69	0,31	0,76	0,25
Ti	0,18	0,30	0,16	0,11	0,10
Mo	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Mn	1,21	2,06	1,00	0,65	0,56
Ca	0,64	0,99	0,52	0,33	0,34
K	0,02	0,04	0,02	15,00	0,02
Na	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04



1 – проба с трубы отвода газов до отстойника, 2 – проба с отстойника, 3 – проба с трубы после отстойника, 4 – проба с колена трубы над циклоном, 5 – проба с конца трубы отвода газов, 6 – проба загружаемого материала

Рисунок 3 – Результаты анализа дифференциально-сканирующей калориметрии



1 – проба с трубы отвода газов до отстойника, 2 – проба с отстойника, 3 – проба с трубы после отстойника, 4 – проба с колена трубы над циклоном, 5 – проба с конца трубы отвода газов, 6 – проба загружаемого материала

Рисунок 4 – Результаты термогравиметрического анализа

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПАРАХ ПЕЧИ ФТОРИРОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА

По графикам анализов ТГА и ДСК можно сделать вывод о том, что в каждой отобранной пробе содержится преимущественно бифторид аммония.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования, можно сделать вывод о том, что в отводящихся газах содержится большое количество ценных компонентов. Необходимо добиться минимального его содержания в газах. Для этого необходимо провести анализ технологии процесса и определить: как с помощью каких-либо физических или химических методов, можно этого добиться. Также в отводящихся газах содержится достаточное большое количество других компонентов, таких как железо, калий, кальций, кремний, титан, марганец. При необходимости, эти компоненты можно разделить и выделить в чистом виде, с целью получения высокочистой товарной продукции.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России), договор № 02.G25.31.0118.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник химика [Электронный ресурс] / Вольфрам. - Электрон. дан. URL: <http://chem100.ru/elem.php?n=74>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 20.09.2016г.
2. Дьяченко А.Н., Иванков С.И., Крайденко Р.И., Манучарянц А.Б., Петкевич-Сочнов Д.Г., Спицин Г.С., Передерин Ю.В., Карпов А.Г., Егоров

В.Ю.// Ползуновский вестник. – 2015. – Т. 2, № 4-2. – С. 120-123.

3. Дьяченко, А. Н. Автоклавное выщелачивание вольфрама из отходов оловянного производства с помощью карбоната натрия / А. Н. Дьяченко, А. П. Дугельный, Р. И. Крайденко, С. Н. Чегринцев // Известия Томского политехнического университета. 2013 – Т. 322. – № 3.

4. Крайденко Р.И., Передерин Ю.В., Филатов Д.С., Манучарянц А.Б., Карпов А.Г., Василишин М.С.// Ползуновский вестник. – 2015. – Т. 2, № 4-2. – С. 135-13.

5. Хантургаева Г.И. Комбинированные технологии комплексной переработки труднообогатимых молибденовых и вольфрамовых руд / 2009. Зеликман А. Н. Вольфрам /

6. Зеликман А.Н., Никитина Л.С. – Москва: Металлургия, 1978. – 272 с.

**Шестаков И. Г.** – студент ФТИ ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, e-mail: [shestivan@gmail.com](mailto:shestivan@gmail.com).

**Крайденко Р. И.** – д.х.н., зав. кафедрой ХТРЭ ФТИ ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, тел.: 8 (3822) 70-16-03, e-mail: [kraydenko@tpu.ru](mailto:kraydenko@tpu.ru).

**Передерин Ю. В.** – к.т.н., ассистент кафедры ХТРЭ ФТИ ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, e-mail: [ipcet@yandex.ru](mailto:ipcet@yandex.ru).

**Кантаев А. С.** – к.т.н., доцент кафедры ФТИ ХТРЭ ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, e-mail: [akantaev@tpu.ru](mailto:akantaev@tpu.ru).