



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-128-131>
УДК 541.183

Поступила 20.08.2022
Received 20.08.2022

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

С. В. МАРЦЕВА, И. Л. КУЛИНИЧ, А. С. ПАНАСЮГИН, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: niilogaz@tut.by

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.

Показано, что ущерб от загрязнения атмосферного воздуха предприятием по переработке алюминия мощностью 200 тыс. т может составлять от 0,66 до 52,7 млн. у. е., т. е. в зависимости от территориального расположения источника загрязнения для одного и того же вещества размер ущерба может увеличиваться до 80 раз.

Ключевые слова. Вторичная переработка алюминия, шлаки, вредные вещества экологические налоги.

Для цитирования. Марцева, С. В. Оценка ущерба окружающей среде, наносимого при хранении шлаков вторичной переработки алюминия / С. В. Марцева, И. Л. Кулинич, А. С. Панасюгин // *Литье и металлургия*. 2022. № 4. С. 128–131. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-128-131>.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE CAUSED BY THE STORAGE OF ALUMINUM RECYCLING SLAG

S. V. MARTSEVA, I. L. KULINICH, A. S. PANASYUGIN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: niilogaz@tut.by

Based on the empirical data, specific rates of ecological tax for the emission of pollutants into the atmosphere, approved by the tax code of Belarus and thermodynamic calculations the approximate specific ratio of hydrolysis products and products of their thermal oxidation, formed by exposure to humid atmosphere on the aluminum slag was determined.

The work shows that the damage from atmospheric pollution by an aluminum recycling plant with a capacity of 200 thousand tons can be from 0.66 to 52.7 million U.S. dollars, that is, depending on the territorial location of the pollution source for the same substance, the damage may be increased by up to 80 times..

Keywords. Recycling of aluminum, slags, harmful substances environmental taxes.

For citation. Martseva S. V., Kulinich I. L., Panasyugin A. S. Assessment of environmental damage caused by the storage of aluminum recycling slags. *Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 4, pp. 128–131. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-128-131>.

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 отвалных шлаков. В среднем нитрид алюминия составляет около 1/3 неметаллической и несолевой 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 является причиной появления специфического запаха. Реакции, приведенные ниже, сопровождаются большим выделением тепла и нагревом шлака.

Рассматриваемая проблема очень актуальна для вторичной переработки алюминиевого лома.

Цель данной работы – определение экономического ущерба за выброс в атмосферу загрязняющих веществ при хранении шлаков вторичной переработки алюминия предприятиями мощностью до 200 тыс. т алюминиевых сплавов в год.

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

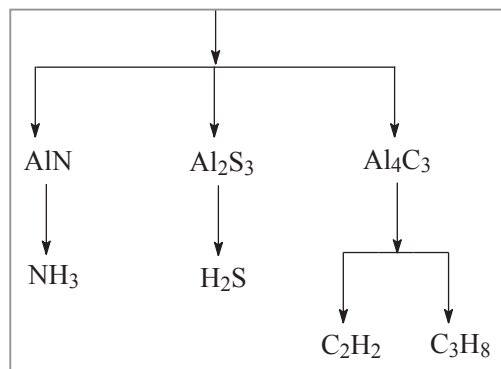
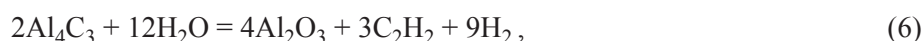
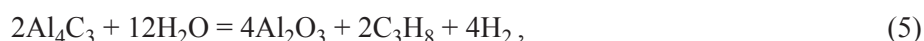


Рис. 1. Общая схема процессов гидролиза шлаков после вторичной переработки алюминия во влажной атмосфере.
Переработка Al – 200 тыс. т, шлак – 12 %

По данным работ [1–3], в температурном интервале 400–800 °С расплавленный алюминий вступает во взаимодействие с компонентами воздуха и печной атмосферы, которые описываются следующими возможными химическими реакциями:



Ранее в работах [4,5] рассмотрена возможность протекания процесса гидролиза образовавшихся продуктов, которые можно описать следующими химическими превращениями:



Как показано в работе [6], процессы гидролиза выгодны с точки зрения термодинамики. Значения ΔG находятся в интервале от $-78,2$ до $-757,7$ kCal/mol.

В настоящей работе для расчета ущерба использовали укрупненный метод оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы, основанный на использовании 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 [7].

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

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

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]; σ – 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:

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

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, зависящий от загрязняющего вещества.

В таблице приведена динамика изменения ставок экологического налога в период 2016–2022 г.

Динамика изменения ставок экологического налога на выбросы в атмосферу в период 2016–2022 гг.

Год	Класс опасности, руб. РБ		
	2	3	4
2016	683	226	112
2017	770	254	126
2018	826	273	136
2019	870	283	143
2020	914	302	150
2021	964	318	158
2022	1034	342	170

При расчетах учитывали следующее: 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 указанными выше показателями на различных предприятиях СНГ.

На рис. 2 показано изменение удельного размера ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от категории территории, на которую оно распространяется.

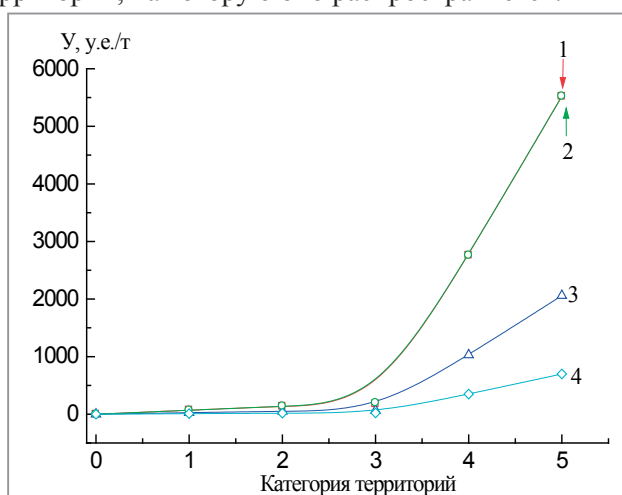


Рис. 2. Зависимость удельного размера ущерба от загрязнения атмосферного воздуха от категории территории:

1 – прочие районы; 2 – леса; 3 – пашни; 4 – территория промышленных предприятий; 5 – природоохранные зоны и зоны отдыха.

