

УДК 661.664.1:66.094.3.097:66.097.3

doi:10.20998/2413-4295.2018.45.20

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В ТЕХНОЛОГИИ АЗОТНОЙ И СИНИЛЬНОЙ КИСЛОТ

С. И. АВИНА, Г.И. ГРИНЬ

кафедра химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, УКРАИНА  
\*e-mail: svetlanaavina@gmail.com

**АННОТАЦИЯ** Представлены основные результаты исследований по определению безвозвратных потерь катализатора в производствах неконцентрированной азотной кислоты, а также синильной кислоты. Основным сырьем для получения нитратных удобрений является неконцентрированная азотная кислота, методом получения которой основано на каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха на сетчатом платиноидном катализаторе с последующим поглощением оксида азота (II) водой. Промышленное производство синильной кислоты является основой производства одного из важных компонентов в золотодобыче - цианида натрия. На сегодняшний день основной способ производства цианистого натрия базируется на нейтрализации синильной кислоты, полученной каталитическим синтезом метана, аммиака и кислорода воздуха на платиноидном катализаторе, раствором щелочи. В этих процессах, вследствие высоких температур, которые достигают 1000 °С и давления до 0,8 МПа, происходят потери металлов платиновой группы с поверхности каталитических сеток. Цель данного исследования заключалась в установлении характера потерь металлов платиновой группы, а также распределения их по технологической линии. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: проанализировать распределение потерь платиноидов по технологической линии производства азотной и синильной кислот; установить размер частиц, теряемых платиноидным катализатором в производстве азотной и синильной кислот. Проанализированы практические данные распределения потерь металлов платиновой группы по технологической линии получения азотной кислоты на агрегатах УКЛ-7 и установлено, что наибольшее количество металлов платиновой группы осаждается в котле-утилизаторе, окислителе и абсорбционной колонне, которые в среднем составляют 80 % от всех потерь платиноидов. В производстве синильной кислоты окислительным аммонлизом метана 70 % теряемых платиноидов осаждаются в отделении синтеза. Приведены кривые распределения потерь металлов платиновой группы, характеризующие степень дисперсности их в шламах в производстве азотной и синильной кислот. Установлено, что в производстве азотной кислоты под давлением 0,716 МПа размер частиц платиноидов составляет 1-25 мкм, а в производстве синильной кислоты от 10 до 45 мкм.

**Ключевые слова:** металлы платиновой группы; азотная кислота; синильная кислота; потери; окисление; аммиак

## DETERMINATION OF THE DISPOSITION AND DISTRIBUTION OF LOSSES OF PLATINUM GROUP METALS ON THE TECHNOLOGICAL LINE OF PRODUCTION OF NITRIC AND HYDROCYANIC ACIDS

S. AVINA, G. GRYN

Department of chemical technologies of inorganic substances, catalysis and ecology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The article shows the irretrievable losses of the catalyst in the production of non-concentrated nitric acid, as well as hydrocyanic acid. The main raw material for the production of nitrate fertilizers is non-concentrated nitric acid, the method of obtaining of which is based on the catalytic oxidation of ammonia by atmospheric oxygen on a platinum mesh catalyst with subsequent absorption of nitrogen (II) oxide by water. The industrial production of hydrocyanic acid is the basis for the production of one of the important components in gold mining, sodium cyanide. Today, the main method of production of sodium cyanide is based on the neutralization of hydrocyanic acid obtained by the catalytic synthesis of methane, ammonia and oxygen of the air on a platinum catalyst, with an alkali solution. In these processes, due to high temperatures that reach 1000 °C and pressure up to 0.8 MPa, there are losses of platinum group metals from the surface of catalytic networks. The purpose of this study was to establish the nature of the losses of group metals, as well as their distribution along the production line. To achieve this goal, the following tasks were set: to analyze the distribution of losses of platinum group metals along the production line for the production of nitric and hydrocyanic acids; to establish the size of the particles lost by the platinum catalyst in the production of nitric and hydrocyanic acids. Practical data for the distribution of losses of platinum group metals on the nitric acid production line on UKL-7 aggregates are analyzed and it is established that the largest amount of platinum group metals is deposited in the recovery boiler, oxidizers and absorption column, which on average account for 80% of all platinum losses. In the production of hydrocyanic acid by the oxidative ammonolysis of methane, 70% of the platinum group metals that are lost are deposited in the synthesis compartment. The distribution curves of losses of platinum group metals are given, characterizing the degree of their dispersion in sludge's in the production of nitric and hydrocyanic acids. It has been established that the particles of entrainment of the platinum catalyst have equivalent dimensions for the production of non-concentrated nitric acid on the UKL-7 aggregates from 1 to 25 μm, and for the production of prussic acid by the Andrusov method from 10 to 45 μm.

