

*М. М. ШОРОХОВ, О. В. СУВОРИН, М. А. ОЖЕРЕДОВА*

### **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ПЕРЕМІШУВАННЯ НА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХІМІЧНО УТВОРЮВАНОЇ СУСПЕНЗІЇ $PbCrO_4$**

Наведена доцільність застосування в умовах реального виробництва реагентного методу очищення стічних вод промислових підприємств, що містять  $Cr^{6+}$ , з використанням як реагент-осаджувача водорозчинних солей  $Pb^{2+}$  з утворенням малорозчинної солі  $PbCrO_4$ . В роботі досліджено вплив температури і інтенсивності перемішування на процес хімічного осадження  $PbCrO_4$  в системі  $H_2CrO_4-Pb(CH_3COO)_2-H_2O$ . В якості вихідного речовини використовували водний розчин  $H_2CrO_4$  з концентрацією 100 мг/л (в перерахунок на  $Cr(IV)$ ), який моделює типову промивну воду першої стадії промивання процесу електрохімічного хромування. Як осаджувач використовували насичений при 20 °C водний розчин оксалату свинцю (30,7 г/100 г води). Розчин осаджувача одноразово дозували до хром (VI) - містного розчину, виходячи з таких мольних співвідношень: стехіометричної кількості (100%) і надлишку 120 і 150% для утворення хрому свинцю. Температуру підтримували на рівні: 20, 30, 40, 50 і 60 °C, а швидкість обертання валу мішалки - на рівнях: 0 (без перемішування), 1,4; 2; 2,5 і 3 об/сек. Після дозування розчину - осаджувача отримані суспензії витримували при перемішуванні і заданій температурі протягом 60 хвилин і відстоювали з паралельним проведенням седиментаційного аналізу. Проведеними дослідженнями встановлено, що при температурі 20 ÷ 30 °C і надлишку розчину реагента-осаджувача на рівні 20 ÷ 50% можна отримати залишкові концентрації  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах близьких до рівня ГДК. Найбільш оптимальна швидкість перемішування суспензій становить 1,5 ÷ 2 об/сек. Дана інтенсивність перемішування сприяє збільшенню швидкості розшарування отримуваної суспензії, дозволяє отримувати осад  $PbCrO_4$  з розмірами частинок на рівні 1,4 ÷ 1,6 мкм, не збільшує залишкову концентрацію  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах. При збільшенні надлишку осаджувача, швидкість росту кристалів  $PbCrO_4$  зменшується в порівнянні зі швидкістю утворення зародків. Таким чином, показана доцільність використання водного розчину  $Pb(CH_3COO)_2$  як реагента-осаджувача для очищення  $Cr^{6+}$  - вмісних стічних вод електрохімічних виробництв.

**Ключеві слова:** хромова кислота, оксалат свинцю, осаджувач, технологічні параметри, залишкова концентрація, рівень ГДК.

*М. Н. ШОРОХОВ, А. В. СУВОРИН, М. А. ОЖЕРЕДОВА*

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКИ ПОЛУЧАЕМОЙ СУСПЕНЗИИ $PbCrO_4$**

