

Застосування електролізу при створенні безвідходних процесів очищення води

Применение электролиза при создании безотходных процессов очистки воды

The use of electrolysis in the creation of waste-free water purification processes

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0118U002086,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Гомеля М.Д., Гомеля Н.Д., Gomelya M.D.**
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.) Запропоновано методи попередньої обробки води перед баромембранними установками з метою видалення переважної кількості солей. Розроблена технологічна схема отримання якісного перміату в кількості 90 – 95 % від початкового об'єму води при її попередній стабілізаційній обробці. Встановлено вплив різноманітних факторів на якість та вихід перміату. Досліджено ефективність використання в процесах стабілізаційної обробки різних реагентів, визначено їх оптимальні дози та умови застосування, розглянуто їх вплив на якість та вихід перміату. Проведено оцінку ефективності процесів баромембранного, іонообмінного та реагентного кондиціонування води з високим рівнем мінералізації, визначено перспективні напрямки їх модифікації. Проаналізовано ефективність розділення сульфатів, хлоридів та інших аніонів при знесоленні води. Досліджено процеси електродіалізу кислих, лужних та нейтральних розчинів сульфату натрію. Розроблено технологічну схему отримання сірчаної кислоти та луку із концентратів баромембранних установок, конструкції електролізерів для реалізації розробленої схеми. Вивчено та розроблено технологічну схему реагентної переробки сульфатвмісних концентратів. Досліджено процеси електродіалізої переробки хлоридних розчинів. Запропоновано конструкції дво- та трикамерних електролізерів для отримання активного хлору та рекомендації щодо їх використання. Розроблено технологічну схему концентрування розчинів хлориду натрію та окислених сполук хлору з використанням високоосновного аніоніту. Обґрунтовано та запропоновано технологію отримання коагулянтів в процесах очищення водних розчинів від хлоридів, технологічну схему перетворення розчину хлориду натрію в соляну кислоту та луг. Розроблено замкнуту технологічну схему водозабезпечення гальванічних виробництв. Визначені оптимальні умови виділення важких металів із солянокислих розчинів. Розроблено технологічну схему очищення води від сполук амонію, визначено умови максимальної ефективності процесу очищення.

(рос.) Предложены методы предварительной обработки воды перед баромембранными установками с целью удаления преобладающего количества солей. Разработанная технологическая схема получения качественного пермиата в количества 90 - 95 % от начального объема воды при ее предварительной стабилизационной обработке. Установлено влияние разнообразных факторов на качество и выход пермиата. Исследована эффективность использования в процессах стабилизационной обработки разных реагентов, определены их оптимальные дозы и условия применения, рассмотрено их влияние на качество и выход пермиата. Проведена оценка эффективности процессов баромембранного, ионообменного и реагентного кондиционирования воды с высоким уровнем минерализации, определены перспективные направления их модификации. Проанализирована эффективность разделения сульфатов, хлоридов и других анионов при обессоливании воды. Исследованы процессы электродиализа кислых, щелочных и нейтральных растворов сульфата натрия. Разработана технологическая схема получения серной кислоты и щелочи из концентратов баромембранных установок, конструкции электролизеров для реализации разработанной схемы. Изучено и разработано технологическую схему реагентной переработки сульфатсодержащих концентратов. Исследованы процессы электродиализной переработки

хлоридных растворов. Предложены конструкции дво- и трикамерных электролизеров для получения активного хлора и рекомендации относительно их использования. Разработана технологическая схема концентрирования растворов хлорида натрия и окисленных соединений хлора с использованием высокоосновного анионита. Обоснована и предложена технология получения коагулянтов в процессах очистки водных растворов от хлоридов, технологическая схема преобразования раствора хлорида натрия в соляную кислоту и щелочь. Разработана замкнутая технологическая схема водообеспечения гальванических производств. Определены оптимальные условия выделения тяжелых металлов из солянокислых растворов. Разработана технологическая схема очистки воды от соединений аммония, определены условия максимальной эффективности процесса очистки.

