

климатических целей на 2030 и 2050 годы при использовании существующей газовой инфраструктуры для поставок природного газа в качестве сырья для производства водорода [3].

#### Список использованных источников

1. «Нефтегазовая вертикаль», №1-2, 2021, Метан, водород, углерод: новые рынки, новые возможности;
2. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е. Экология. – Москва, 2004. – 124с.
3. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. - Екатеринбург издательство уральского университета, 2014. – 87с.

УДК 541.183

**С.В. Марцева<sup>1</sup>, И.Л. Кулинич<sup>1</sup>, А.Р. Цыганов<sup>2</sup>,  
А.С. Панасюгин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

#### **ОЦЕНКА УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, НАНОСИМОГО ПРИ ХРАНЕНИИ ШЛАКОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЯ**

*Аннотация.* На основании эмпирических данных, удельных ставок экологического налога на выброс загрязняющих веществ в атмосферу, утвержденных налоговым кодексом РБ и термодинамических расчетов было определено ориентировочное удельное соотношение продуктов гидролиза и продуктов их термического окисления, образующихся при воздействии влажной атмосферы на алюминиевые шлаки.

**S.V. Martseva<sup>1</sup>, I.L. Kulinich<sup>1</sup>, A.I.R. Tsyganov<sup>2</sup>,  
A.I.S. Panasyugin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

#### **ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE CAUSED DURING THE STORAGE OF ALUMINUM RECYCLING SLAGS**

*Abstract. Based on empirical data, specific rates of environmental tax on the release of pollutants into the atmosphere approved by the Tax Code of the Republic of Belarus and thermodynamic calculations, the approximate specific ratio of hydrolysis products and their thermal oxidation products formed when exposed to a humid atmosphere on aluminum slags was determined.*

## Введение

Вторичная переработка алюминия осложнена образованием шлака, в зависимости от качества вторичного сырья шлаковая фаза может составлять 9-18% от массы расплавленного алюминия. Чем больше шлакообразование, тем больше потерь алюминия, как в виде металлического алюминия, снятого вместе со шлаком, так и в виде оксида алюминия.

Значительное количество соединений алюминия, способных к гидролизу во влажной атмосфере воздуха, таких как нитриды, сульфиды и карбиды выявляются при рентгеноструктурном анализе отвальных шлаков. В среднем нитрид алюминия составляет около трети неметаллической и не солевой составляющей шлаков. На практике наличие нитридов, сульфидов и карбидов алюминия в дождливую погоду проявляется в виде выделений в атмосферу аммиака, ацетилена, пропана или сероводорода, что в совокупности и причиной появления специфического запаха. Реакции, приведенные ниже, сопровождаются большим выделением тепла и нагревом шлака.

## Цель работы

Целью данной работы являлось - определение экономического ущерба за выброс в атмосферу загрязняющих веществ при хранении шлаков вторичной переработки алюминия предприятиями мощностью до 200 тысяч алюминиевых сплавов в год.

## Результаты исследований

На рис. 1 приведена общая схема процессов гидролиза шлаков после вторичной переработки алюминия во влажной атмосфере.

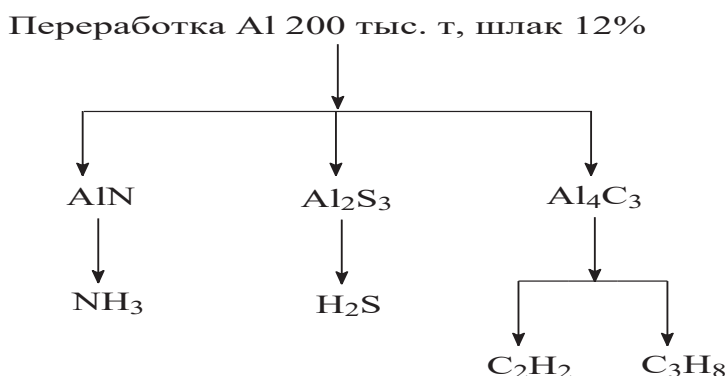
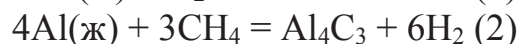
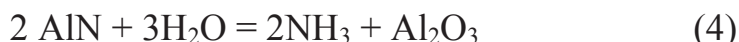


