

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Дорохин А.С.

Научный руководитель: Салькова Е.А.

*МБОУ гимназия №10*

**Актуальность темы.** В последнее время широкое применение в промышленности и быту получили ртутные люминесцентные лампы. Однако до сих пор не решена проблема комплексной переработки данного источника света с целью получения соединений дорогостоящих металлов: вольфрама, иттрия и ванадия (что подтверждается патентным поиском). Также немаловажным является экологический аспект, т.к люминесцентные лампы содержат металлическую ртуть – вещество I класса опасности.

**Разработанность проблемы.** Изучение литературы и патентный поиск показали, что на данный момент при переработке люминесцентных ламп в основном используется переводение ртути в нерастворимое соединение с низким давлением паров и утилизация вместе со стеклом без переработки [7].

В качестве люминофора в люминесцентных лампах на данный момент чаще всего применяется ванадат иттрия. Однако, иттрий является достаточно дорогим металлом – его средняя рыночная стоимость равна 3900 руб/кг; это обусловлено сложной технологией отделения его от других редкоземельных элементов – лантана, церия и т.д [3]. Перспективными областями применения сплавов иттрия являются авиакосмическая промышленность, атомная техника, автомобилестроение. Очень важно, что иттрий и некоторые его сплавы не взаимодействуют с расплавленным ураном и плутонием, и их использование позволяет применить их в ядерном газофазном ракетном двигателе [9]. Кроме ртути и ванадата иттрия в люминесцентных лампах используется вольфрамовая нить. Этот металл довольно слабо распространен в природе: его содержание в земной коре по массе составляет около  $7 \cdot 10^{-3}\%$  [8].

По прогнозам аналитиков [10] на мировой рынке вольфрама может возникнуть существенный дефицит, и причины этого очевидны. Бурный экономический рост в некоторых регионах привел к значительному увеличению потребления вольфрамовой руды. Средняя рыночная стоимость вольфрама – около 2000 руб/кг. В связи с этим актуальной является вторичная переработка вольфрамсодержащего сырья.

Комбинированные обогатительно-металлургические установки могут обеспечить комплексную переработку отработанных и бракованных люминесцентных ртутных ламп и решить важную задачу, способствуя ресурсосбережению (вовлечение в производство дополнительного количества цветных металлов и стеклобоя) и защите окружающей среды от загрязнения ртутью.

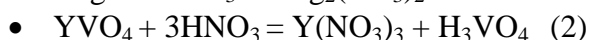
Принципиальным отличием данной работы является разделение ртутных ламп на соли содержащихся в них металлов, обогащение демеркуризованного материала с целью его комплексного использования в дальнейшем. Люминесцентные лампы кроме ртути также содержат вольфрамовую нить и люминофор, в качестве которого чаще всего применяется ванадат иттрия. Данные металлы экономически выгодно выделять из перерабатываемого сырья, в связи с их высокой ценой и достаточно низкими мировыми запасами.

**Цель работы:** разработать термохимический метод переработки отработанных люминесцентных ламп с последующим получением соединений вольфрама, иттрия, ванадия и ртути.

### Основные задачи:

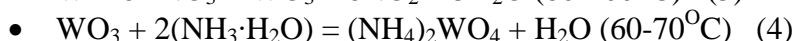
- Обосновать возможность реализации химических процессов
- Разработать методику разделения солей ванадия, ртути, вольфрама и иттрия.
- Предложить химическую технологию для получения вольфрамата аммония, оксида иттрия и ванадата натрия из отработанных люминесцентных ламп.

**Полученные результаты.** Ртутьсодержащий стеклобой отработанных ламп, отделённый от цоколей, помещается в реактор с 1N раствором азотной кислоты при комнатной температуре (25°C). Смесь тщательно перемешивается до окончания выделения газов. При необходимости добавляется новая порция кислоты [1]. При этом ртуть переходит в раствор с образованием нитрата ртути (I), а ванадат иттрия в результате реакции даёт смесь ортованадиевой кислоты и нитрата иттрия (III) (реакции 1, 2).



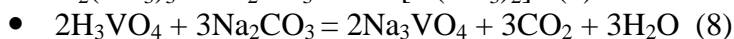
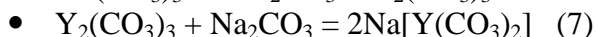
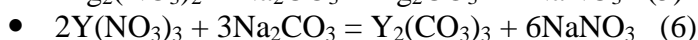
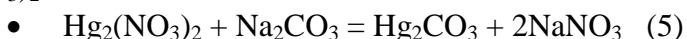
Маточный раствор на фильтре Шотта отфильтровывается от смеси непрореагировавшего вольфрама и стеклобоя, после чего осадок многократно промывается дистиллированной водой для удаления следов ртути; фильтрат смешивается с маточным раствором.

