

Захист поверхневих водойм від забруднення біогенними елементами та іонами важких металів

Защита поверхностных водоемов от загрязнения биогенными элементами и ионами тяжелых металлов

Protection of surface water bodies against pollution by nutrients and heavy metal ions

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0116U003766,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Гомеля М.Д., Гомеля Н.Д., Gomelya M.D.**

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Створено нові методи пробопідготовки та аналізу іонів важких металів у воді на основі полярографії, які забезпечують точність на 2-6 порядків вищу від відомих сьогодні методів. Розроблено методики визначення слідових концентрацій іонів важких металів у воді. Досліджено та розроблено нові процеси розділення та вилучення іонів важких металів, хроматів та інших аніонів із кислих та лужних розчинів з отриманням металів та хімічних реагентів, придатних для повторного використання. Створено безвідходні процеси вилучення біогенних елементів із природних та стічних вод при застосуванні іонного обміну, сорбції та біосорбції. Розроблено нові вискоефективні процеси вилучення із водних середовищ сполук азоту, які дозволяють проводити підготовку питної води із природних джерел, забруднених амонієм або нітратами. Створено перспективні та ефективні технології очищення вод різного походження від сполук амонію, нітратів, фосфатів та іонів важких металів, котрі відрізняються повною утилізацією відходів, що утворюються в технологічних процесах. Розроблено конструкції електролізерів (дво- та трикамерних), які дозволяють переробляти елюати, що містять хлориди натрію, кальцію чи магнію з отриманням луку і розчинів гіпохлориту та хлориту натрію, придатних для знезараження води та дезінфекції. Розроблено технологічні процеси переробки регенераційних розчинів в азотні та фосфорні добрива. Запропоновано принципові схеми підготовки та очищення води в ресурсозберігаючих технологіях. Всі технології адаптовано до очищення природних та стічних вод різного походження.

(рос.)

Созданы новые методы пробоподготовки и анализа ионов тяжелых металлов в воде на основе полярографии, которые обеспечивают точность на 2-6 порядков высшую от известных сегодня методов. Разработаны методики определения следовых концентраций ионов тяжелых металлов в воде. Исследованы и разработаны новые процессы разделения и удаления ионов тяжелых металлов, хроматов и других анионов из кислых и щелочных растворов с получением металлов и химических реагентов, пригодных для повторного использования. Созданы безотходные процессы удаления биогенных элементов из природных и сточных вод при использовании ионного обмена, сорбции и биосорбции. Разработаны новые высокоэффективные процессы извлечения из водных сред соединений азота, которые позволяют проводить подготовку питьевой воды из природных источников, загрязненных аммонием или нитратами. Созданы перспективные и эффективные технологии очистки вод разного происхождения от соединений аммония, нитратов, фосфатов и ионов тяжелых металлов, которые отличаются полной утилизацией отходов, получаемых в технологических процессах. Разработаны конструкции электролизеров (двух- и трехкамерных), которые позволяют перерабатывать элюаты, содержащие хлориды натрия, кальция или магния с получением щелочи и растворов гипохлорита и хлорита натрия, пригодных для обеззараживания воды и дезинфекции. Разработаны технологические процессы переработки регенерационных растворов в азотные и фосфорные удобрения. Предложены принципиальные схемы подготовки и очистки воды в ресурсосберегающих технологиях. Все технологии адаптированы к очистке природных и сточных вод различного происхождения.

(англ.)

New methods have been developed for sample preparation and analysis of heavy metal ions in water based on polarography, which provide an accuracy of 2-6 orders of magnitude higher than those known today. Methods for determining trace concentrations of heavy metal ions in water have been developed. New processes of separation and removal of ions of heavy metals, chromates and other anions from acidic and alkaline solutions have been studied and developed to produce metals and chemical reagents suitable for reuse. No-waste processes of removal of biogenic elements from natural and waste waters are created with the use of ion exchange, sorption and biosorption. New highly efficient processes for extracting nitrogen compounds from aqueous media have been developed that allow the preparation of drinking water from natural sources contaminated with ammonium or nitrates. Perspective and effective technologies for purifying waters of different origin from ammonium, nitrate, phosphate and heavy metal ions have been developed, which are characterized by the complete utilization of waste produced in technological processes. Designs for electrolytic cells (two- and three-chamber cells) have been developed that allow the processing of eluates containing sodium, calcium or magnesium chlorides to produce alkali and hypochlorite and sodium chloride solutions suitable for water disinfection and disinfection. Technological processes of processing regeneration solutions in nitrogen and phosphorus fertilizers have been developed. Principles of water preparation and treatment in resource-saving technologies are proposed. All technologies are adapted to purification of natural and waste water of various origin.