**Keywords:** metals of the platinum group; nitric acid; hydrocyanic acid; losses; oxidation; ammonia

### Введение

Катализаторы на основе металлов платиновой группы (МПГ) нашли широкое применение в хими-

ческой [1-5] и нефтехимической промышленности [6,7]. Азотно-туковые комбинаты являются одними из

крупнотоннажных производств минеральных удобрений [8] и различных солей [9-10].

Основным сырьем для получения нитратных удобрений является неконцентрированная азотная кислота, методом получения которой основано на каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха на сетчатом платиноидном катализаторе с последующим поглощением оксида азота (II) водой [3,11].

Немаловажным продуктом для золотодобычи является цианистый натрий, который также получают на азотно-туковых комбинатах. На сегодняшний день основной способ производства цианистого натрия базируется на нейтрализации синильной кислоты (HCN), полученной каталитическим синтезом метана, аммиака и кислорода воздуха на платиноидном катализаторе, раствором щелочи [3,12,13].

В этих процессах, вследствие высоких температур, которые достигают 1000 °С и давления до 0,8 МПа, происходят потери металлов платиновой группы с поверхности каталитических сеток. На потери также влияют состав, и загрязнение исходной газовой смеси, нагрузка на катализатор, физико-химические свойства сплавов из которых, произведен катализатор и его срок службы [14].

Потери металлов платиновой группы происходят в виде летучих оксидов и механической пыли, которые уносятся потоком газа по ходу технологической схемы получения кислоты [15,16].

Потери платиноидов при окислении аммиака в производстве неконцентрированной азотной кислоты под атмосферным давлением составляет 0,05-0,07 г/т HNO<sub>3</sub>, а под давлением 0,716 МПа – 0,12-0,16 г/т HNO<sub>3</sub> [3,17]. В производстве синильной кислоты окислительным аммонолизом метана (метод Андрусова) потери составляют 0,22-0,33 г/т HCN [3,12].

Исследования, направленные на уменьшение вложений и потерь металлов платиновой группы, учитывая высокую стоимость платиноидов, во всем мире, являются актуальными и своевременными.

### Цель работы

Цель исследования заключалась в установлении характера потерь металлов группы, а также распределении их по технологической линии.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- проанализировать распределение потерь платиноидов по технологической линии производства азотной и синильной кислот;
- установить размер частиц, теряемых платиноидным катализатором в производстве азотной и синильной кислот.

### Изложение основного материала

Проведенные исследования собранных шламов и пыли, накапливающихся на стенках контактных аппаратов, коммуникаций и котлах-утилизаторах, изучение конденсата из холодильников, кубовой жидкости из ректификационной колонны и абсорбера,

производственной азотной и синильной кислот, позволяют установить унос и распределение частиц катализатора на основе металлов платиновой группы.

В шламе, извлеченном из контактных аппаратов производства азотной и синильной кислот, обнаружены продукты износа катализатора в виде обрывков нитей платиноидной сетки, обломков механического уноса металлической платины и тонкозернистое темно-бурое вещество, которое относится к платиновой черни. Кроме этого встречаются окарины колосника и нержавеющей сеток. В коммуникациях и котле-утилизаторе также обнаружены частицы платины и платиновой черни.

При исследовании конденсата из холодильника на присутствие в нем металлов платиновой группы, обнаружены частицы непрозрачного вещества с металлическим блеском в отраженном свете, что следует отнести к продуктам износа платиноидных сеток.