(eng.) Methods of water pre-treatment before baromembrane installations in order to remove the predominant amount of salts are proposed. The technological scheme of obtaining high-quality permiate in the amount of 90-95% of the initial volume of water during its preliminary stabilization treatment has been developed. The influence of various factors on the quality and yield of permiate has been established. The efficiency of use of various reagents in the processes of stabilization treatment is investigated, their optimal doses and conditions of application are determined, their influence on the quality and yield of permiate is considered. The efficiency of baromembrane, ion exchange and reagent conditioning conditions of water with a high level of mineralization has been evaluated, perspective directions of their modification have been determined. The efficiency of separation of sulfates, chlorides and other anions in water desalination is analyzed. The processes of electro dialysis of acidic, alkaline and neutral solutions of sodium sulfate have been studied. The technological scheme of obtaining sulfuric acid and alkali from concentrates of baromembrane installations, construction of electrolyzers for realization of the developed scheme is developed. The technological scheme of reagent processing of sulfate - containing concentrates is studied and developed. The processes of electro dialysis processing of chloride solutions are investigated. Designs of two- and three-chamber electrolyzers for production of active chlorine and recommendations on their use are offered. The technological scheme of concentration of solutions of sodium chloride and oxidized chlorine compounds with the use of highly basic anion exchange resin is developed. The technology of obtaining coagulants in the processes of purification of aqueous solutions from chlorides, the technological scheme of conversion of sodium chloride solution into hydrochloric acid and alkali are substantiated and proposed. The closed technological scheme of water supply of galvanic productions is developed. The optimal conditions for the separation of heavy metals from hydrochloric acid solutions are determined. The technological scheme of water purification from ammonium compounds is developed, the conditions of maximum efficiency of the purification process are determined.

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

1. Патент України на корисну модель №122541. Спосіб отримання коагулянту для освітлення та знебарвлення води / Гомеля М.Д., Трохименко Г.Г., Шаблій Т.О.– Опубл. 10.01.2018 р., Бюл. №1.

2. Патент РФ №2641930. Способ очистки воды от сульфатов реагентным методом / Гомеля Н.Д., Трус И.Н., Омельчук Ю.А., Храброва Е.А. - Опубл. 23.01.2018 р., Бюл.№ 3.

3. Патент України на корисну модель №125623. Спосіб запобігання корозії, відкладенню осадів та їх видалення з теплообмінного обладнання і трубопроводів водоциркуляційних систем / Кленін О.В., Гомеля М.Д., Радовенчик В.М.. – Опубл. 10.05.2018 р., Бюл. №9.

4. Патент України на корисну модель № 128819. Фільтр для глибокого очищення води / Згуровський М. З., Гомеля М. Д., Дуда Б. І., Мовчанюк О. М., Радовенчик Я. В., Вембер В. В. - Опубл. 10.10.2018 р., Бюл. № 19.

5. Патент України на корисну модель 134010. Спосіб стабілізаційної обробки розчинів при нанофільтраційному знесоленні / Гомеля М.Д., Трус І.М., Руденко І.П., Нечухрін О.В., Ткачук В.М., Сердюк О.О. - Опубл. 25.04.2019 р., Бюл. № 8.

6. Патент України № 120008. Спосіб запобігання корозії, відкладенню осадів та їх видалення з теплообмінного обладнання і трубопроводів водоциркуляційних систем / Кленін О.В., Гомеля М.Д., Радовенчик В.М. – Опубл. 10.09.2019 р., Бюл. №17.

7. Патент України №119462. Спосіб знекиснення води на модифікованих катіонітах / Кленін О. В., Гомеля М. Д. - Опубл. 25.06.2019 р., Бюл. №12.

8. Пат. України №119461. Спосіб видалення кисню із води / Кленін О. В., Гомеля М. Д. - Опубл. 25.06.2019 р., Бюл. №12.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Отримані результати відповідають світовому рівню, а підходи до попередньої обробки води перед баромембранними установками та отримання із концентратів корисних вторинних продуктів не мають аналогів у світовій практиці. На рівні світових знаходяться технології вилучення іонів важких металів із кислих та лужних розчинів. Відповідають світовим тенденціям технології очищення вод різного походження з повною утилізацією відходів, що утворюються в технологічних процесах.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених технологій та обладнання дозволяє значно знизити собівартість та підвищити якість очищення стічних вод та водопідготовки:

- на 80–95 % знижуються обсяги скиду шкідливих речовин в довкілля;
- до 95 % збільшується вихід перміату;
- на 60–80 % знижуються загальні затрати на очищення стічних вод та водопідготовку при запровадженні розроблених процесів утилізації відходів;
- на потужних станціях водопідготовки при впровадженні процесів утилізації відходів за рахунок реалізації вторинної продукції вони можуть стати самоокупними.

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

Результати роботи можуть бути використані в підрозділах Міністерства охорони навколишнього природного середовища, що опікуються станом поверхневих та підземних вод на території України, в інституті колоїдної хімії та хімії води НАН України, інституті «Укрводоканалпроект», на підприємствах міст України, що займаються процесами підготовки високоякісної питної води та очищення стічних вод і вже виявили зацікавленість в таких технологіях. Окремі елементи технологій легко впроваджуються на існуючих станціях водопідготовки міст і окремих підприємств, на станціях очищення шахтних та стічних вод.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені та виготовлені макети обладнання, відпрацьовані відповідні технології і розроблені технологічні рекомендації щодо ефективного застосування розробленого експериментального обладнання та технологій. Можлива розробка дослідно-промислових зразків нового устаткування, які повністю адаптовані до існуючого основного силового обладнання і можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

9. Існуючі результати впровадження.

