

## **Новітні ефективні технології кондиціонування біохімічно оброблених стічних вод для повторного промислового використання**

### **The latest effective technologies for conditioning biochemically treated wastewater for industrial reuse**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0119U001067,**

**2. Науковий керівник – к.т.н., доц. Косогіна І.В., Kosogina I.**

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Створено аналітичну довідку щодо основних методів кондиціонування стічних вод. Проведено аналіз усередненого складу стічних вод. Підібрано раціональні умови синтезу нових спеціалізованих реактантів для очищення і електрохімічної стабілізаційної обробки промислових і комунальних біологічно підготовлених стічних вод. Розроблено нову методику проведення електрохімічних досліджень процесів формування накипу і регулювання товщини і структури фазового мікрошару на поверхні металів при стабілізаційній обробці стічних вод. Визначено корозійні характеристики маловуглецевої сталі при різних температурних умовах з інгібітором та окисником при стабілізаційній обробці стічних вод. Встановлено параметри комбінованої дії УЗ і нових стабілізаційних реагентів на доочищену воду з метою утворення міцного фазового мікрошару з антикорозійними захисними властивостями. Виявлено основні закономірності процесів очищення модельних та реальних стічних вод від окремих поліутантів та їх сукупності одиничними реактантами та раціональною їх комбінацією. Запропоновано метод комбінованої дії протинакипного та протикорозійного захисту металу теплообмінного обладнання. Визначено закономірності формування захисних шарів на поверхні теплообміну під дією ультразвуку в залежності від частоти і потужності при спільній спрямованій дії антискалантів та демінералізаторів. Встановлено механізм взаємодії окремих реагентів та їх науково обґрунтованої сукупності з поліутантами різної природи і генезу стічних вод. Розроблено технологічні параметри процесу очищення різного складу вод запропонованими новими реагентами до нормативних вимог їх повторного і оборотного використання в промисловості, теплоенергетиці і в агрокомплексі. Запропоновано технологічну послідовність використання отриманих реактантів водоочищення в технології кондиціонування стічних вод для повторного їх використання.

**(англ.)**

An analytical report on the main methods of wastewater conditioning has been created. The analysis of the average composition of wastewater. Rational conditions for the synthesis of new specialized reactants for purification and electrochemical stabilization treatment of industrial and municipal biologically prepared wastewater have been selected. A new method of conducting electrochemical studies of the processes of scale formation and regulation of the thickness and structure of the phase microlayer on the surface of metals in the stabilization of wastewater treatment has been developed. The corrosion characteristics of low-carbon steel at different temperature conditions with inhibitor and oxidant in the stabilization of wastewater treatment are determined. The parameters of the combined action of ultrasound and new stabilizing reagents on purified water in order to form a strong phase microlayer with anti-corrosion protective properties. The main regularities of the processes of model and real wastewater treatment from individual pollutants and their totality by single reactants and their rational combination are revealed. The method of combined action of anti - scale and anti - corrosion protection of metal of heat exchange equipment is offered. The regularities of formation of protective layers on the heat transfer surface under the action of ultrasound depending on the frequency and power at the joint directed action of antiscalants and demineralizers are determined. The mechanism of interaction of separate reagents and their scientifically substantiated set with pollutants of different nature and genesis of sewage is established. Technological parameters of the

process of water purification of different water composition proposed by the new reagents to the normative requirements of their repeated and reusable use in industry, heat power engineering and in the agrocomplex are developed. The technological sequence of using the obtained water treatment reagents in wastewater conditioning technology for their reuse is proposed.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент України на корисну модель № 148358 Спосіб отримання каталізатору окиснення карбону (II) оксиду з відходів глиноземних виробництв та модифікатора купрум (II) оксиду / Косогіна І.В., Янушевська О.І., Донцова Т.А., Власенко Н.В. – опубл. 28.07.2021р., Бюл. № 30. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1608119/>;
- Патент на корисну модель №143773 Спосіб отримання високоефективного сорбенту на основі відходів глиноземних виробництв / Донцова Т.А., Шворак О.В., Косогіна І. В., Астрелін І.М., Кирій С. О., Герасименко Ю. С., Білоусова Н.А., Нечипорук Д. О. – опубл. 10.08.2020р. Бюл. №15. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1447492/>;