Распределение безвозвратных потерь металлов платиновой группы в аппаратах по технологической схеме производства неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,716 МПа (агрегат УКЛ-7) приведено на рис. 1.

Распределение безвозвратных потерь металлов платиновой группы в аппаратах по технологической схеме производства синильной кислоты методом Андрусова приведено на рис. 2.

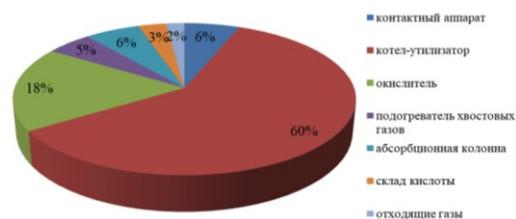


Рис. 1 – Распределение потерь платиноидов по технологической схеме УКК - 7

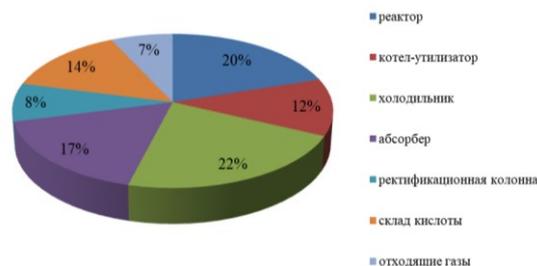


Рис. 2 – Распределение потерь платиноидов по технологической схеме HCN

С целью установления размера частиц платиноидного катализатора, который теряется в процессе производства неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,716 МПа, проведены исследования и анализ шлама из котла-утилизатора.

Размер частиц теряемых платиноидов определяли седиментационным и микроскопическим методом. Зависимость размера частиц платиноидов от их количества в шламе приведено на рис. 3. Как видно из графической зависимости наибольшее количество платиноидов имеет размер частиц 5-15 мкм.

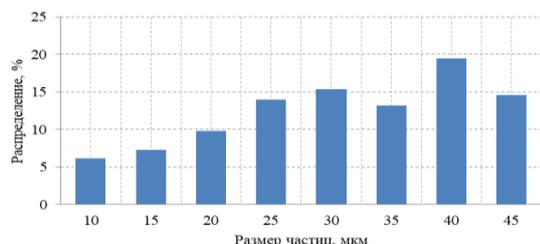


Рис. 3 – Распределение частиц платиноидов в шламе из котла-утилизатора производства неконцентрированной азотной кислоты

Также с целью установления размера частиц платиноидного катализатора, который теряется в процессе производства синильной кислоты окислительным аммонолизом метана, проведены исследования и анализ шлама из котла-утилизатора.

Зависимость размера частиц платиноидов от их количества в шламе приведена на рис. 4.

Проведенные исследования показали, что частицы с размером 25-45 мкм составляют 75 % от всего количества потерь платиноидного катализатора. Остальные потери приходятся на частицы с размером до 25 мкм.

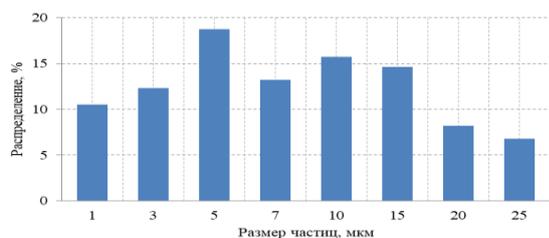


Рис. 4 – Распределение частиц платиноидов в шламе из котла-утилизатора производства HCN

В производстве неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,716 МПа используют комплект сеток состоящие из 12 сеток, следующего состава: Pt-95 %, Rh-5 % [15] и улавливающих сеток на основе палладия [18]. Нами было проанализировано данные по содержанию металлов платиновой группы в шламах, которые собраны механическим путем с внутренней поверхности трубок котла-утилизатора, установленного сразу после контактного аппарата. Эти данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание металлов платиновой группы в шламах из котлов-утилизаторов

Пробег платиноидных сеток	Содержание, % масс.		
	Платина	Палладий	Родий
3889	14,16	7,52	0,299
3482	12,79	2,17	0,184
3716	13,14	2,26	0,218
3515	13,09	2,24	0,214
2985	7,82	1,56	0,091
2423	7,46	1,16	0,128

Анализируя табличные данные, необходимо отметить, что содержание платины в шламе из котла-утилизатора производства неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,716 МПа колеблется от

7,46 % масс. до 14,16 % масс, и как видно, зависит от времени пробега комплекта сеток на основе металлов платиновой группы.