Отримані при виконанні роботи результати використані для розробки методика глибокого очищення водопровідної води від іонів важких металів (автори - Гомеля М. Д., Іванова В. П.), практичну перевірку котрої проведено на ПАТ "Київський завод РІАП", м. Київ, акт від 21.06.2018 р. та досягнуто домовленості про подальшу співпрацю для її використання. Розроблено та впроваджено установку доочищення артезіанської води від нітратів (автори - Гомеля М.Д., Петриченко А.І.), яку впроваджено в ТОВ "Аква Форсайт", м. Київ, акт від 20.03.2018 р. та досягнуто домовленості про випробування розробленого обладнання з метою його удосконалення.

Форма участі інвестора - частка в проекті – до 49 %.

Обсяг інвестицій – 60 тис. доларів США.

Мета інвестицій - розширення існуючого бізнесу.

10. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, інженерно - хімічний факультет, кафедра екології та технології рослинних полімерів, (044) 236-60-82, m.gomelya@kpi.ua

11. Фото розробки

Відсутні.

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Trus Inna, Halysh Vita, Fleisher Hanna, Gomelya Mukola, Sirenko Liudmila. Complex low-waste technologies for water purification from iron compounds. – London.: Sciemcee, 2018. – 334-348 p.

2. Трус І.М., Флейшер Г.Ю., Воробйова В.І., Гомеля М.Д., Токарчук В.В. Екологічно-безпечні методи знесолення мінералізованих вод та утилізація осади́в у складі будівельних матеріалів. – К.: Кондор-Видавництво, 2018. – 164 с.

3. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д., Радовенчик Я. В. Утилізація та рекуперація відходів / Підручник з грифом Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 246 с.

4. Гомеля М.Д., Шаблій Т.О., Радовенчик Я.В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води / Підручник з грифом Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського. – К.: "Видавничий дім «Кондор»", 2019. – 256 с.

5. Екологічні аспекти керування якістю навколишнього середовища: підручник / І.М. Трус, Я.В. Радовенчик, М.Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2020. – 208 с.

6. Носачова Ю.В., Іваненко О.І., Вембер В.В. Екологічна безпека інженерної діяльності: Підручник. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 212 с.

7. Більш чисті виробництва : підручник / М.Д. Гомеля, Т.А. Оверченко, О.І. Іваненко. - Біла Церква: Вид. О.В. Пшонківський, 2020. – 248 с.

8. Gomelya, M., Trohymenko, A., Hlushko, O., Shabliy, T. Electroextraction of heavy metals from wastewater for the protection of natural water bodies pollution / Eastern-European Journal of enterprise technologies. – 2018. – № 1/10 (91). – С. 55–61.

9. Petrychenko A. Removal of ammonium ions from aqueous solutions using electrodialysis / A. Petrychenko, I. Makarenko, I. Radovenchyk, T. Shabliy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – № 4/6 (94). – P. 26 – 34.

10. Gomelya N., Melnychenko Ye., Radovenchyk I. Purification of wastewater from the ions of copper, zinc and lead using an electrolysis method // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 6, № 10 (96). – P. 42-48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.148896.

11. Ostapenko A.A., Gomelya M.D., Movchaniuk O.M., Trembus I.V. Increasing a testliner strength with chemical supporting materials / Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii, 2019. - № 6 – P. 96 – 108.

12. Trus I. Determining the influence of the medium reaction and the technique of magnetite modification on the effectiveness of heavy metals sorption / I. Trus, N. Gomelya, G. Trokhymenko, N. Magas, O. Hlushko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. –2019. – № 6/10 (102). – P. 49-54.

13. Halysh V., Sevastyanova O., de Carvalho D.M., Riazanova A.V., Lindström M.E., Gomelya M. Effect of oxidative treatment on composition and properties of sorbents prepared from sugarcane residues / Industrial Crops and Products, - 2019. - №139. – P. 111566.

14. Trus I., Halysh V., Radovenchyk I., Fleisher H. 2020. Conditioning of iron-containing solutions. Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 55(2), 486–491.