Кривые соответствуют: 1 – оксиды азота; 2 – сероводород; 3 – аммиак; 4 – серы диоксид

Как видно из рисунка, для одних и тех же вредных веществ удельный размер ущерба в зависимости от месторасположения источника выделения загрязнений меняется в несколько раз. 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 значения размера ущерба для первой категории территорий. Категории территории:

1 – прочие районы; 2 – леса; 3 – пашни; 4 – территория промышленных предприятий; 5 – природоохранные зоны и зоны отдыха.

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

Таким образом, 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.

Расчет ущерба был произведен для предприятия, занимающегося вторичной переработкой алюминия, мощностью выпуска 200 тыс. т в год в зависимости от типа территорий, над которыми распространяется выброс.

Следовательно, экономическая оценка ущерба окружающей среде предприятием по переработке алюминия мощностью 200 тыс. т может составлять от 0,66 до 52,7 млн. у.е., т.е. в зависимости от территориального расположения источника загрязнения для одного и того же вещества размер ущерба может увеличиваться до 80 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Худяков И. Ф., Дорошевич А. П., Карелов С. В. *Металлургия вторичных цветных сплавов*. М.: Metallurgia, 1987.
2. Tayibi H., Perez C., Lopez F., Lopez-Delgado A. Evolucion de las propiedades mecanicas de un residuo de la metalurgia secundaria aluminio estabilizado con yeso // Rev. met. CENIM. 2005. Vol. 41. No 4. P. 280–285.
3. Tschischewski N. The Occurrence and Influence on Nitrogen on Iron and Steel, JL. Iron and Steel Inst., 1915.
4. Добаткин В. И., Габидулин Р. М., Колачев Б. А., Макаров Г. С. Газы и окислы в алюминиевых деформированных сплавах. М.: Metallurgia, 1976.
5. Корне Клаус. Рециклинг алюминия: от исходного материала до готового сплава. М.: АСТШ, 2003.
6. Панасюгин А. С., Белый А. О., Михалап Д. П., Павловский Н. Д., Панасюгин С. А. Причины вторичных загрязнений атмосферы при хранении алюминиевых шлаков: Сб. докл. 19-й междунар. науч.-техн. конф. «Экологическая и техногенная безопасность. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов». 06–10 июня 2011 г. г. Бердянск. С. 476–481.
7. Временная типовая методика определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986.
8. Сарсенов А. М., Естекова К. Ж., Тулегенова Д. Т. Адаптированная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы // Геология, география и глобальная энергетика. 2010. № 2 (37).

REFERENCES

1. Hudjakov I. F., Doroshevich A. P., Karelov S. V. *Metallurgija vtorichnyh cvetnyh splavov* [Metallurgy of secondary non-ferrous alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1987.
2. Tayibi H., Perez C., Lopez F., Lopez-Delgado A. Evolucion de las propiedades mecanicas de un residuo de la metalurgia secundaria aluminio estabilizado con yeso. Rev. met. CENIM, 2005, vol. 41, no. 4, pp. 280–285.
3. Tschischewski N. The Occurrence and Influence on Nitrogen on Iron and Steel, JL. Iron and Steel Inst., 1915.
4. Dobatkin V. I., Gabidulin R. M., Kolachev B. A., Makarov G. S. *Gazy i okisly v aljuminievyyh deformirovannyh splavah* [Gases and oxides in wrought aluminum alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1976.
5. Korne Klaus. *Recikling aljuminija: ot ishodnogo materiala do gotovogo splava* [Aluminum recycling: from raw material to finished alloy]. Moscow, ASTSh Publ., 2003.
6. Panasyugin A. S., Belyj A. O., Mihalap D. P., Pavlovskij N. D., Panasyugin S. A. Prichiny vtorichnyh zagrjaznenij atmosfery pri hranenii aljuminievyyh shlakov [Causes of secondary air pollution during storage of aluminum slags]. *Sbornik dokladov 19-mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Jekologicheskaja i tehnogennaja bezopasnost'. Ohrana vozdušnogo i vodnogo bassejnov. Utilizacija othodov» 06–10 ijunya 2011g. Berdjansk, Ukraina = Collection of reports of the 19th international scientific and technical conference "Environmental and technogenic safety. Protection of air and water basins. Waste disposal" June 06–10, 2011, Berdyansk*. 2011, pp. 476–481.
7. *Vremennaja tipovaja metodika opredelenija jekonomicheskoy jeffektivnosti prirodoohrannyh meroprijatij i ocenki jekonomicheskogo ushherba, prichinjaemogo narodnomu hozjajstvu zagrjazneniem okružhajushhej sredy* [Temporary standard methodology for determining the economic efficiency of environmental protection measures and assessing the economic damage caused to the national economy by environmental pollution]. Moscow, Jekonomika Publ., 1986.
8. Sarsenov A. M., Estekova K. Zh., Tulegenova D. T. Adaptirovannaja ocenka jekonomicheskogo ushherba ot zagrjaznenija atmosfery [Adapted estimate of economic damage from atmospheric pollution]. *Geologija, geografija i global'naja jenergetika = Geology, geography and global energy*, 2010, no.2 (37).