### Обсуждение результатов

Анализируя графические данные (рис. 1), можно сделать вывод, что наибольшее количество металлов платиновой группы осаждается в котле-утилизаторе, окислителе и абсорбционной колонне, которые в среднем составляют 80 % от всех потерь платиноидов в производстве азотной кислоты. Это свидетельствует о том, что большое количество платиноидов, сорбируется там, где существует большая поверхность аппаратов, то есть на том оборудовании, которое приведено на рис. 1.

Анализ распределение безвозвратных потерь металлов платиновой группы в аппаратах по технологической схеме производства синильной кислоты окислительным аммонолизом метана показывает, что почти 70 % платиноидов, которые теряются, осаждаются в отделении синтеза. Эти потери в значительной степени влияют на себестоимость синильной кислоты, поэтому меры по снижению их являющиеся важными для улучшения показателей этого процесса.

Присутствие металлической платины на поверхности аппаратуры, можно объяснить разложением оксидов платины при температуре 450-600 °С, во время остановки и продувки всей системы холодным воздухом, когда температура падает с 900-1000 °С до 280-320 °С в зоне катализаторных сеток за 60-90 с. Присутствие платины и оксида платины в окислителе агрегата УКЛ-7 при температуре 300 °С можно объяснить частичным окислением мелкодисперсных частиц платины, образующихся по ходу газового потока. В результате этого частицы, окисляясь, образуют платиновую чернь, для которой при температуре выше 200 °С возможно образование оксида платины.

Проведенный анализ потерь металлов платиновой группы производств как азотной, так и синильной кислот показывает, что частицы уносимого катализатора распределяются по всей технологической схеме и даже в незначительных количествах присутствуют в продукционной кислоте.

Установлено, что в производстве азотной кислоты под давлением 0,716 МПа размер частиц платиноидов составляет 1-25 мкм, а в производстве синильной кислоты окислительным аммонолизом метана колеблется от 10 до 45 мкм. По нашему мнению, такую разницу в размерах теряемых платиноидов, можно объяснить тем, что в производстве азотной кислоты установлены улавливающие системы, а именно сетки на основе палладия, которые и улавливают большие частицы теряемого катализатора. В производстве же синильной кислоты таких систем не установлено, поэтому размер теряемых платиноидов значительно больше, чем в производстве азотной кислоты.

Поскольку большая часть частиц платиноидного катализатора оседает на стадии охлаждения

контактного газу, то уловливання каталізатора необхідно виробити в місцях утворення платини, т.е. в контактному апараті, щоб не допускати розсіювання частинок металів платинової групи по всій технологічній схемі виробництва азотної та синильної кислот, це з однієї сторони. Но з іншої сторони установка уловлюючих систем по ходу руху контактної газу може привести до підвищення опору в технологічній лінії, що в свою чергу призводить до зниження виходу цільового продукту, а також його удорожання.

### Выводы

Проведений аналіз розподілу втрат платиноїдів по технологічній лінії виробництва азотної кислоти під тиском 0,716 МПа, а також у виробництві синильної кислоти окислювальним амоніолизом метану показав, що втрати металів платинової групи спостерігаються у всіх апаратах по технологічній лінії і навіть у відходящих газах.

Установлено, що частинки уносу платиноїдно-го каталізатора мають еквівалентні розміри для виробництва неконцентрованої азотної кислоти на агрегатах УКЛ-7 від 1 до 25 мкм, а для виробництва синильної кислоти методом Андрусова від 10 до 45 мкм.