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а новітні підходи до застосування нових реагентів і ультразвукових методів впливу на корозивність води для повторного і оборотного використання в теплоенергетиці доочищеної стічної води дозволила знизити агресивність води і об'єми споживання високоякісної підживлювальної води та витрати на обслуговування і закупівлю теплообмінного обладнання. Використання нових реагентів у поєднанні з УЗ обробкою середовища дозволило створити новий ефективний метод стабілізаційної обробки води для повторного використання. Раціональні умови комплексного впливу реагентів та УЗ випромінювання на воду забезпечать стабільне утворення фазового безпористого мікрошару з антикорозійними властивостями, який не знижує теплообмін між поверхнею металу і теплоносієм, і забезпечує, таким чином, ефективне оборотне використання води в теплових мережах з усуненням локальних поверхневих мікрогальванопар і явищ виразкової корозії.

Встановлення практичних засад одержання і застосування нових реактантів і засобів одночасної комплексної взаємодії усіх інгредієнтів складної суміші органічних, біологічних і мінеральних речовин в біологічно очищених стічних водах відрізняється новизною від існуючого селективного видалення окремих забрудників.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

Розраховано основні техніко-економічні показники для синтезованих реагентів та підтверджено доцільність їх застосування для доочищення стічних вод в порівнянні з товарними високовартісними реагентами.

Вартість синтезованих реагентів водоочищення розрахований на рік їх використання при очищенні стічних вод із потужністю 100м<sup>3</sup>/день, тобто сумарному об'ємі води 25 100 м<sup>3</sup>/рік становить:

- для реагенту в твердій фазі при дозі 0,2 кг/м<sup>3</sup> 45 481 грн/рік (в той час при використанні FeCl<sub>3</sub> такою ж дозою 0,2 г/м<sup>3</sup> річні витрати на реагент складуть 75 300 грн/рік);
- для реагенту в рідкій фазі при дозі 0,04 кг/м<sup>3</sup> – 9136,4 грн/рік (в той час при використанні Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> такою ж дозою 0,04 кг/м<sup>3</sup> річні витрати складуть 18574 грн/рік).

Економічний ефект в грошовому еквіваленті від застосування синтезованих реагентів становить:

- 29 819 грн/рік для реагенту в твердій фазі;
- 9 437,6 грн/рік для реагенту в рідкій фазі.

Економічний ефект від застосування рідкого залізо-алюмінієвого коагулянту – 9 437 грн/рік, сорбційного матеріалу СМ – 276 968 грн/рік за рахунок низької вартості сировини та високої ефективності готового продукту.

### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації)**

Користувачами розробки можуть бути Міністерство охорони навколишнього середовища, а також підприємства, організації та проектні установи, що займаються розробкою установок та застосуванням технологій очищення стічних вод для їх повторного використання. Наробки з наукових досліджень можуть бути складовою міжнародних договорів і грантів з вирішення прикладних проблем водопідготовки і водоочищення (підприємства ТОВ НВО «Екософт», ТОВ «Гантікор» і громадським об'єднанням Вотернет (WaterNet)).

### **8. Стан готовності розробки.**

- Лабораторний зразок випробуваний
- Аналіз впливу продукту на всю систему проведений
- Базові вимоги до виробництва сформульовані
- Технічні вимоги до продукту уточнені
- Первинне оцінювання переваг і ризиків виконане
- Ціннісна пропозиція сформульована

### **9. Існуючі результати впровадження**

Результати роботи використано на ТОВ «Довкілля», що підтверджено Актом випробування-впровадження рідкого комплексного реагенту, отриманого кислотною активацією відходів глиноземних виробництв «червоний шлам» для видалення барвників, та Актом дослідного випробування зразків сорбційного матеріалу для видалення органічних поллютантів різного походження.