Наведена цілесобразність застосування в умовах реального виробництва реагентного методу очищення стічних вод промислових підприємств, що містять  $Cr^{6+}$ , з використанням в якості реагента-осаджувача водорозчинних солей  $Pb^{2+}$  з утворенням малорозчинної солі  $PbCrO_4$ . В роботі досліджено вплив температури і інтенсивності перемішування на процес хімічного осадження  $PbCrO_4$  в системі  $H_2CrO_4-Pb(CH_3COO)_2-H_2O$ . В якості вихідного речовини використовували водний розчин  $H_2CrO_4$  з концентрацією 100 мг/л (в перерахунок на  $Cr(IV)$ ), який моделює типову промивну воду першої стадії промивки процесу електрохімічного хромування. Як осаджувач використовували насичений при 20 °C водний розчин оксалату свинцю (30,7 г/100 г води). Розчин осаджувача одноразово дозували до хром (VI) - містного розчину, виходячи з таких мольних співвідношень: стехіометричного кількості (100%) і надлишку 120 і 150% для утворення хрому свинцю. Температуру підтримували на рівні: 20, 30, 40, 50 і 60 °C, а швидкість обертання валу мішалки - на рівнях: 0 (без перемішування), 1,4; 2; 2,5 і 3 об/сек. Після дозування розчину осаджувача отримані суспензії витримували при перемішуванні і заданій температурі протягом 60 хвилин і відстоювали з паралельним проведенням седиментаційного аналізу. Проведеними дослідженнями встановлено, що при температурі 20 ÷ 30 °C і надлишку розчину реагента-осаджувача на рівні 20 ÷ 50% можна отримати залишкові концентрації  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах близьких до рівня ПДК. Найбільш оптимальна швидкість перемішування суспензій становить 1,5 ÷ 2 об/сек. Дана інтенсивність перемішування сприяє збільшенню швидкості розшарування отримуваної суспензії, дозволяє отримувати осад  $PbCrO_4$  з розмірами частинок на рівні 1,4 ÷ 1,6 мкм, не збільшує залишкову концентрацію  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах. При збільшенні надлишку осаджувача, швидкість росту кристалів  $PbCrO_4$  зменшується по порівнянню зі швидкістю утворення зародків. Таким чином, показана цілесобразність використання водного розчину  $Pb(CH_3COO)_2$  як реагента-осаджувача для очищення  $Cr^{6+}$ -содержащих стічних вод електрохімічних виробництв.

**Ключевые слова:** хромовая кислота, оксалат свинца, осадитель, технологические параметры, остаточная концентрация, уровень ПДК.

*M.N. SHOROKHOV, A.V. SUVORIN, M.A. OZHEREDOVA*

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND INTENSITIVITY OF MIXING ON TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE CHEMICALLY RECEIVED SUSPENSION OF $PbCrO_4$**

The expediency of applying the reagent method for wastewater treatment of industrial enterprises containing  $Cr^{6+}$  under conditions of real production using water-soluble salts of  $Pb^{2+}$  with the formation of a poorly soluble salt of  $PbCrO_4$  was used as a precipitating agent. The effect of temperature and mixing intensity on the chemical deposition of  $PbCrO_4$  in the  $H_2CrO_4-Pb(CH_3COO)_2-H_2O$  system is studied. A solution of  $H_2CrO_4$  with a concentration of 100 mg/l (in terms of  $Cr(IV)$ ), which models a typical wash water of the first stage of washing of the process of electrochemical chromium plating, was used as a starting material. An aqueous solution of lead oxalate saturated at 20°C was used as a precipitant (30,7 g/100 g of water). The precipitating solution was dosed once to chromium (VI) - containing solution, based on the following molar ratios: stoichiometric amount (100%) and an excess of 120 and 150% to form lead chromate. The temperature was maintained at the level of: 20, 30, 40, 50, and 60 °C, and the rotation speed of the mixer shaft was maintained at the levels: 0 (without mixing), 1.4; 2; 2.5 and 3 rpm. After dosing the precipitator solution, the resulting suspensions were kept under stirring and at the set temperature for 60 minutes and defended with a parallel sedimentation analysis. Studies have established that at a temperature of 20 ÷ 30 °C and an excess of the precipitating reagent solution of 20 ÷ 50%, it is possible to obtain residual  $Cr^{6+}$  concentrations in purified solutions close to the MPC level. The most optimal mixing speed of suspensions is 1.5 ÷ 2 rpm. This mixing intensity helps to increase the separation rate of the resulting suspensions, allows one to obtain a  $PbCrO_4$  precipitate with particle sizes of 1.4–1.6 μm, and does not increase the residual  $Cr^{6+}$  concentration in purified solutions. With increasing excess of precipitant, the growth rate of  $PbCrO_4$  crystals decreases compared to the rate of nucleation. Thus, the feasibility of using an aqueous solution of  $Pb(CH_3COO)_2$  as a precipitating reagent for the purification of  $Cr^{6+}$ -containing wastewater from electrochemical plants has been shown.