Оставшаяся смесь стекла и вольфрама заливается 70% раствором азотной кислотой при температуре 80-100°C для перевода вольфрама в триоксид [6]. Полученная смесь стекла и вольфрамового ангидрида обрабатывается водным 25% раствором аммиака для получения вольфрамата аммония (реакции 3, 4).

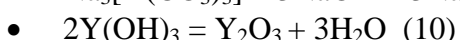


Раствор, содержащий нитрат ртути (I), нитрат иттрия (III) и ортованадиевую кислоту [4], обрабатывается избытком 2N раствора карбоната натрия. При этом карбонат ртути (I) выпадает в осадок (реакция 5), а карбонат иттрия растворяется в избытке осадителя с образованием комплексной соли (реакции 6,7) [3]. Ванадиевая кислота при этом переводит карбонат натрия в слабую угольную кислоту с выделением CO<sub>2</sub>; образуется ортованадат натрия (реакция 8).

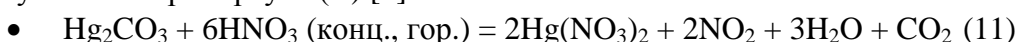
Полученный в результате реакции 1 нитрат ртути (I) может частично окисляться кислородом воздуха до нитрата ртути (II), который в реакции с карбонатом натрия даст оксид ртути, однако, это не влияет на результат, т.к. HgO также не растворим в воде и реагирует с концентрированной азотной кислотой с образованием Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.



Раствор, содержащий ортованадат натрия и Na[Y(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] обрабатывается водным раствором щёлочи 1N концентрации для перевода иттрия в нерастворимый гидроксид (реакция 9). Осадок отделяется от раствора фильтрацией, промывается дистиллированной водой (фильтрат смешивается с маточным раствором), прокаливается при температуре 200°C, при этом получается оксид иттрия (III). [6, 3]



Карбонат ртути (I) также обрабатывается концентрированной азотной кислотой для получения нитрата ртути (II). [1]



В результате выполненной работы была предложена технологическая схема переработки люминесцентных ламп, представленная на рис. 1.