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

- Патент на корисну модель №104306 Україна. Спосіб електрохімічного концентрування розчинів / Гомеля М.Д., Трус І.М., Грабітченко В.М. - опубл. - 25.01.2016, Бюл. № 2.
- Патент на корисну модель 104287 Україна. Спосіб вилучення сульфатів із стічних вод при їх пом'якшенні / Гомеля М.Д., Трус І.М., Грабітченко В.М. – опубл. - 25.01.2016, Бюл. № 2.
- Патент на корисну модель 104001 Україна. Спосіб реагентного пом'якшення води / Гомеля М.Д., Трус І.М., Макаренко І.М., Петриченко А.І. – опубл. - 12.01.2016, Бюл. № 1.
- Патент на корисну модель 104003 Україна. Спосіб очищення води від сульфатів реагентним методом / Гомеля М.Д., Трус І.М., Омельчук Ю.А., Храброва О.А. - опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.
- Патент на корисну модель №118183 Україна. Спосіб стабілізаційної обробки води щодо солевідкладень / Гомеля М.Д., Шаблій Т.О., Береза А.Ю. – опубл. 25.07.2017, Бюл. №14.
- Патент на корисну модель 119097 Україна. Багатофункціональна добавка для цементів / Флейшер Г.Ю., Трус І.М., Токарчук В.В., Гомеля М.Д., Воробйова В.І. - опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17.
- Патент на корисну модель 113546 Україна. Спосіб отримання інгібітора накипоутворення та корозії металів у водному середовищі / Гомеля М.Д., Шуриберко М.М., Макаренко І.М., Корда Т.А., Трус І.М. - опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3.
- Патент на корисну модель № 119760 Україна. Спосіб отримання композиційного гранульованого гумінового сорбенту на мінеральному носії для видалення важких металів з води / Гомеля М.Д., Хохотва О.П., Присікайло О.І.– опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а підходи до попередньої пробопідготовки при аналізі вмісту важких металів в гідросфері не мають аналогів у світовій практиці моніторингу довкілля. На рівні світових знаходяться технології розділення та вилучення іонів важких металів із кислих та лужних розчинів, безвідходні процеси вилучення із води біогенних елементів із отриманням азотних та фосфорних добрив. Відповідають світовим тенденціям технології очищення вод різного походження від

сполук амонію, нітратів, фосфатів та іонів важких металів 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 70–90 % знижуються затрати на проведення аналізу природних вод на вміст важких металів;
- на 80–95 % знижуються обсяги скиду шкідливих речовин в довкілля;
- 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 моніторингом стану 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.

Результати роботи впроваджено на ТОВ "Полтавський хлібокомбінат "Кулиничі", ТОВ "Бізнес сенат" (договір №15 від 16.11.2016 р. на суму 60 тис. грн. та договір №09/02-НП від 09.02.2017 р. на суму 30 тис. грн.), при виконанні гранту ДФФД (договір Ф70/126-2017 від 6 липня 2017 р. на суму 60 тис. грн.), випущено та випробувано дослідну партію інгібітору солевідкладень на ПАТ "Київський завод "РІАП".

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

11. Обсяг інвестицій – 80 тис. доларів США.

12. Мета інвестицій - розширення існуючого бізнесу.

13. 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

14. Фото розробки

Відсутні.

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води / Підручник з грифом Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського. – К.: "Кондор", 2016. – 264 с.
2. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Промислова екологія / Підручник з грифом Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського. / О.І. Іваненко, Ю.В. Носачова. – К.: «Кондор», 2017. – 294 с.
3. Трус І.М. Маловідходні технології демінералізації води / Монографія з грифом Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського. – К.: Кондор, 2016. –250 с.

