

*С. І. АВИНА, Г. С. ПРИВАЛОВА, О. В. КОБЗЄВ, В. Д. ШТЕПА*

### **ОДЕРЖАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІЧНИХ ПІГМЕНТІВ НА ОСНОВІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ**

Представлені основні результати досліджень впливу складу вихідної шихти і температури випалу на інтенсивність кольору пігменту, а також чистоти тону при використанні в якості вихідної сировини відпрацьованого нанесеного кобальт (II, III) – хром (III) оксидного каталізатора окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду. Підкреслено небезпеку хромофорних оксидів для навколишнього довкілля та безпосередньо організму людини. Обґрунтовано необхідність переробки та утилізації відпрацьованих каталізаторів як техногенної відходів. Виявлено необхідність повної переробки нанесених каталізаторів з метою не тільки вилучення металів, а й утилізації керамічної складової. Запропоновано використання нанесених відпрацьованих каталізаторів для синтезу керамічних пігментів. В результаті собівартість синтезованого продукту знижується та одночасно сприяє частковому вирішенню питань утилізації промислових відходів і охорони навколишнього довкілля. З використанням відпрацьованого каталізатора були виготовлені зразки пігментів зі структурою муліту. За даними рентгеноструктурного аналізу в складі пігментів були ідентифіковані фази муліту, корунду та шпінелі  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ . Встановлено, що хром (III) оксид не виділяється у вільному стані, а вбудовується в структуру муліту. В ході досліджень встановлено, що інтенсивність забарвлення зростає з підвищенням температури синтезу та концентрації іонів двовалентного кобальту. Чистота тону в отриманих зразках керамічних пігментів мулітового складу залежить від концентрації іонів  $\text{Co}^{2+}$ . Розроблені пігменти витримують температуру до 1473 К та можуть бути рекомендовані для виробництва лакофарбових матеріалів. Доведено доцільність використання техногенних відходів, які містять хромофорні оксиди, для отримання керамічних пігментів. Запропонований спосіб утилізації відпрацьованого нанесеного кобальт (II, III) – хром (III) оксидного каталізатора дозволяє частково вирішити екологічну проблему зниження кількості відходів, які містять високотоксичні з'єднання кобальту та хрому, з одночасним отриманням синьо-зеленого пігменту.

**Ключові слова:** каталізатор; відходи; керамічний пігмент; синтез; муліт; хромофорний оксид; шпінель

*С. И. АВИНА, Г. С. ПРИВАЛОВА, А. В. КОБЗЕВ, В. Д. ШТЕПА*

### **ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Представлены основные результаты исследований влияния состава исходной шихты и температуры обжига на интенсивность цвета пигмента, а также чистоты тона при использовании в качестве исходного сырья, отработанного нанесенного кобальт (II, III) - хром (III) оксидного каталізатора окисления аммиака до оксида азота (II). Подчеркнута опасность хромофорных оксидов для окружающей среды и непосредственно организма человека. Обоснована необходимость переработки и утилизации отработанных каталізаторов в качестве техногенного отходов. Вывялена необходимость полной переработки нанесенных каталізаторов с целью не только извлечения металлов, но и утилизации керамической составляющей. Предложено использование нанесенных отработанных каталізаторов для синтеза керамических пигментов. В результате себестоимость синтезированного продукта снижается и одновременно способствует частичному решению вопросов утилизации промышленных отходов и охраны окружающей среды. С использованием отработанного каталізатора были изготовлены образцы пигментов со структурой муллита. По данным рентгеноструктурного анализа в составе пигментов были идентифицированы фазы муллита, корунда и шпинели  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ . Установлено, что оксид хрома (III) не выделяется в свободном виде, а встраивается в структуру муллита. В ходе исследований установлено, что интенсивность окраски возрастает с повышением температуры синтеза и концентрации ионов двухвалентного кобальта. Чистота тона в полученных образцах керамических пигментов муллитового состава зависит от концентрации ионов  $\text{Co}^{2+}$ . Разработанные пигменты выдерживают температуру до 1473 К и могут быть рекомендованы для производства лакокрасочных материалов. Доказана целесообразность использования техногенных отходов, содержащих хромофорные оксиды для получения керамических пигментов. Предложенный способ утилизации отработанного нанесенного кобальт (II, III) - хром (III) оксидного каталізатора позволяет частично решить экологическую проблему снижения количества отходов, содержащих высокотоксичные соединения кобальта и хрома, с одновременным получением сине-зеленого пигмента.