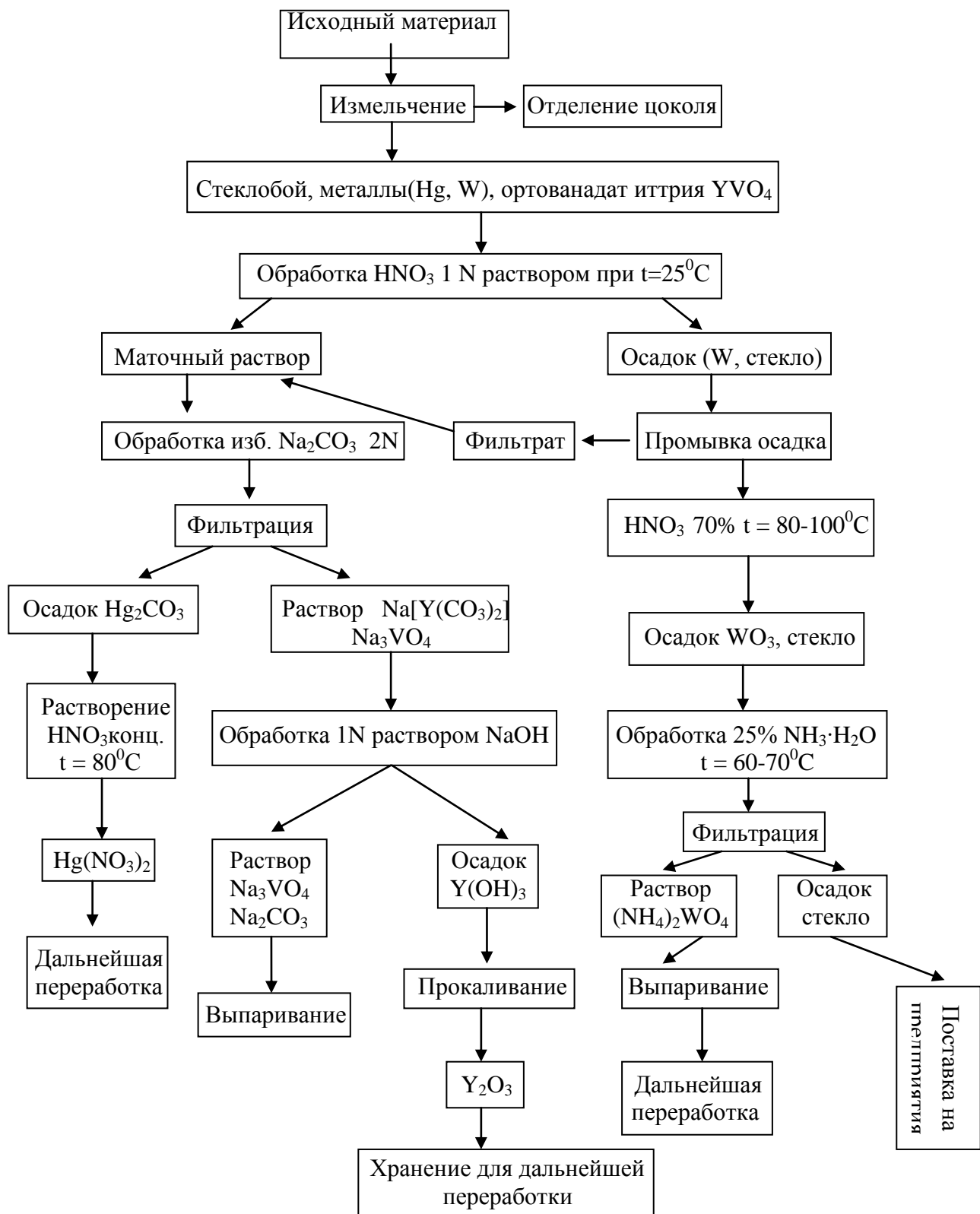


Рис.1. Технологическая схема переработки отходов люминесцентных ламп

### Заключение

На основании полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. Разработана технологическая схема переработки отработанных люминесцентных ламп с получением ванадата натрия, нитрата ртути (II), оксида иттрия (III) и вольфрамата аммония.
2. Обоснована возможность протекания соответствующих реакций с приведением уравнений химических процессов.
3. Рассмотрен химизм процессов, протекающих при реализации предложенной схемы.

### Список литературы

1. Мельников С.М. Ртуть /С.М. Мельников – Москва: Государственное научно-техническое изд-во литературы по чёрной и цветной металлургии, 1951. - 380 с.
2. Пугачевич П.П. Работа со ртутью в лабораторных и производственных условиях/П.П. Пугачевич – Москва: Изд-во «Химия», 1972. – 320 с.
3. Рябчиков Д.И. Аналитическая химия элементов. Редкоземельные элементы и иттрий/ Д.И. Рябчиков, В.А. Рябухин – Москва: Изд-во «Наука», 1966. – 380 с.
4. Аналитическая химия ванадия /В.Н. Музгин, Л.Б. Хамзина, В.Л. Золотавин, И.Я. Безруков – Москва: Изд-во «Наука», 1981. – 216 с.
5. Справочник химика / Редкол.: Никольский Б.П. и др.. — 3-е изд., испр. — Л.: Химия, 1971. — Т. 2. — 1168 с.
6. Рипан Р. Неорганическая химия. Химия металлов/ Рипан Р., Четяну И — М.: Мир, 1972. — Т. 2. — 871 с.
7. Патент №2400545 РФ, МПК С22В7/00(2006.01), С22В43/00(2006.01), С22В3/04(2006.01). СПОСОБ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИХ УТИЛИЗАЦИИ/ Левченко Людмила Михайловна, Косенко Вячеслав Владиславович, Митькин Валентин Николаевич, Галицкий Александр Анатольевич (РФ) - Заявка: 2009109037/02, 11.03.2009 - Опубликовано: 27.09.2010 (<http://www.fips.ru/cdfi/Fips2009.dll/CurrDoc?SessionKey=TIAXBCYBKHX5QCQFU042&GotoDoc=2&Query=5>)
8. Бусев А.И.. Аналитическая химия вольфрама/А.И. Бусев, В.М. Иванов, Т.А. Соколова - Москва: Изд-во «Наука», 1976. – 121 с.
9. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т.2: Даффа-Меди/Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энцикл., 1990. – 671 с.: ил.
10. <http://kapitalsteel.ru/prichiny-vozmognogo-deficita-volframa/>