**Key words:** chromic acid, lead oxalate, precipitant, technological parameters, residual concentration, MPC level.

© М. М. Шорохов, О. В. Суворін, М. А. Ожередова, 2020

**Вступ.** Сполуки  $\text{Cr}^{6+}$  мають широке використання у сучасній промисловості: в органічному синтезі вони застосовуються як окиснювачі, у виробництві антикорозійних фарб як пігменти, в шкіряному виробництві - в якості дубильних речовин, в металургії - для виготовлення ферохрому, але найбільше поширення сполуки шестивалентного хрому набули в гальванічному виробництві. Процеси електрохімічного хромовання, окислювання та пасивації металів супроводжуються утворенням стічних вод, які вміщують сполуки високоокисного  $\text{Cr}^{6+}$  [1]. Без попереднього очищення до норм ГДК, скидання таких вод в водні об'єкти навколишнього середовища заборонено. Разом з тим в виробничих стічних водах хром має значну цінність, а його вилучення та повторне використання у виробництві може дати значний економічний ефект. Універсальних прийомів очищення виробничих стоків, шлаків від хрому не існує. Вміст хрому в різних відпрацьованих розчинах коливається в широких межах. Великі об'єми розчинів, їх видове різноманіття, іноді низький вміст хрому в них, супутні домішки інших елементів і речовин ускладнюють переробку цих розчинів з метою вилучення хрому, а також очищення стоків від небезпечного компонента. Всі існуючі способи знешкодження хромістних відпрацьованих розчинів переслідують одну мету - уникнути безповоротної втрати хрому і забруднення навколишнього середовища своєю токсичною дією. В роботах [2-4] проаналізовані найбільш поширені у світовій практиці методи очищення водних розчинів від сполук  $\text{Cr}^{6+}$ .

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.**

Кожний з розглянутих методів знешкодження має свої явні переваги та недоліки. В роботі [5] показано, що реагентний метод знешкодження  $\text{Cr}^{6+}$ -вмісних стічних вод, незважаючи на такі явні недоліки, як необхідність використання товарних реактивів та складність досягнення залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  на рівні нормативів ГДК (0,1 мг/л [6]), не втратив своєї актуальності. Він дозволяє працювати в великому діапазоні параметрів стоків (якісний і кількісний склад, рН і т.д.), що в умовах реального виробництва вельми зручно.

Одним з найбільш ефективних реагентів-осаджувачів при застосуванні реагентного метода знешкодження можуть бути водорозчинні солі  $\text{Pb}^{2+}$ , використання яких призводить до утворення малорозчинної солі  $\text{PbCrO}_4$  [7]. Так, вже при надлишку реагента-осаджувача у 20 – 50% від стехіометрично необхідної кількості, може бути досягнута залишкова концентрація сполук  $\text{Cr}^{6+}$ , що близька до рівня ГДК для водних об'єктів.

Однак, не менш важливим є визначення впливу таких технологічних параметрів, як температура осадження та ступінь турбулізації на властивості утворених суспензій, осадів та залишкову концентрацію  $\text{Cr}^{6+}$  у відфільтрованих розчинах.

**Методика експерименту.** Як вихідну речовину використовували розчин  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  з концентрацією 100

мг/л (в поррахунок на  $\text{Cr}^{6+}$ ), що моделює типову промивну воду першої стадії промивки після процесу твердого електрохімічного хромовання [8]. Як осаджувач використовували насичений при 20°C водний розчин (30,7 г/100 г води [9]) оксалату свинцю ГОСТ 1027-67 «Свинець (II) уксуснокислий 3-водный. Технические условия». Розчин-осаджувач одноразово дозували до хром(VI)- вмісного розчину, виходячи з таких мольних співвідношень: стехіометричної кількості (100%) та надлишку 120 й 150% для утворення хрому свинцю за реакцією:



Температуру підтримували на рівні ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ): 20, 30, 40, 50 та 60 °C. Швидкість обертання валу мішалки підтримували на рівнях: 0 (без перемішування); 1,4; 2; 2,5 та 3 об/сек. та контролювали за допомогою тахометру. Після дозування розчину осаджувача утворювані суспензії витримували при перемішуванні та заданій температурі протягом 60 хвилин та відстоювали з паралельним проведенням седиментаційного аналізу за методикою, що запропонована в роботі [10]. В освітлених частинах суспензій визначали залишкову концентрацію  $\text{Cr}^{6+}$  за відомими методиками [11].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати виміру залишкових концентрацій  $\text{Cr}^{6+}$  (середнє значення з 3-х паралельних експериментів) в залежності від мольного співвідношення  $\text{Cr}^{6+} : \text{Pb}^{2+}$  при різних температурах проведення експериментів наведені на рис. 1.