Рис. 1 - Общая схема процессов гидролиза шлаков после вторичной переработки алюминия во влажной атмосфере

По данным работ [1] в температурном интервале 400-800 °С расплавленный алюминий вступает во взаимодействие с компонентами воздуха и печной атмосферы, которые описываются следующими возможными химическими реакциями:



В работах [2] рассмотрена возможность протекания процесса гидролиза, образовавшихся продуктов, которые можно описать следующими химическими превращениями:



Как показано в работе [3] процессы гидролиза выгодны с точки зрения термодинамики. Значения  $\Delta G$  находятся в интервале от -78,2 до -757,7 kCal/mol.

В работе для расчета ущерба использовали укрупненный метод оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы, основанный на использовании в расчетах удельных величин ущерба на единицу выбросов загрязняющих веществ, приведенной массы выбросов в год и основных факторов, характеризующих вредность выброса, зависящих от высоты источника, дисперсности и теплового режима выбросов [4].

Экономическая оценка ущерба  $Y$  (руб., у. е. (\$) /год), наносимого выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, для отдельного источника определялась по формуле:

$$Y = y \cdot \sigma \sum_{i=1}^n f_i M_i, \quad (8)$$

где  $y$  – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны загрязняющего вещества (в ценах 2022 г., 1 у. е. (\$) , была равна 2,8 руб.) [7];

$\sigma$  – показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха определялся в зависимости от типа территории;

$f_i$  – поправка, учитывающая характер рассеивания  $i$ -й примеси в атмосфере; которую принимали максимальной и равной 10;

$i$  – вид загрязняющего вещества ( $i=1, 2, 3 \dots n$ );

$M_i$  – приведенная масса годового выброса  $i$ -го загрязнителя из

источника, усл. т/год, которая рассчитывается по формуле:

$$M_i = A_i \cdot m_i, (9)$$

где  $m_i$  – масса годового выброса примеси  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

$A_i$  – показатель относительной опасности примеси  $i$ -го вида, усл. т/т, который зависит от загрязняющего вещества.

В таблице 1 приведена динамика изменения ставок экологического налога в период 2016-2022 гг.

**Таблица 1 - Динамика изменения ставок экологического на выбросы в атмосферу в период 2016-2022г.г.**

п.п.	№,	Год	Класс опасности, рубл. РБ		
			2	3	4
1.		2016	683	226	112
2.		2017	770	254	126
3.		2018	826	273	136
4.		2019	870	283	143
5.		2020	914	302	150
6.		2021	964	318	158
7.		2022	1034	342	170

При расчетах принимали следующие обстоятельства: количество образующегося шлака (12 %) и безвозвратные потери металлического алюминия за счет образования соединений алюминия не поддающихся восстановлению, составляющих по отношению к его остаточному содержанию в шлаке (22 %), были приняты как усредненные данные, полученные эмпирическим путем на основании наблюдений за вышеуказанными показателями на различных предприятиях СНГ.

удельный размер ущерба в зависимости от месторасположения источника выделения загрязнений меняется в разы. Наиболее наглядно данная тенденция видна на схеме 1, где категории территории соответственно обозначены: 1 - прочие районы; 2 - леса; 3 - пашни; 4 - территория промышленных предприятий; 5 - природоохранные зоны и зоны отдыха.

Оксиды азота, у.е. 69(1) → 140(2) → 173(3) → 2760(4) → 5520(5);

Сероводород, у.е. 69(1) → 140(2) → 173(3) → 2760(4) → 5520(5);

Аммиак, у.е. 25,7(1) → 54,5(2) → 64,3(3) → 1030(4) → 2060(5);

Серы диоксид, у.е. 8,7(1) → 17,5(2) → 21,8(3) → 350(4) → 700(5).