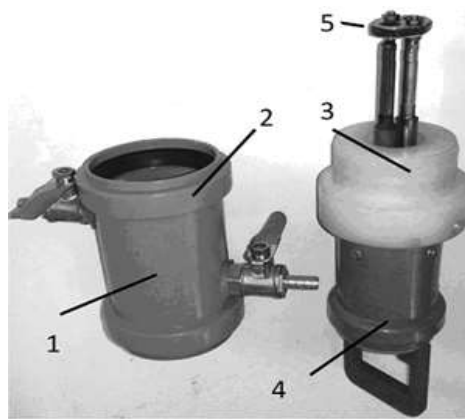
### **10. Назва організації, телефон, E-mail**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» хіміко-технологічний факультет, кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології; кафедра технології електрохімічних виробництв (044) 204-97-35, [kosogina@xtf.kpi.ua](mailto:kosogina@xtf.kpi.ua)

### **11. Фото розробки**



Мікрофотографії отриманих багатофункціональних реагентів водоочищення: а) твердого реагенту; б) рідкого реагенту; в) результати дії рідких багатофункціональних реагентів водоочищення отриманих з відходів глиноземних виробництв



1 - корпус, 2 – ущільнюоче кільце, 3 - герметична пробка, 4 - устрій механічної прочистки, 5 – резинове кільце для прочистки електродів  
Електрохімічна комірка для визначення корозивності водних розчинів

## 12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

1. Astrelin, I. and Kosogina, I. and Kyrii, S. (2020) UTILIZATION PROCESSING OF WASTE OF ALUMINA PRODUCTION INTO WATER TREATMENT REAGENTS. Resource-saving technologies of raw-material base development in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2020. - 514 p. ISBN 978-973-741-694-0 pp. 371-391. doi.org/10.31713/m924
2. Розвиток методу поляризаційного опору та побудова на його основі приладів корозійного контролю: монографія/ Г.С. Васильєв, Ю.С. Герасименко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 288с. ISBN 978-966-622-966-6
3. Vasyliiev, G. S., & Herasymenko, Y. S. (2021). Elevation of the Operating Efficiency of Plate-Like Heat Exchangers in the Presence of Ultrasonic Vibration. Materials Science. doi:10.1007/s11003-021-00478-6  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11003-021-00478-6>
4. N.A. Bilousova, Yu.S. Herasymenko, R.M. Red'ko, H.S. Vasyly'ev, V.I. Vorobiova . Inhibitor Protection of Steel Against Corrosion and Scaling Under the Influence of Ultrasound // Materials Science, 2020. 55(6), pp. 831-839. DOI 10.1007/s11003-020-00376-3
5. Kyrii, S., Dontsova, T., Kosogina, I., Astrelin, I., Klymenko, N., Nechyporuk, D. (2020). Local Wastewater Treatment by Effective Coagulants Based on Wastes. Journal of Ecological Engineering, 21(5), 34-41. <https://doi.org/10.12911/22998993/122184>
6. Dontsova, T. A., Kutuzova, A. S., Bila, K. O., Kyrii, S. O., Kosogina, I. V., & Nechyporuk, D. O. (2020). Enhanced Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> Binary Nanocomposites. Journal of Nanomaterials, 2020, 1-13. doi:10.1155/2020/8349480
7. Астрелін І.М., Герасименко Ю. С., Білоусова Н. А., Косогіна І. В., Редько Р. М. ПРОТИКОРОЗІЙНА ТА ПРОТИНАКИПНА ДІЯ ІНГІБІТОРІВ У КОНДИЦІЙОВАНІЙ СТИЧНІЙ ВОДІ ДЛЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2021. – № 6. С1-9.
8. И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина. Сравнительные характеристики коррозионной активности воды. Вісник ЧДТУ №4, 2019, С. 71-78. DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234
9. Н.А. Білоусова, Ю.С. Герасименко, Р.М. Редько, Г.С. Васильєв, В.І. Воробйова. Захист сталі від корозії та накипоутворення інгібіторами за впливу ультразвуку. Фізико-хімічна механіка матеріалів, 2019, Т. 55, № 6. – с. 49-56.

**13. КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІОХІМІЧНО ОЧИЩЕНІ СТИЧНІ ВОДИ, КОАГУЛЯНТ, СОРБЕНТ, НАНОКОМПОЗИТ, КОРОЗИВНА АКТИВНІСТЬ ВОДИ, НАКИПОУТВОРЕННЯ, УЛЬТРАЗВУКОВА ОБРОБКА