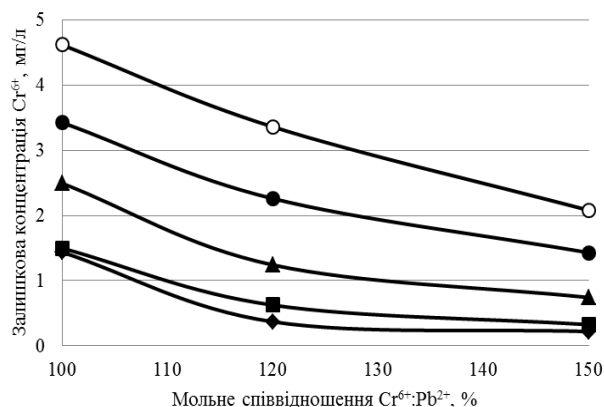


Рисунок 1 – Залежність залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  від мольного співвідношення  $\text{Cr}^{6+} : \text{Pb}^{2+}$  при різних температурах (°C): ◆ – 20; ■ – 30; ▲ – 40; ● – 50; ○ – 60

Приведені дані свідчать, що при температурах 20÷30°C збільшення надлишку розчину оксалату свинцю від стехіометричної кількості до 50%-го надлишку дозволяє знизити залишкову концентрацію  $\text{Cr}^{6+}$  з 1,44 мг/л до 0,22÷0,32 мг/л, тобто у  $\approx 6,5$  разів. Однак подальше поступове підвищення температури до 60°C призводить до збільшення залишкової концентрації до 4,61 мг/л при стехіометричній кількості осаджувача й до 2,1 мг/л при надлишку 60%. Такий характер збільшення залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  в очищених

розчинах, принципово, відповідає загальній тенденції щодо зростання розчинності хроматів при збільшенні температури [12]. Ці дані також свідчать, що для досягнення залишкових концентрацій  $\text{Cr}^{6+}$  в очищених розчинах близьких до значень ГДК, осадження необхідно проводити при температурах не більше  $30^\circ\text{C}$ . Тому подальші дослідження впливу перемішування реакційного середовища на залишкову концентрацію  $\text{Cr}^{6+}$  та на властивості отриманих суспензій проводили при температурі  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

На рис. 2 показаний вплив збільшення інтенсивності перемішування на залишкову концентрацію  $\text{Cr}^{6+}$  в освітлених суспензіях.

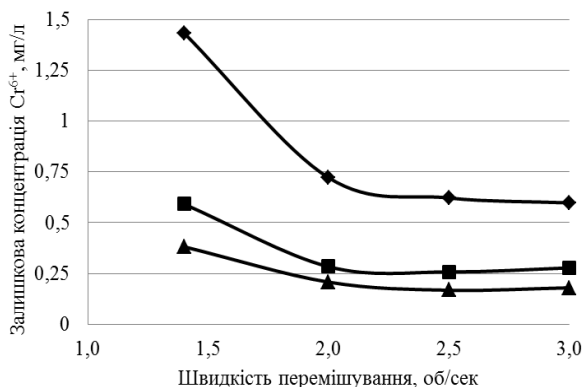


Рисунок 2 – Залежність залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  від інтенсивності перемішування при різних мольних співвідношеннях  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  (%):  $\blacklozenge$  – 100;  $\blacksquare$  – 120;  $\blacktriangle$  – 150

Якщо прийняти до уваги результати експериментів, проведених без перемішування, що представлені на рис. 1 для відповідних значень температури та стехіометричного співвідношення  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$ , то збільшення швидкості перемішування суспензій від 0 до 1,5 об/сек. не призводить до помітного зменшення залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$ . Найбільше зниження залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  (у середньому в 2,3 рази) в освітлених частинах всіх досліджуваних суспензій спостерігається при збільшенні швидкості перемішування до 1,5 ÷ 2 об/сек. При збільшенні швидкості перемішування від 2,5 до 3 об/сек. для суспензій, отриманих з надлишком осаджувача, навпаки, спостерігається збільшення залишкової концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  приблизно на 6%. Це можна пояснити, що при такій швидкості перемішування відбувається подрібнення кристалів осаду, що утворились в процесі осадження. Це призводить до подальшого зменшення дифузійного опору та підвищення швидкості дифузії і, як кінцевий результат, - збільшення розчинності дрібних кристалів осаду [13].