15. Gomelya N. Synthesis of high-effective steel corrosion inhibitors in water-oil mixtures / N. Gomelya, I. Trus, O. Stepova, O. Kyrlyuk, O. Hlushko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №1/6 (103). – P.6–11.
16. Halysh V., Trus I., Nikolaichuk N., Skiba M., Radovenchyk I., Deykun I., Vorobyova V., Vasylenko I., Sirenko L. Spent Biosorbents as Additives in Cement Production. Journal of Ecological Engineering. 2020; 21(2):131–138.
17. Koliehova A., Trokhymenko G., Magas N., Gomelya N., Trus I. Study of the Process of Electro Evolution of Copper Ions from Waste Regeneration Solutions. Journal of Ecological Engineering. 2020; 21(2):29–38.
18. Halysh V., Trus I., Gomelya M., Trembus I., Pasalskiy B., Chykun N., Trokhymenko G., Remeshevskaya I. Utilization of Modified Biosorbents Based on Walnut Shells in the Processes of Wastewater Treatment from Heavy Metal Ions. Journal of Ecological Engineering. 2020; 21(4):128–133.
19. Gomelya N. Devising a corrosion inhibitor for steel in water-oil mixture / N. Gomelya, I. Trus, O. Stepova, O. Kyrlyuk, O. Ivanenko, A. Khomenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №2/6 (104). – P.28–33.
20. Trus I. Technology of the comprehensive desalination of wastewater from mines / I. Trus, N. Gomelya, V. Halysh, I. Radovenchyk, O. Stepova, O. Levytska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №3/6 (105). – P.21–27.
21. Trus I.M., Gomelya M.D., Makarenko I.M., Khomenko A.S., Trokhymenko G.G. The Study of the particular aspects of water purification from heavy metal ions using the method of nanofiltration / Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu. – 2020. – №4. – P.117–123.
22. Halysh V., Sevastyanova O., Pikus S., Dobele G., Pasalskiy B., Gun'ko V.M., Kartel M. Sugarcane bagasse and straw as low-cost lignocellulosic sorbents for the removal of dyes and metal ions from water / Cellulose, 2020, 27(14), pp.8181-8197.
23. Gomelya M. Utilization of Sodium Chloride Solutions to Obtain Ferrous Chlorides / Mykola Gomelya, Yana Kryzhanovska, Tetyana Shablii, Olena Levytska // Journal of Ecological Engineering, Volume 21, Issue 8, November 2020, pages 177–184.
24. Olena Ivanenko, Tetyana Shablii, Noschova Yuliia. Application of Potassium Ferrate in Water Treatment Processes. Journal of Ecological Engineering (JEE). Volume 21. Issue 7, 2020.
25. Yuliia Nosachova, Valeriya Vember, Iryna Trembus, Tatiana Overchenko. A study of corrosion inhibition processes in demineralized aquatic environments aiming to create resource-efficient productions. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 55, 6, 2020, pp. 2177-2186.
26. Гомеля М.Д., Петриченко А.І., Шаблій Т.О. Вилучення іонів амонію з води електролізом / Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». – 2018. – Том 29 (68). – № 4. – С. 99–105.
27. Shuryberko M., Gomelya M., Shablii T., Chuprova K. Development of reagents for protection of equipment of water supply systems from scale and corrosion / Technology audit and production reserves. – 2018. – № 5/3 (43). – С. 27–32.
28. Gomelya M., Shablii T., Radovenchyk I., Overchenko T., Halysh V. Estimation of the efficiency of ammonia oxidation in anolyte of two-chamber electrolyzer / Journal of Ecological Engineering. – 2019. – V. 20. - № 5. – С. 121–129.
29. Гомеля М.Д., Трус І.М., Глушко О.В. Очистка воды від іонів важких металів відстоюванням, нанофільтруванням та флоатацією / Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, 2019. - Том30(69). - № 2. - С. 204-213.
30. Крисенко Т.В. Якісні реакції для контролю насичення іонів під час іонообмінного пом'якшення води / Крисенко Т.В., Радовенчик Я.В., Глушко О.В., Сіренко Л.В. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. – 2020. – Том 31 (70). – № 1. – С. 71-77.

31. Hlushko O. Efficiency estimation of cation-exchange recovery of heavy metals from solutions containing their mixtures / Gomelya N. Trohymenko G., Shabliy T., Hlushko O. / Technology audit and production reserves. 2018. № 2/3 (40). P.41-48.

32. Мовчанюк О.М., Гомеля М.Д. Продуктивність целюлозних мембран в умовах зміни тиску ультрафільтрації // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». – 2020. – Т. 31 (70). – № 3. – С. 13–17.

33. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д., Радовенчик В.М. Нова концепція знешкодження шахтних вод та концентратів процесів водоочищення // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2020. - №1(19). – С.43-49.

34. Електрохімічна утилізація розчинів хлориду натрію з отриманням хлоридів заліза / Крижановська Я.П., Макаренко І.М., Гомеля М.Д., Шаблій Т.О. // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2020, №1(19). С. 50-59.

13. Ключові слова: очищення води, баромембранні методи, відходи, утилізація відходів, іонний обмін, електроліз, отримання хлориду натрію.