### Список литературы

1. **Xinab, L.** Pt-Rh-Pd alloy group gauze catalysts used for ammonia oxidation / **L. Xinab, H. Yongqiang, J. Hushenga** // *Rare Metal Materials and Engineering*. – 2017. – Vol. 46. – 2. – P. 339-343. – doi: 10.1016/S1875-5372(17)30091-7.
2. **Rdzawski, Z. M.** Microstructure and properties of the new Pt-Rh based alloys for high-temperature applications / **Z. M. Rdzawski, J. P. Stobrawa** // *J. of Materials Processing Technology*. – 2004. – Vol. 153-154. – P. 681-687. – doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.04.130.
3. **Товажнянский, Л. Л.** Технологія зв'язаного азоту / **Л. Л. Товажнянский, О. Я Лобойко, Г. І. Гринь** та ін. – Харків : НТУ «ХПІ», 2007. – 536 с.
4. **Kondratenko, A.** Mechanistic and kinetic insights into N<sub>2</sub>O decomposition over Pt gauze / **A. Kondratenko, M. Baerns** // *J. of Catalysis*. – 2004. – Vol. 25. – Issue 1. – P. 37-44. – doi:10.1016/j.jcat.2004.03.038.
5. **Łosiewicz, B.** Kinetics of hydrogen underpotential deposition at iridium in sulfuric and perchloric acids / **B. Łosiewicz, R. Jurczakowski, A. Lasiac** // *Electrochimica Acta*. – 2017. – Vol. 225. – P. 160-167. – doi:10.1016/j.electacta.2016.12.116.
6. **Лебедев, Н. Н.** Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / **Н. Н. Лебедев**. – Москва : Химия, 1971. – 840 с.
7. **Dong, H.** Recovery of platinum group metals from spent catalysts: A review / **H. Dong, J. Zhao, J. Chen, Y. Wu, B. Li** // *International Journal of Mineral Processing*. – 2015. – Vol. 145. – P. 108-113. – doi:10.1016/j.minpro.2015.06.009.
8. **Позин, М. Е.** Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) / **М. Е. Позин**. – Л.: Химия, 1974. – 768 с.
9. **Латышова, С. Е.** Изучение процесса получения цианистого натрия как промежуточного продукта в

- синтезе метионина / **С. Е. Латышова, Т. П. Рудакова** // *Молодой учёный*. – 2016. – № 23. – Ч.1. – С. 4 – 6.
10. **Пархоменко, В. Д.** Оксамид: свойства, технология, применение / **В. Д. Пархоменко, В. К. Стеба, А. А. Пивоваров, Е.С. Смирнова**.-К.:Наук.думка,1992.- 160с.
  11. **Ильин, А. П.** Производство азотной кислоты / **А. П. Ильин, А. В. Кунин**. – С.-П.: Лань, 2013. – 256 с.
  12. **Бобков, С. С.** Синильная кислота / **С. С. Бобков, С. К. Смирнов**. – М.: Химия, 1970. – 176 с.
  13. **Авина, С. И.** Пути повышения качества цианистого натрия / **С. И. Авина** // *Збірник тез доповідей I Міжнародної (XI Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення»*. - Вінниця, 2018. - С. 232.
  14. **Авина, С. І.** Реакція окиснення аміаку. Втрати платиноїдного каталізатора / **А.С. Савенков, С.І. Авіна** // *Хімічна промисловість України*. – 2010. – 5. – С.7-10.
  15. **Savenkov, A. S.** Kinetics of loss of platinum group metals in catalytic oxidation of ammonia / **A. S. Savenkov, S. I. Avina, V. A. Loboiko** // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2012. – Vol. 85. – Issue 10. – P. 1524-1530. – doi:10.1134/S1070427212100060.
  16. **Бруштейн, Е. А.** Промышленный мониторинг потерь платиноидов при окислении аммиака в агрегатах УКЛ-7 / **Е. А. Бруштейн, В. И. Ванчурин, А. В. Яценко** // *Каталіз в промисловості*. – 2014. – № 3. – С. 59-65.
  17. **Караваяев, М. М.** Каталитическое окисление аммиака / **М. М. Караваяев, А. П. Засорин, Н. Ф. Клещев** – М.: Химия, 1983. – 232 с.
  18. **Ванчурин, В. И.** Окисление аммиака на тканых и вязаных платиноидных сетках / **В. И. Ванчурин, Е. В. Головия, А. В. Яценко** // *Каталіз в промисловості*. – 2011. – № 6. – С. 28-33.