**Схема 1 - Зависимость удельного размера ущерба от месторасположения источника выделения загрязнений в абсолютных значениях для продуктов гидролиза и продуктов их термического окисления, образующихся при воздействии влажной атмосферы на алюминиевые шлаки.**

Данные по кратности удельного размера ущерба представлены на схеме 2, где в качестве единицы кратности взяты значение размера ущерба для первой категории территорий. Категории территории соответственно обозначены: 1 - прочие районы; 2 - леса; 3 - пашни; 4 - территория промышленных предприятий; 5 - природоохранные зоны и зоны отдыха.

Оксиды азота, у.е.  $1(1) \rightarrow 2,01(2) \rightarrow 2,51(3) \rightarrow 40(4) \rightarrow 80(5)$ ;  
Сероводород, у.е.  $1(1) \rightarrow 2,01(2) \rightarrow 2,51(3) \rightarrow 40(4) \rightarrow 80(5)$ ;  
Аммиак, у.е.  $1(1) \rightarrow 2,12(2) \rightarrow 2,5(3) \rightarrow 40,1(4) \rightarrow 80,2(5)$ ;  
Серы диоксид, у.е.  $1(1) \rightarrow 2,01(2) \rightarrow 2,51(3) \rightarrow 40,2(4) \rightarrow 80,4(5)$ .

**Схема 2 - Зависимость возрастания удельного размера ущерба от месторасположения источника выделения загрязнений для продуктов гидролиза и продуктов их термического окисления, образующихся при воздействии влажной атмосферы на алюминиевые шлаки.**

### **Выводы**

Таким образом, из представленных выше данных видно, что в зависимости от территориального расположения источника загрязнения для одного и того же вещества размер ущерба может увеличиваться до 80 раз.

На основании эмпирических данных и термодинамических расчетов было определено примерное удельное соотношение продуктов гидролиза и продуктов их термического окисления, образующихся при воздействии влажной атмосферы на алюминиевые шлаки.

### **Список использованных источников**

1. Клаус Корне// Рециклинг алюминия: от исходного материала до готового сплава. М.: АСТШ, 2003.
2. Панасюгин А.С., Белый А.О., Михалап Д.П., Павловский Н.Д., Панасюгин С.А.// Причины вторичных загрязнений атмосферы при хранении алюминиевых шлаков. Сборник докладов 19-международной научно-технической конференции «Экологическая и техногенная безопасность. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов» 06-10 июня 2011г. Г Бердянск, Украина С.476-481.
3. Временная типовая методика определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986.

4. Сарсенов А.М., Естекова К.Ж., Тулегенова Д.Т.// Адаптированная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы/ - Геология, география и глобальная энергетика, 2010. №2 (37).

УДК 628.162

**М.В. Пилипенко**

ЦНИИ комплексного использования водных ресурсов  
Минск, Беларусь

### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ СОВМЕЩЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ С ОЗОНИРОВАНИЕМ**

*Аннотация.* Изучено влияние времени обработки, концентрации озона в газовой смеси на эффективность очистки. Показано увеличение эффективности очистки сточной воды до 12% при комбинировании флотации озono-воздушной смесью вместо воздуха с ультразвуковой обработкой.

**M.V. Pilipenko**

CRI of Complex usage of water resources  
Minsk, Belarus

### **DYE WASTEWATER TREATMENT BY COMBINING SONICATION WITH OZONIZATION**

*Abstract.* Effect of treatment time, ozone concentration in the gas mixture on the purification efficiency has been studied. An increase in the efficiency of wastewater treatment up to 12% has been shown when flotation with an ozone-air mixture instead of air with ultrasonic treatment is combined.

Сточные воды красильно-отделочных производств отличаются широким компонентным составом, зависящим в первую очередь от вида окрашиваемых тканей. Данные сточные воды имеют интенсивную окраску и содержат высокие концентрации красителей, ПАВ, хлоридов, и др. Анализ литературных источников показывает, что в качестве перспективных на сегодняшний день рассматриваются комбинированные системы очистки сточных вод красильно-отделочных производств, а также использование методов, позволяющих интенсифицировать существующие методы очистки. Одними из таких методов могут рассматриваться озонирование [1-3], использование ультразвуковой обработки и гидродинамической