4. Гомеля М. Д., Твердохліб М.М.. Дослідження ефективності очищення води від сполук заліза за допомогою модифікованих фільтрувальних завантажень // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Вип. 2, № 10(80). - С. 47-52.
5. Воробьева В.И. Противокоррозионная эффективность терпеновых соединений / В.И. Воробьева, Е.Э. Чигиринец, М.И. Скиба, Т.Н. Пилипенко, И.Н. Трус // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2016. – №5. – С.75 – 80.
6. Gomelya M., Hrabitchenko V., Trokhymenko A., Shabliy T. Research into ion exchange softening of highly mineralized waters / *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – № 4/10 (82). – P. 4–9.
7. Gomelya M., Trohimennko A., Shablij T. Low-waste ion exchange technology of extraction of nitrogen compounds from water / *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. – № 3/10 (81). – С. 18-23.
8. Shabliy T. Study of effectiveness of heavy metals ions as the inhibitors of steel corrosion / T. Shabliy, J. Nosachova, Y. Radovenchik, V. Vember // *Eastern-European Journal of enterprise technologies*. - 2017, №4/12(88). - P. 10-17.
9. Gomelya N. Evaluation of cationite efficiency during extraction of heavy metal ions from diluted solutions / N. Gomelya, V. Ivanova, V. Galimova, J. Nosachova, T. Shabliy // *Eastern-European Journal of enterprise technologies*. - 2017, №5/6(89). - P. 4-10.
10. Гомеля М.Д. Оцінка ефективності катіонітів при вилученні іонів важких металів з розведених розчинів / М.Д. Гомеля, В. П. Іванова, В. М. Галімова, Ю. В. Носачова, Т. О. Шаблій // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2017. - № 5/6 (89). – С. 4 – 10.
11. Gomelya N., Petrychenko A., Trokhimenko A., Martyniuk Y. Study of using the anionites in low-waste processes of water purification from phosphates / *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. – № 3/10 (87). – P. 36-41.
12. Хохотва А.П., Йохансон-Вестхольм Л. Влияние поверхностных свойств модифицированной сосновой коры на механизм сорбции тяжелых металлов из водных сред / *Химия и технология воды*, 2017, т. 39, № 3, С. 270–282.
13. Воробьева В.И. Противокоррозионная эффективность терпеновых соединений / В.И. Воробьева, Е.Э. Чигиринец, М.И. Скиба, Т.Н. Пилипенко, И.Н. Трус // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2016. – №5. – С.75–80.
14. Trus Inna. Ion-exchange separation of anions for the development of low-waste technologies for water demineralization / Trus Inna, Fleisher Hanna, Viktorya Vorobyova, Hlushko Olena, Mukola Gomelya // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2017. – №6 . – P. 8-13.
15. Гомеля Н.Д. Новые ингибиторы коррозии и отложения осадков для систем водоциркуляции / Н.Д. Гомеля, Т.А. Шаблій, А.Г. Трохименко, М.М. Шуриберко / *Химия и технология воды*, 2017. - № 2 - С. 169-177.
16. Радовенчик Я. В., Радовенчик В. М. Особливості освітлення води матеріалами з капілярними властивостями // *Вісник НТУУ "КПІ". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*, 2017. - № 1 (16). - С. 78-83.
17. Сагайдак І. С., Радовенчик В.М. Ефективність флокулянтів в процесах зниження мутності природних вод // *Економіка природокористування: стан, проблеми, перспективи: Зб. наук. праць III Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Ірпінь, 13-20 березня 2017 р.)*, УДФСУ, - С. 155 – 161.
18. Радовенчик Я.В., Романенко М.І., Радовенчик В.М. Залізомісткі сорбенти для очищення води від нафтопродуктів // *Екологія и промышленность*, 2017. - №1. – С. 74 – 80.
19. Вембер В.В., Гомеля М.Д., Петриченко О.І. Інтенсифікація біологічних процесів при вилученні з води іонів амонію / *Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*, Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2017. – № 1 (16). – С. 53–58.
20. Макаренко И.Н., Трус И.Н., Петриченко А.И., Кийченко А.Ю. Исследование эффективности сорбционной очистки воды от ионов аммония на природных и