### References (transliterated)

1. **Xinab, L. Yongqiang, H., Hushenga, J.** Pt-Rh-Pd alloy group gauze catalysts used for ammonia oxidation. *Rare Metal Materials and Engineering*, 2017, **46**, 2, 339-343, doi: 10.1016/S1875-5372(17)30091-7.
2. **Rdzawski, Z. M., Stobrawa, J. P.** Microstructure and properties of the new Pt-Rh based alloys for high-temperature applications. *J. of Materials Processing Technology*, 2004, **153-154**, 681-687, doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.04.130.
3. **Tovazhnyanskiy, L.L., Loboiko, O.Ya, Grin, G.I. et al.** Tehnologiya zv'yazanogo azotu. Harkiv:NTU«HPI», 2007, 536.
4. **Kondratenko, A., Baerns, M.** Mechanistic and kinetic insights into N<sub>2</sub>O decomposition over Pt gauze. *J. of Catalysis*, 2004, **25**, 1, 37-44, doi: 10.1016/j.jcat.2004.03.038.
5. **Łosiewicz, B., Jurczakowski, R., Lasiac, A.** Kinetics of hydrogen underpotential deposition at iridium in sulfuric and perchloric acids. *Electrochimica Acta*, 2017, **225**, 160-167, doi:10.1016/j.electacta.2016.12.116.
6. **Lebedev, N.N.** Himiya i tehnologiya osnovnogo organicheskogo i neftehimicheskogo sinteza. Moskva: Himiya, 1971, 840.
7. **Dong, H., Zhao, J., Chen, J., Wu, Y., Li, B.** Recovery of platinum group metals from spent catalysts: A review. *International Journal of Mineral Processing*, 2015, **145**, 108-113, doi:10.1016/j.minpro.2015.06.009.
8. **Pozin, M. E.** Tehnologiya mineralnyih soley (udobreniy, pestitsidov, promyshlennyih soley, okislov i kislot). Leningrad: Himiya, 1974, 768.

9. **Latyishova, S. E., Rudakova, T. P.** Izuchenie protsessy polucheniya tsianistogo natriya kak promezhutochnogo produkta v sinteze metionina. *Molodoy uchyonyiy*, 2016, 23(1), 4-6.
10. **Parhomenko, V. D., Steba, V. K., Pivovarov, A. A., Smirnova, E. S.** Oksamid: svoystva, tehnologiya, priminenie. Kiev: Nakova dumka, 1992, 160.
11. **Ilin, A. P., Kunin, A. V.** Proizvodstvo azotnoy kisloty [Nitric acid production]. Sankt-Peterburg: Lan, 2013, 256.
12. **Bobkov, S.S., Smirnov, S.K.** Sinilnaya kislota. M.: Himiya, 1970, 176.
13. **Avina, S. I.** Puti povyisheniya kachestva tsianistogo natriya. *Zbirnik tez dopovidey I Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi studentiv, aspirantiv i molodih uchenih «Himichni problemi sгодennyia»*, Vinnitsya, 2018, 232.
14. **Savenkov, A. S., Avina, S. I.** Reaktsiya okisnennya amiaku. Vtrata platinoyidnogo katalizatora. *Himichna promislovist Ukraini*, 2010, 5, 7-10.
15. **Savenkov, A. S., Avina, S. I., Loboyko, V. A.** Kinetics of loss of platinum group metals in catalytic oxidation of ammonia. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2012, 85, 10, 1524-1530, doi:10.1134/S1070427212100060.
16. **Brushteyn, E. A., Vanchurin, V. I., Yaschenko, A. V.** Promyshlennyiy monitoring poter platinoidov pri okislenii ammiaka v agregatah UKL-7. *Kataliz v promyshlennosti*, 2014, 3, 59-65.
17. **Karavaev, M. M., Zasorin, A. P., Kleshev, N. F.** Kataliticheskoe okislenie ammiaka [Ammonia catalytic oxidation]. Moskva: Himiya, 1983, 232.
18. **Vanchurin, V. I., Golovnyia, E. V., Yaschenko, A. V.** Okislenie ammiaka na tkanyih i vyazanyih platinoidnyih setkah. *Kataliz v promyshlennosti*, 2011, 6, 28-33.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Авина Светлана Ивановна** – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии; г. Харьков, Украина; e-mail: svetlanaavina@gmail.com.