**Ключевые слова:** каталізатор; отходы; керамический пигмент; синтез; муллит; хромофорный оксид; шпинель

*S. I. AVINA, G. S. PRYVALOVA, O. V. KOBZEV, V. D. SHTEPA*

### **OBTAINING AND PROPERTIES OF CERAMIC PIGMENTS ON THE BASIS OF SPENT CATALYSTS**

The main results of studies of the influence of the composition of the initial mixture and the firing temperature on the color intensity of the pigment, as well as the purity of the tone when using as a raw material, spent deposited cobalt (II, III) - chromium (III) oxide oxidation catalyst of ammonia to nitric oxide (II) are presented. The danger of chromophore oxides for the environment and the human body itself is underlined. The necessity of recycling and disposal of spent catalysts as industrial waste is grounded. The necessity of complete processing of supported catalysts with the aim of not only extracting metals, but also utilizing the ceramic component has been revealed. The proposed use of deposited spent catalysts for the synthesis of ceramic pigments. As a result, the cost of the synthesized product is reduced and at the same time contributes to the partial resolution of issues of industrial waste disposal and environmental protection. Using spent catalyst samples were made pigments with the structure of mullite. According to the X-ray diffraction analysis of the pigments, the phases of mullite, corundum and spinel  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  were identified. It is established that chromium (III) oxide is not released in a free form, but is embedded in the structure of mullite. In the course of the research, it was established that the color intensity increases with an increase in the synthesis temperature and the concentration of divalent cobalt ions. The purity of the tone in the obtained samples of ceramic pigments of mullite composition depends on the concentration of  $\text{Co}^{2+}$  ions. Developed pigments withstand temperatures up to 1473 K and can be recommended for the production of paints and varnishes. The expediency of using technogenic wastes containing chromophore oxides for the production of ceramic pigments has been proved. The proposed method of utilization of spent deposited cobalt (II, III) - chromium (III) oxide catalyst allows to partially solve the environmental problem of reducing the amount of waste containing highly toxic cobalt and chromium compounds, while at the same time obtaining a blue-green pigment.

**Keywords:** catalyst; waste; ceramic pigment; synthesis; mullite; chromophore oxide; spinel.

**Вступ.** На даний час все більшої актуальності набувають проблеми зниження витрат на виробництво продуктів народного господарства, комплексної переробки сировинних матеріалів та створення безвідходних енерго- та ресурсощадних технологій.

Активне використання каталізаторів у хімічній промисловості призводить до зростання кількості шкідливих та токсичних відходів (відпрацьовані каталізатори, шлами, шлаки та ін.).

Попадання іонів важких металів (нікелю, хрому, кадмію, цинку, міді, олова та інших) до ґрунту та води викликає антропогенні геохімічні аномалії гідросфері, негативно впливає на рослинний та тваринний світ. Крім токсичності важкі метали мають також канцерогенну дію.

Наприклад, оксид кобальту та ванадію належать до другого класу небезпеки і викликають зміни в кровообігу, дихальних шляхах, органах травного тракту, серцево-судинній, нервовій та ендокринній системах, при попаданні на шкіру викликають алергічну реакцію, підвищення вмісту еритроцитів в крові. Оксиди хрому та заліза належать до третього класу небезпеки, мають мутагенні, канцерогенні і алергенні властивості [1].

Таким чином, все вищесказане нашою думкою про доцільність утилізації техногенних відходів, які містять полівалентні елементи.

Відпрацьовані каталізатори є техногенними відходами, які можуть бути сировиною для інших виробництв, але існуючі технології засновані насамперед на вилученні металів та їх вторинному використанні [2–5].