- искусственных сорбентах / Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2017. – № 3. – С. 35-48.
21. Гомеля М.Д., Петриченко А.І., Трохименко Г. Г., Мартинюк Я. П. Дослідження вилучення фосфатів на аніонітах та створення безвідходної переробки регенераційних розчинів / Вода и водоочистные технологии, 2017. – № 1 (21). – С. 12-23.
 22. Гомеля М. Д., Хохотва О. П., Малихіна К. А. Фосфоровмісний сорбент на основі целюлозовмісного матеріалу / Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2017. – № 1. – С. 84-90.
 23. Трус И.Н. Использование ионного метода для очистки воды от нитратов / И.Н. Трус, Н.Д.Гомеля, В.И.Воробьева, А.Ю.Флейшер // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – №12. – С. 28-30.
 24. Гомеля Н.Д., Глушко Е.В., Трохименко А.Г., Бутченко Л.И., Электролитическое извлечение ионов тяжелых металлов из солянокислых растворов. / "Энерготехнологии и ресурсосбережение", 2017. - № 1. – С. 60-67.
 25. Гомеля М.Д. Вилучення розчиненого у воді кисню з використанням модифікованих іонітів / М.Д. Гомеля, Т.О. Шаблій, О.І. Іваненко, Т.В. Крисенко / Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2017. - № 1 (16) - С. 65-73.
 26. Гомеля М.Д., Грабітченко В.М., Радовенчик Я.В., Макаренко І.М. Отримання активного хлору електролізом концентратів зворотньоосмотичного опріснення води / Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2017. - № 1. - С. 58-64.
 27. Гомеля, О.М. Терещенко, Є.В. Мельниченко. Очистка стічних вод від іонів міді методом комплексоутворення та флоатації // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник, К.: КНУБА, 2016. Випуск 27 С. 85-89.
 28. Терещенко, І.М. Макаренко, Є.В. Мельниченко. Очистка стічних вод від іонів міді методом комплексоутворення-фільтрації // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування, Миколаїв: НУК, 2017. № 2 (469). С.93-98.
 29. Гомеля М.Д., Сухарева А.С., Трохименко Г.Г. Електрохімічне розділення міді та цинку в процесі іонообмінного очищення води // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2017. - № 3(470). – с. 27-31.
 30. Гомеля М.Д., Твердохліб М.М. Вплив продуктів гідролізу сполук заліза на швидкість його окислення // Збірник наукових праць НУДПСУ. – Ірпінь: 2017. – с. 219-224.
 31. Гомеля Н.Д., Корда Т.А., Носачева Ю.В., Шуриберко М.Н., Потильчак Т.В. Оценка эффективности методов стабилизационной обработки шахтной воды (шахта им. М. Горького, г. Донецк) / Вода і водоочисні технології, 2016. - №1(18). – С.31-38.
 32. Твердохліб М. М., Глушко О. В., Гомеля М. Д. Вплив концентрації заліза на швидкість його окислення у воді // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. – К. : КНУБА. – 2016. – Вип. 26. – С. 82-92.
 33. Гомеля М. Д., Грабітченко В. М., Рисухні В. В. Іонообмінна стабілізаційна обробка мінералізованих вод перед їх зворотньоосмотичним опрісненням / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2016. – № 26. – С. 7-15.
 34. Гомеля Н. Д. Ионообменная очистка воды от нитратов в присутствии хлоридов и сульфатов / Н. Д. Гомеля, В. Н. Грабитченко, Г. Г. Трохименко // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2016. – № 1. – С. 57-65.
 35. Малін В.П., Гомеля М.Д., Галімова В.М. Ефективність застосування катіоніту КУ-2-8 при вилученні іонів міді з води в присутності іонів жорсткості / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. - 2016. - № 26. - С. 45 - 55.

36. Гомеля М.Д., Малін В.П., Глушко О.В. Вилучення йонів міді з води із застосуванням слабокислотного катіоніту DOWEX-МАК-3 / Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження". - 2016. - №1(15). - С.60 - 66.
37. Малін В.П., Гомеля М.Д., Галімова В.М. Оцінка ефективності катіоніту КУ-2-8 при вилученні йонів міді з води в присутності йонів жорсткості / Вода і водоочисні технології. - 2016. - № 2 (19). - С. 10 - 19.
38. Твердохліб М. М., Гомеля М. Д., Хохотва О. П. Ефективність іонообмінних фільтрів для вилучення заліза з води.// Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2016 - № 1. - С. 86-92.

16. Ключові слова: очищення води, відходи, утилізація відходів, пробопідготовка, іонний обмін, електроліз, отримання хлориту натрію.