Залежність швидкості розшарування суспензій від швидкості перемішування суспензій при різних мольних співвідношеннях  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  та температурі  $20^\circ\text{C}$  приведений на рис. 3.

Дані показують, що при проведенні експериментів без витримки суспензій при перемішуванні, швидкість розшарування суспензій не залежить від мольного співвідношення  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  й становить, в середньому, 10,1 мл/год. Суттєве зменшення швидко-

сті розшарування суспензій відбувається в інтервалі швидкості перемішування 1,4 ÷ 2 об/сек. При цьому збільшення мольного співвідношення  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  від 100 до 150% приводить до зменшення швидкості розшарування суспензій з 1,3 до 1,7 разів. Цей факт свідчить про утворення більш дрібних частинок твердої фази утворених суспензій.

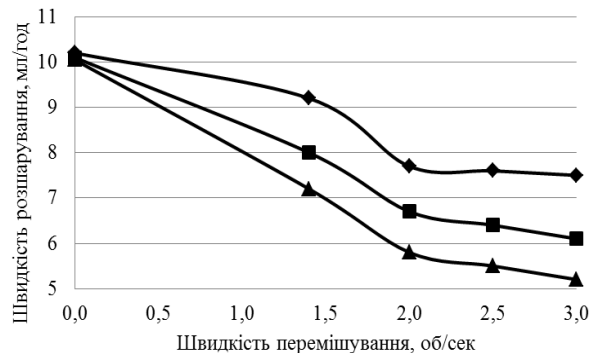


Рисунок 3 – Вплив швидкості перемішування суспензій на швидкість їх розшарування при різних мольних співвідношеннях  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  (%):  $\blacklozenge$  – 100;  $\blacksquare$  – 120;  $\blacktriangle$  – 150

Подальше збільшення швидкості перемішування від 2 до 3 об/сек практично не впливає на швидкість розшарування суспензій, яка отримана при додаванні до розчину  $\text{Cr(VI)}$  стехіометричній кількості розчину осаджувача й зменшується ще в 1,1 разів для суспензій, отриманих при надлишку розчину осаджувача 20 та 50 %.

Розрахунок середніх розмірів частинок твердої фази суспензій показав (рис. 4), що у відсутності перемішування, не залежно від кількості подаваного осаджувача, середній розмір частинок утворюваного осаду  $\text{PbCrO}_4$  становить  $1,61 \div 1,62$  мкм. При швидкості перемішування суспензій 1,4 об/сек та збільшенні кількості розчину осаджувача в досліджених інтервалах відбувається зменшення середнього розміру осаду  $\text{PbCrO}_4$  з 1,54 до 1,36 мкм.

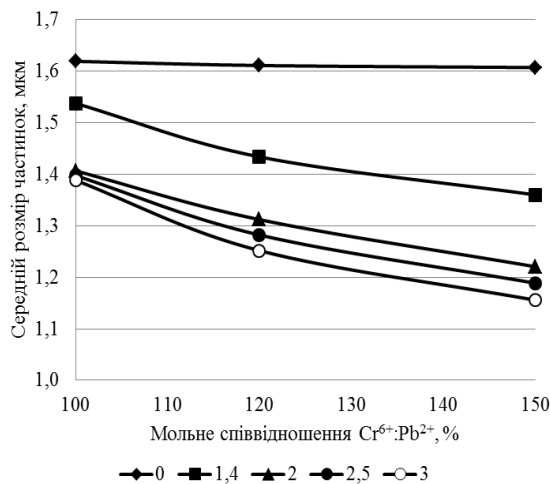


Рисунок 4 – Залежність середнього розміру частинок твердої фази суспензій від мольного співвідношення  $\text{Cr}^{6+}:\text{Pb}^{2+}$  при різних швидкостях перемішування (об/сек.):  $\blacklozenge$  – 0;  $\blacksquare$  – 1,4;  $\blacktriangle$  – 2;  $\bullet$  – 2,5;  $\circ$  – 3

Подальше збільшення інтенсивності перемішування при стехіометричній кількості подаваного розчину осаджувача призводить до зменшення розмірів частинок осаду до 1,41 мкм. А подальше збільшення кількості осаджувача призводить до поступового зменшення розміру частинок утвореного осаду  $PbCrO_4$  з 1,41 до  $1,22 \div 1,16$  мкм.