В разі переробки відпрацьованих нанесених каталізаторів залишається велика кількість силікатного матеріалу, використання якого у виробництві керамічних матеріалів та пігментів є обґрунтованим та економічно доцільним [6-7].

Виробництво керамічних пігментів шляхом високотемпературного випалу з хімічно чистих компонентів обумовлює їх високу вартість. Крім того, в Україні недостатньо виробників даного виду продукції, внаслідок чого ринок заповнюється імпортованими пігментами більш високої вартості.

**Аналіз основних досягнень та літератури.** Велику кількість каталізаторів для процесів крекінгу, гідроочищення та інших хімічних перетворень з метою зниження собівартості та підвищення експлуатаційних характеристик виготовляють нанесенням активної каталітичної маси на природні або синтетичні носії.

Авторами [8] запропоновано використання носіїв НІАП-18 та НІАП-03-1 для кобальт (II, III) – хром (III) оксидного каталізатора окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду у виробництві нітратної кислоти з метою зниження вмісту активних компонентів зі збереженням активності каталізатора на рівні 96-97 %.

У роботі [9] показано, що активоване вугілля, модифіковане малеїновим ангідридом, є перспективним носієм оксидних каталізаторів окиснення СО. При нанесенні на поверхню модифікованого активованого вугілля активної фази Cu-Co-Fe-оксидного

каталізатора утворюються каталітично активні системи з температурами 100 %-го перетворення СО 465-468 К.

Досліджено вплив хімічної природи носія Ni-, Co- та Fe-вмісних каталізаторів, нанесених методом просочення, на структуру вуглецевих нанотрубок, синтезованих з етилену. Показано, що на каталізаторах, нанесених на оксид магнію утворюються вуглецеві нанотрубки з найменшими значеннями діаметрів та найбільш однорідні за діаметрами та морфологією, що обумовлено сильною взаємодією металу з носієм [10].

Авторами у роботі [11] вивчено каталітичну активність алюмомарганцевих каталізаторів у реакції глибокого окиснення метану. Показано, що регулюючи умови синтезу каталізаторів, природу носія і модифікуючих добавок, можна підвищити конверсію метану без істотної втрати їх активності при високо-температурному прожарюванні.

Найбільше поширення отримало використання алюмосилікатів [12-17] через їх доступність та фізико-хімічні властивості.

Собівартість керамічних пігментів визначається в першу чергу вартістю сировинних матеріалів, особливо оксидів, які обумовлюють забарвлення пігменту. Тому, вирішуючи проблему утилізації техногенних відходів, які містять хромофори, ми знижуємо вартість пігменту та як наслідок фарби на його основі.

Авторами [18] запропоновано використання нефелінового шламу та відпрацьованого СВД каталізатора для отримання надглазурної фарби і керамічного пігменту коричнево-оливкової гама.

Дослідження [19] довели доцільність використання відходів (шлами, шлаки, відпрацьовані каталізатори та ін.) з вмістом оксиду алюмінію більше 25 % у виробництві керамічних матеріалів.

У роботі [20] отримано керамічні пігменти на основі мінералів діопсиду та граната з використанням відходу шкіряного виробництва, який містить хром (III) оксид, та відпрацьованого алюмокобальт-молібденового каталізатора окиснення сірчастого газу у коксохімічному виробництві в якості джерела хромофорних оксидів.

Робота, спрямована на зниження матеріальних і енергетичних витрат виробництва керамічних пігментів за рахунок використання дешевих сировинних матеріалів, а також підвищення екологічної безпеки, є актуальною.

**Постановка завдання.** Мета роботи полягала у дослідженні можливості отримання термостійких керамічних пігментів мулітового складу з використанням відпрацьованого каталізатора з урахуванням вмісту оксидів SiO<sub>2</sub> та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### **Виклад основного матеріалу.**

У якості об'єкту дослідження обрано відпрацьований нанесений неплатиновий каталізатор окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду [21]. Хімічний склад каталізатора, % мас.: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 83,9, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – 12,1, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,0.