**Svetlana Avina** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Lecturer, Department of chemical technology of inorganic substances, catalysis and ecology, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: svetlanaavina@gmail.com.

**Гринь Григорий Иванович** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии; г. Харьков, Украина; e-mail: gryn@kpi.khakov.ua.

**Gregorii Gryn** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of chemical technology of inorganic substances, catalysis and ecology, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: gryn@kpi.khakov.ua.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Авина, С. И.** Определение характера и распределения потерь металлов платиновой группы по технологической линии производства азотной и синильной кислот / **С. И. Авина, Г. И. Гринь** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 45(1321). – С. 148-152. – doi:10.20998/2413-4295.2018.45.20.

*Please cite this article as:*

**Avina, S., Gryn, G.** Determination of the disposition and distribution of losses of platinum group metals on the technological line of production of nitric and hydrocyanic acids. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, 45 (1321), 148–152, doi:10.20998/2413-4295.2018.45.20.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Авина, С. И.** Визначення характеру та розподілу втрат металів платинової групи по технологічній лінії виробництва азотної та синильної кислот / **С. И. Авина, Г. И. Гринь** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 45 (1321). – С. 148-152. – doi:10.20998/2413-4295.2018.45.20.

**АНОТАЦІЯ** Представлені основні результати досліджень із визначення безповоротних втрат каталізатора в виробництвах неконцентрованої азотної кислоти, а також синильної кислоти. Основною сировиною для отримання нітратних добрив є неконцентрована азотна кислота, метод отримання якої базується на каталітичному окисненні аміаку киснем повітря на сітчастому платиноїдному каталізаторі з подальшим поглинанням оксиду азоту (II) водою. Промислове виробництво синильної кислоти є основою виробництва одного з важливих компонентів видобутку золота - ціаніду натрію. На сьогоднішній день спосіб виробництва ціаністого натрію базується на нейтралізації синильної кислоти, отриманої каталітичним синтезом метану, аміаку і кисню повітря на платиноїдному каталізаторі, розчином луку. У цих процесах, внаслідок високих температур, які досягають 1000 ° С і тиску до 0,8 МПа, відбуваються втрати металів платинової групи з поверхні каталітичних сіток. Мета даного дослідження полягала у встановленні характеру втрат металів платинової групи, а також розподілу їх по технологічній лінії. Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання: проаналізувати розподіл втрат платиноїдів по технологічній лінії виробництва азотної і синильної кислот; встановити розмір часток, що втрачаються платиноїдним каталізатором у виробництві азотної і синильної кислот. Проаналізовано практичні дані розподілу втрат металів платинової групи з технологічної лінії одержання азотної кислоти на агрегатах УКЛ-7 і встановлено, що найбільша кількість металів платинової групи осідає в котлі-утилізатори, окиснювачі та абсорбційній колоні, які в середньому складають 80% від всіх втрат платиноїдів. У виробництві синильної кислоти окислювальним амонізом метану 70 % втрачаємих платиноїдів осідає у відділенні синтезу. Наведено криві розподілу втрат металів платинової групи, що характеризують ступінь дисперсності їх в шламах у виробництві азотної і синильної кислот. Встановлено, що у виробництві азотної кислоти під тиском 0,716 МПа розмір часток платиноїдів становить 1-25 мкм, а у виробництві синильної кислоти від 10 до 45 мкм.

**Ключові слова:** метали платинової групи; азотна кислота; синильна кислота; втрати; окислення; аміак

*Поступила (received) 08.09.2018*