Однчасне збільшення залишкових концентрацій  $Cr^{6+}$  в освітлених частинах суспензій при збільшенні інтенсивності перемішування утворених суспензій від 2 до 3 об/сек та зменшення середніх розмірів частинок утвореного осаду на  $17 \div 20\%$ , відбуваються тільки при додаванні надлишку розчину осаджувача. Це свідчить про те, що при збільшенні надлишку осаджувача, швидкість росту кристалів  $PbCrO_4$  зменшується порівняно зі швидкістю утворення зародків, що є характерним для більшості процесів хімічного осадження [14].

### Висновки.

Таким чином, проведеними дослідженнями процесів хімічного осадження  $PbCrO_4$ , які протікають в системі  $H_2CrO_4 - Pb(CH_3COO)_2 - H_2O$ , показано, що:

1) в інтервалі температур від 20 до 30°C та надлишках розчинів реагенту-осаджувача від 20 до 50% можливо отримати залишкові концентрації  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах, які всього у  $2 \div 4$  рази перевищують ГДК для вод рибогосподарського призначення.

2) підвищення температури процесу хімічного осадження хромату свинцю в дослідженій системі від 20 до 60°C призводить до збільшення залишкової концентрації  $Cr^{6+}$  в освітлених частинах суспензій від 7 до 10 разів.

3) найбільш оптимальна швидкість перемішування суспензій складає  $1,5 \div 2$  об/сек., що перешкоджає збільшенню залишкової концентрації  $Cr^{6+}$  в очищених розчинах понад 0,2 мг/л та тримувати осад  $PbCrO_4$  з розмірами частинок на рівні  $1,4 \div 1,6$  мкм, що сприяє збільшенню швидкості розшарування суспензій.

### Список литературы

1. Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединений. Актобе: Кокжиек, 2012. 284 с.
2. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. ред. проф. В. Н. Кудрявцева; 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Глобус, 2002. 352 с.
3. Виноградов С. С., Кругликов С.С. О положительных и отрицательных сторонах электро- и гальванокоагуляционных методов очистки сточных вод. Гальванотехника и обработка поверхности. 2008. Т. 16, № 1. С. 46 - 47.
4. Пляцук Л.Д., Мельник О.С. Анализ технологий очистки гальванических стоков в Украине. Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. 2008, № 2. С. 51 - 56.
5. Григоренко Ю.Ю., Шорохов М.М., Суворин О.В., Заїка Р.Г. Оцінка ефективності технологій утилізації  $Cr^{6+}$  вмісних стічних вод промислових підприємств на основі SWOT-аналізу. Матеріали XXI міжнар. наук.-техн. конф. «Технологія 2018». Ч. 1. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2018. С. 83 - 85.
6. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справоч-

ник. Ленинград: Химия, 1985. 528 с.

7. Шорохов М.М., Суворин О.В., Казаков В.В., Ожередова М.А. Влияние надлишка осаджувача на очищення  $Cr^{6+}$  вмісних стічних вод промислових підприємств. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2018, № 3 (244). С. 109 - 112.
8. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование. Москва: Глобус, 2007. 191 с.
9. Никольский Б.П., Григоров О.Н., Позин М.Е., Порай-Кошиц Б.А., Рабинович В.А., Рачинский Ф.Ю., Романков П.Г., Фридрихсберг Д.А. Справочник химика / гл. ред. Б.П. Никольский. Москва: Химия, 1964. Т.3. 1008 с.
10. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. Москва: Химия, 1975. 512 с.
11. Клещев Н.Ф., Костыркина Т. Д., Бескова Г.С., Моргунова Е.Т. Аналитический контроль в основной химической промышленности. Москва: Химия, 1992. 272 с.
12. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ленинград: Химия, 1974. 792 с.
13. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. Ленинград: Химия, 1984. 336 с.
14. Вассерман И. М. Химическое осаждение из растворов. Ленинград: Химия, 1980. 208 с.