Каталізатор містить структуроутворюючий оксид Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та оксиди кобальту та хрому, які входять до

складу великої кількості пігментів. За умови додавання до шихти  $\text{SiO}_2$  та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  у певній кількості відбувається утворення пігментів структури муліту ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ). На даний час пігменти відповідного складу синтезують з використанням чистих оксидів [22].

Для утворення пігментів такого складу були підібрані відповідні співвідношення компонентів, які наведені в табл. №1.

Зразки пігментів відповідно містять у своєму складі наступну кількість  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , %: 1 – 2,52; №2 – 5,70, №3 – 8,53.

Одержання шихти проводили сумісним мокрим помелом в кульовому млині до розміру частинок 0,5-1 мкм. Випал отриманих зразків проводили за температур: 1273 К, 1373 К та 1473 К з витримкою протягом 1 години.

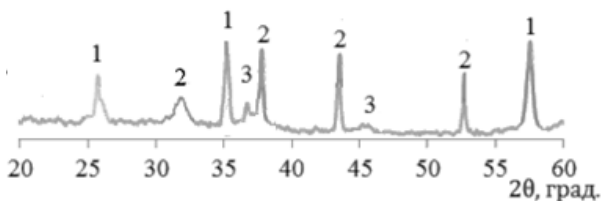
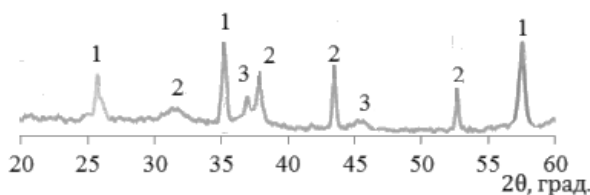
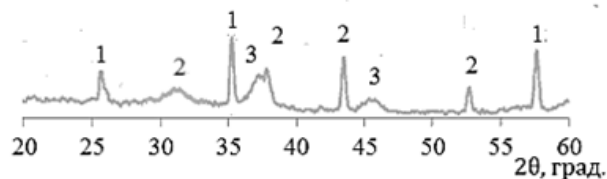
Таблиця 1 – Компонентний склад пігментів

№ пігменту	Вміст основних компонентів, %		
	Каталізатор	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
1	20,81	24,4	50,79
2	47,14	30,1	22,76
3	70,5	29,5	—

Отримані зразки пігментів мають блакитно-зелене забарвлення. Зміна забарвлення синтезованих пігментів залежить від температури синтезу та співвідношення вихідних компонентів. З підвищенням температури синтезу та концентрації іонів  $\text{Co}^{2+}$  інтенсивність кольору пігменту підвищується. Найбільш високу інтенсивність має пігмент № 3, який випалювали за температури 1473 К.

Для встановлення фазового складу пігментів, отриманих за температури 1473 К, виконували дослідження на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3. Умови зйомки дифрактограм: випромінювання  $\text{CuK}\alpha$ , напруга на трубці – 35 кВ, струм трубки – 25 мА. Ідентифікацію фазового складу дисперсних фаз за одержаними дифрактограмами здійснювали відповідно до картотеки Американського Товариства випробування матеріалів ASTM [23]. Точність встановлення певної фази становила від 2 до 5 %.

Рентгенограми пігментів, синтезованих за  $T = 1473 \text{ К}$ , представлені на рис. 1–3.

Рис.1 Рентгенограма пігменту №1: 1 – муліт  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , 2 – корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3 – шпінель  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ Рис.2 Рентгенограма пігменту №2: 1 – муліт  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , 2 – корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3 – шпінель  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ Рис.3 Рентгенограма пігменту №3: 1 – муліт  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , 2 – корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3 – шпінель  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ 

На основі проведеного аналізу графічних даних встановлено, що в пігментах утворюється структура, яка містить муліт та корунд, а також шпінель  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ . Рентгенограми зразків показали, що за умови підвищення вмісту хромофорних оксидів в пігментах відбувається зниження інтенсивності дифракційних рефлексів. Таке явище пов'язане з порушенням симетрії кристалічної решітки за умови вбудовування іонів-хромофорів в структуру та утворення твердих розчинів. Припускається, що процес ізоморфного входження іонів-хромофорів в мулітову структуру відбувається в позиціях  $\text{Al}^{3+}$  ( $r = 0,053 \text{ нм}$ ). Даний процес більш активно перебігає за участю  $\text{Cr}^{3+}$  ( $r = 0,053 \text{ нм}$ ), ніж  $\text{Co}^{2+}$  ( $r = 0,072 \text{ нм}$ ) через більш близько розташовані іонні радіуси та однакове значення заряду. За результатом аналізу  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не виділяється у вільному вигляді, а вбудовується в структуру муліту. За даними автора [24] максимальна розчинність  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в муліті за температури 1873 К складає 10 % мас.

Кольорові характеристики керамічних пігментів, синтезованих за  $T=1473 \text{ К}$ , наведені в табл. №2.

Таблиця 2 – Кольорові характеристики керамічних пігментів

№ пігменту	Координати кольору			Довжина волни, $\lambda$ , нм	Чистота тону, P, %
	x	y	z		
1	0,27	0,26	0,47	488	5
2	0,26	0,22	0,52	482	12
3	0,24	0,20	0,56	480	20

Чистота тону в отриманих зразках керамічних пігментів мулітового складу залежить від концентрації іонів  $\text{Co}^{2+}$  та складає 20 % для зразка №3.

**Висновки.** Отримані результати показали можливість використання нанесеного кобальт (II, III) - хром (III) оксидного каталізатора окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду для отримання керамічних пігментів. Синтезовані пігменти витримують температуру випалу до 1473 К, їх можна рекомендувати для отримання підглазурних та надглазурних керамічних фарб, кольорової глазури, для фарбування будівельних матеріалів. Завдяки використанню доступної сировини підприємства керамічної галузі зможуть впровадити випуск декоративної будівельної кераміки.

#### Список літератури

- Макаров Г. В., Васин А. Я., Маринина Л. К., Софийский П. И., Старобинский В. А., Торопов Н. И. *Охрана труда в химической промышленности*. Москва: Химия, 1989. 496 с.
- Колобов Г. А., Медведев А. С., Колмакова Л. П., Карпенко А.В. Новые технологии извлечения молибдена из отрабо-