### References (transliterated)

1. Mamyrbayev A.A. Toksikologiya hroma i ego soedinenij. Aktobe: Kokzhiek, 2012. 284 p.
2. Vinogradov S. S. Jekologicheski bezopasnoe gal'vanicheskoe proizvodstv. red. prof. V. N. Kudryavceva; 2-e izd. pererab. i dop. Moskva: Globus, 2002. 352 p.
3. Vinogradov S. S., Kruglikov S.S. O polozhitel'nyh i otricatel'nyh storonah jelektro- i gal'vanokoaguljacionnyh metodov oчитki stochnyh vod. Gal'vanotekhnika i obrabotka poverhnosti. 2008. T. 16, № 1. P. 46 - 47.
4. Plyatsuk L.D., Mel'nyk O.S. Analiz tekhnologiy ochystky hal'vanichnykh stokiv v Ukraini. Visnyk SumDu. Seriya Tekhnichni nauky. 2008, № 2. P. 51 - 56.
5. Hryhorenko Yu.Yu., Shorokhov M.M., Suvorin O.V., Zaika R.H. Otsinka efektyvnosti tekhnologiy utylizatsiyi  $Cr^{6+}$  vmisnykh stichnykh vod promyslovykh pidpryyemstv na osnovi SWOT-analizu. Materialy XXI mizhnar. nauk.-tekhn. konf. «Tekhnologiya 2018». Ch. 1. Syevyerodons'k: SNU im. V. Dallya, 2018. P. 83-85.
6. Bespamyatnov G.P., Krotov Yu.A. Predelno dopustimye kontsentratsii himicheskikh veschestv v okruzhayushey srede. Spravochnik. Leningrad: Himiya, 1985. 528 p.
7. Shorokhov M.M., Suvorin O.V., Kazakov V.V., Ozheredova M.A. Vplyv nadlyshku osadzhuвача na ochyshchennya  $Cr^{6+}$  vmisnykh stichnykh vod promyslovykh pidpryyemstv. Visnyk Skhidnoukrayyn's'koho natsional'noho universytetu im. V. Dallya, 2018, № 3 (244). P. 109 - 112.
8. Solodkova L.N., Kudryavcev V.N. Jelektroliticheskoe hromirovanie. Moskva: Globus, 2007. 191 p.
9. Nikolskiy B.P., Grigorov O.N., Pozin M.E., Poray-Koshits B.A., Rabinovich V.A., Rachinskiy F.Yu., Romankov P.G., Fridrihsberg D.A. Spravochnik himika / gl. red. B.P. Nikolskiy. Moskva: Himiya, 1964. T.3. 1008 p.
10. Vojuckiy S. S. Kurs kolloidnoj himii. Moskva: Himija, 1975. 512 p.
11. Kleshhev N.F., Kostyrkina T. D., Beskova G.S., Morgunova E.T. Analiticheskij kontrol' v osnovnoj himicheskoy promyshlennosti. Moskva: Himija, 1992. 272 p.
12. Pozin M.E. Tehnologija mineral'nyh solej. Leningrad: Himija, 1974. 792 p.
13. Braginskiy L.N., Begachev V.I., Barabash V.N. Peremeshivanie v zhidkikh sredakh: Fizicheskie osnovy i inzhenernye metody rascheta. Leningrad: Khimiya, 1984. 336 p.
14. Vasserman I. M. Himicheskoe osazhdenie iz rastvorov. Leningrad: Himija, 1980. 208 p.

Поступила (received) 30.01.2020

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

**Шорохов Михайло Миколайович (Шорохов Михаил Николаевич, Shorokhov Mikhail Nikolayevich)** – Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, аспірант кафедри хімічної інженерії та екології; м. Северодонецьк, Україна; e-mail: teplopribors@i.ua.

**Суворін Олександр Вікторович (Суворин Александр Викторович, Suvorin Alexander Viktorovich)** – доктор технічних наук, професор, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, завідувач кафедри хімічної інженерії та екології; м. Северодонецьк, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9251-5017>; e-mail: avsuvorin@ukr.net.

**Ожередова Марина Анатоліївна (Ожередова Марина Анатольевна, Ozheredova Marina Anatolievna)** – кандидат технічних наук, доцент, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, доцент кафедри хімічної інженерії та екології; м. Северодонецьк, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3862-1964>; e-mail: ozheredovama@ukr.net.