- танных катализаторов // *Металлургия*, 2014. №2. С.86-93.
3. Кукурузенко К. І., Нікіфорова А. Н., Пасенко О. О., Кожура О. В. Вилучення ванадію з відпрацьованих катализаторів синтезу сірчаної кислоти // *Вопросы химии и химической технологии*, 2014. Т.3. С. 84-88.
  4. Комаров О. С., Проворова И. Б., Волосатиков В. И., Комаров Д. О., Урбанович, Н. И. Анализ и разработка методов рециклинга меди из отработанных медьсодержащих катализаторов // *Литье и металлургия*, 2009. -№4. – С. 76-78.
  5. Суворин А. В., Савенков А. С., Доценко А. Д. Кинетика экстракции никеля из отработанного катализатора ГИАП-3-6N раствором азотной кислоты низкой концентрации // *Интегрированные технологии и энергосбережение*, 2007. №4. С. 87-91.
  6. Герасимова Л. Г., Николаев А. И. Утилизация твердых отходов производства с получением пигментов и других неорганических материалов // *Экология промышленного производства*, 2007. №2. С. 34-43
  7. Зиганшина М. Р., Байбурина Э. А., Карандашов С. А., Чернова К. В. Синтез и исследование антикоррозионных свойств неорганического пигмента на основе отработанного хромсодержащего катализатора // *Вестник Казанского технологического университета*, 2016. Т.19, №13. С. 61-64.
  8. Привалова Г. С., Авина С. И., Лобойко А. Я., Бутенко А. Н. Исследования Со-Ст катализаторов нанесенного типа, полученных с применением керамических носителей *Хімічні проблеми сьогодення (ХПС-2018). Збірник тез доповідей I Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених*. Вінниця, 2018. С. 262.
  9. Іщенко О. В., Бєда О. А., Діюк В. Є., Сидорчук В. В., Яцимирський В. К. Активоване вугілля, модифіковане малеїновим ангідридом, як носій для оксидних катализаторів окиснення СО // *Український хімічний журнал*, 2009. Т. 75, № 5. С. 23-25.
  10. Бойчук Т. М., Стружко В. Л., Орлик С. М. Вплив складу та кислотності поверхні Fe-, Со-вмісних катализаторів на основі цеолітів та ZrO<sub>2</sub> на розклад та відновлення оксиду азоту (I) // *Український хімічний журнал*, 2009. Т. 75, № 11. С. 35-43.
  11. Космамбетова Г. Р., Канцерова М. Р., Орлик С. Н. Влияние природы носителя и модифицирующих добавок на каталитическую активность марганцевых катализаторов в реакции глубокого окисления метана // *Катализ и нефтехимия*, 2003. № 11. С. 74-77.
  12. Бутенко А. М., Привалова Г. С., Лобойко О. Я., Авина С. І., Кобзєв О. В. Вдосконалення технології нанесеного неплатинового катализатора окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду // *The scientific heritage*, 2017. № 13 (13). С. 59–63.
  13. Дик П. П., Климов О. В., Будуква С. В., Леонова К. А., Перейма В. Ю., Герасимов Е. Ю., Данилова И. Г., Носков А. С. Никель-молибденовые алюмосиликатные катализаторы гидрокрекинга вакуумного газойля, ориентированные на повышенный выход дизельной фракции // *Катализ в промышленности*, 2014. №3. С. 49-58.
  14. Лысенко С. В., Крюков И. О., Саркисов О. А., Абикенова, А. Б., Баранова С. В., Остроумова В. А., Кардашев С. В., Куликов А. Б., Караханов Э. А. Мезопористые алюмосиликаты – компоненты катализаторов крекинга газойля и гидроизомеризации высших алканов // *Нефтехимия*, 2011. Т.51, №3. С. 163-168.
  15. Бутенко А. Н., Отводенко С. Э., Русинов А. И., Савенков А. С. Исследование серебряных катализаторов получения формальдегида, нанесенных на алюмосиликатный носитель // *Интегрированные технологии и энергосбережение*, 2004. №4. С. 71-75.
  16. Лапидус А. Л., Павлова В. А., Чинь Н. К., Елисеев О. Л., Гушин В. В., Давыдов П. Е. Кобальтовые катализаторы на основе алюмосиликатных носителей в синтезе Фишера-Тропша // *Нефтехимия*, 2009. Т.49, №4. С. 319-323.
  17. Ракитская Т. Л., Киосе Т. А., Волкова В. Я., Эннан А. А. Использование природных алюмосиликатов Украины для разработки новых металлокомплексных катализаторов очистки воздуха от газообразных токсичных веществ // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*, 2009. № 6. С. 18-24.
  18. Седельникова М. Б., Погребенков В. М., Горбатенко В. В., Кауцман Е. Я. Керамические пигменты для строительной керамики // *Стекло и керамика*, 2009. №9. С. 3-7.
  19. Абдрахимов В. З. Применение алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения // *Новые огнеупоры*, 2013. №1. С. 13-23.
  20. Беломерыя Н. И., Анащенко О. В., Емельянова Ю. Н. Отходы производства как загрязнитель окружающей среды и как сырье при производстве керамических пигментов // *Проблемы экологии*, 2010. №1-2. С. 111-116.
  21. Лобойко О. Я., Бутенко А. М., Юрченко Г. О. Пат. на корисну модель 79474, Україна Спосіб приготування модифікованого оксидного катализатора процесу селективного окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду. 2013.
  22. Масленникова Г. Н., Пищ В. И. *Керамические пигменты*. Москва: ООО РИФ «Стройматериаль», 2009. 224 с.
  23. *American Society for Testing Materials (ASTM)*. Philadelphia:PA, 1960-1987.
  24. Перепелицин В. А. *Основы технической минералогии и петрографии*. Москва: Недра, 1987. – 255 с.

## References (transliterated)

1. Makarov G. V., Vasin A. Ja., Marinina L. K., Sofijskij P. I., Starobinskij V. A., Toropov N. I. *Ohrana truda v himicheskoj promyshlennosti*. Moskva: Himija, 1989. 496 s.
2. Kolobov G. A., Medvedev A. S., Kolmakova L. P., Karpenko A.V. *Novye tehnologii izvlechenija molibdena iz otrabotannyh katalizatorov* // *Metallurgija*, 2014. №2. S.86-93.
3. Kukuruzenko K. I., Nikiforova A. N., Pasenko O. O., Kozhura O. V. *Vyluchennya vanadiyu z vidprats'ovanykh katalizatoriv syntezu sirchanoyi kysloty* // *Voprosy himii i himicheskoi tehnologii*, 2014. T.3. S. 84-88.
4. Komarov O. S., Provorova I. B., Volosatikov V. I., Komarov D. O., Urbanovich, N. I. *Analiz i razrabotka metodov reciklinga medi iz otrabotannyh med'soderzhashhih katalizatorov* // *Lit'e i metallurgija*. – 2009. -№4. – S. 76-78.
5. Suvorin A.V., Savenkov A.S., Docenko A.D. *Kinetika jekstrakcii nikelja iz otrabotannogo katalizatora GIAP-3-6N rastvorom azotnoj kysloty nizkoj koncentracii* // *Integrirovannye tehnologii i jenergosberezenie*, 2007. №4. S. 87-91.
6. Gerasimova L.G., Nikolaev A.I. *Utilizacija tverdih othodov proizvodstva s polucheniem pigmentov i drugih neorganicheskikh materialov* // *Jekologija promyshlennogo proizvodstva*, 2007. №2. S. 34-43
7. Ziganshina M. R., Bajburina Je. A., Karandashov S. A., Chernova K. V. *Sintez i issledovanie antikorroziionnyh svojstv neorganicheskogo pigmenta na osnove otrabotannogo hromsoderzhashhego katalizatora* // *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, 2016. T.19, №13. S. 61-64.
8. Privalova G. S., Avina S. I., Lobjko A. Ja., Butenko A. N. *Issledovanija So-Sr katalizatorov nanessenogo tipa, poluchennyh s primeneniem keramicheskikh nositelej* *Ximichni problemy s'ogodennya (XPS-2018). Zbirnyk tez dopovidej I Mizhnarodnoyi naukovoyi konferenciyi studentiv, aspirantiv i molody'x ucheny'x*. Vinny`cya, 2018. S. 262.
9. Patrylyak L. K., Okhrimenko M. V. *Koksoutvorennya na tseolitnykh katalizatorakh* // *Kataliz i neftehimija*, 2006. № 14. S. 22-32.
10. Ishchenko O. V., Byeda O. A., Diyuk V. Ye., Sydorchuk V. V., Yatsymyrs'kyu V. K. *Aktyvovane vuhillya, modyfikovane malejinyovym anhidrydom, yak nosiy dlya oksydykh katalizatoriv oksynennya SO* // *Ukrainskij himicheskij zhurnal*, 2009. T. 75, № 5. S. 23-25.
11. Bojchuk T. M., Struzhko V. L., Orlik S. M. *Vplyv skladu ta kislотноsti poverhni Fe-, Co-vmisnih katalizatoriv na osnovi ceolitiv ta ZrO<sub>2</sub> na rozklad ta vidnovlennja oksidu azotu (I)* // *Ukrainskij himicheskij zhurnal*, 2009. T. 75, № 11. S. 35-43.
12. Butenko A. M., Pryvalova G. S., Lobjko O. Ya., Avina S. I., Kobzyev O. V. *Vdoskonalennya tehnologiyi nanessenogo neplatynovogo katalizatora oky'snennya amoniaku do nitrogen (II) oksy'du* // *The scientific heritage*, 2017. # 13 (13). S. 59–63.
13. Dik P. P., Klimov O. V., Budukva S. V., Leonova K. A., Perejma V. Ju., Gerasimov E. Ju., Danilova I. G., Noskov A. S. *Nikel'-molibdenovye aljumsilikatnye katalizatory gidrokrekinga vakuumnogo gazojlja, orientirovannye na povyshennyj vyhod dizel'noj frakcii* // *Kataliz v promyshlennosti*, 2014. №3. S. 49-58.
14. Lysenko S. V., Krjukov I. O., Sarkisov O. A., Abikeno, A. B., Baranova S. V., Ostroumova V. A., Kardashev S. V., Kulikov A. B., Karahanov Je. A. *Mezoporistye aljumsilikaty – komponenty katalizatorov krekinga gazojlja i gidroizomerizacii vysshih alkanov* // *Neftehimija*, 2011. T.51, №3. S. 163-168.

15. Butenko A. N., Otvochenko S. Je., Rusinov A. I., Savenkov A. S. Issledovanie serebrjanyh katalizatorov poluchenija formal'degida, nanesenyyh na aljumosilikatnyj nositel' // *Integrirovannye tehnologii i jenergosberezhenie*, 2004. №4. S. 71-75.
16. Lapidus A. L., Pavlova V. A., Chin' N. K., Eliseev O. L., Gush hin V. V., Davydov P. E. Kobal'tovye katalizatory na osnove aljumosilikatnyh nositelej v sinteze Fishera-Tropscha // *Neftehimija*, 2009. T.49, №4. S. 319-323.
17. Rakitskaja T. L., Kiose T. A., Volkova V. Ja., Jennan A. A. Ispol'zovanie prirodnyh aljumosilikatov Ukrainy dlja razrabotki novyh metallokompleksnyh katalizatorov ochistki vozduha ot gazoobraznyh toksichnyh veshhestv // *Jenergotehnologii i resursosberezhenie*, 2009. № 6. S. 18-24.
18. Sedel'nikova M. B., Pogrebenkov V. M., Gorbatenko V. V., Kaucman E. Ja. Keramicheskie pigmenty dlja stroitel'noj keramiki // *Steklo i keramika*, 2009. №9. S. 3-7.
19. Abdrahimov V. Z. Primenenie aljumosoderzhashhih othodov v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznachenija // *Novye ognepuory*, 2013. №1. S. 13-23.
20. Belomerja N. I., Anashhenkova O. V., Emel'janova Ju. N. Othody proizvodstva kak zagrjaznitet' okurzhajushhej sredy i kak syr'e pri proizvodstve keramicheskikh pigmentov // *Problemi ekologii*, 2010. №1-2. S. 111-116.
21. Lobyko O. Ya., Butenko A. M., Yurchenko H. O. Pat. na korysnu model' 79474, Ukrayina Sposib pryhotovannya modyfikovanoho oksydnoho katalizatora protsesu selektyvnoho oksyennnaya amoniaku do nitrohen (II) oksydu. 2013.
22. Maslennikova G. N., Pishh V. I. *Keramicheskie pigmenty*. Moskva: OOO RIF «Strojmaterialy», 2009. 224 s.
23. *American Society for Testing Materials (ASTM)*. Philadelphia:PA, 1960-1987.
24. Perepelicin V. A. *Osnovy tehnichejskoj mineralologii i petrografii*. Moskva: Nedra, 1987. 255 s.

*Надійшла (received) 25.02.19.*

### **Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors**

**Авіна Світлана Іванівна (Авина Светлана Ивановна, Avina Svetlana Ivanivna)** – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології; м. Харків, Україна; e-mail: svetlanaavina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5037-8576

**Привалова Галина Сергіївна (Привалова Галина Сергеевна, Pryvalova Galyna Sergiivna)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології; м. Харків, Україна; e-mail: galyaboxh@gmail.com.

**Кобзев Олександр Вікторович (Кобзев Александр Викторович, Kobziev Oleksandr Victorovich)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології; м. Харків, Україна; e-mail: alekoua1972@gmail.com.

**Штена Вікторія Дмитрівна (Штена Виктория Дмитриевна, Shtera Viktoriia Dmytrivna)** - Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студентка кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, м. Харків, Україна; e-mail: vitoss.2402@gmail.com.