

CONCLUSION

As apparent from the above values, the issues of micropollutants have to be addressed in the future. The first step to successfully reduce penetration of micropollutants into recipients of our wastewater treatment plants is accurate identification of roads by which micropollutants cross through the processes of cleaning and stabilization.

At the same time it will be necessary to identify the level of risk that these substances carry with them and understanding their effects in the aquatic ecosystems and soils.

By focusing on risk such as microbial resistance and transfer of resistance among bacterial strains we manage to minimize the possibility of penetration of these dangerous pathogens in the environment and can thus increase the effectiveness of currently used antibiotics.

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis formation was supported by the Agency for support of science and research APVV-0122-12.

REFERENCES:

1. Berto, J. et al.: Physico-chemical, microbiological and ecotoxicological evaluation of a septic tank/Fenton reaction combination for the treatment of hospital wastewaters. In *Ecotoxicology and Environmental Safety*. PMID 19167756, 2009, vol. 72, no. 4, s. 1076-1081.
2. Birošová, L., Mackuľak, T., Bodík, I.: Multi-rezistencia koliformných baktérií vo vodách a kaloch ČOV a ich možný dopad na spoločnosť. Zborník abstraktov zo VI. vedeckej konferencie "Mladí vedci – Bezpečnosť potravinového reťazca", Bratislava, 7. - 8. november 2013. - Bratislava: Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, 2013. - ISBN 978-80-970552-8-8. - S. 30
3. Brodin, T., Fick, J., Jonsson, M., Klaminder, J.: Anti-anxiety drug found in rivers makes fish more aggressive. *Science* 2013; 339:814–15.
4. Gyles, C. - Boerlin, P. 2014. Horizontally-Transferred Genetic Elements and Their Role in Pathogenesis of Bacterial Disease. In *Veterinary Pathology*. PMID 24318976, 2014, vol. 51, no. 2, 328-340.).
5. Fedorova, G., et al.: Comparison of the quantitative performance of a Q-Exactive high-resolution mass spectrometer with that of a triple quadrupole tandem mass spectrometer for the analysis of illicit drugs in wastewater. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2013, 27: 1751-1762.
6. Fick, J. et al.: Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. In *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2009, vol. 28, no. 12, s. 2522–2527
7. Gómez, R. et al.: Impact of wastewater treatment plant discharge of lidocaine, tramadol, venlafaxine and their metabolites on the quality of surface waters and groundwater. In *Journal of Environmental Monitoring*. PMID 22446514, 2012, vol. 14, no. 5, 1391-1399.
8. Mackuľak, T. et al.: Fenton-like reaction: A possible way to efficiently remove illicit drugs and pharmaceuticals from wastewater. In *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2015, vol. 39, no. 2, s. 483-488.

УДК 628.16.066.1

Сироватський О.А., Гайдучок О.Г

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ НАПРНОЇ ФЛОТАЦІЇ МАЛОКАЛАМУТНИХ КОЛЬОРОВИХ ВОД

Введення. За теперішнього часу в Україні практично всі водні об'єкти зарегульовані. Внаслідок цього, показники якості вихідної води мають низькі значення каламутності (менш ніж 50 мг/л). У зв'язку з відсутністю руху води та під дією

сонячних променів, а також через скид стічних вод і поверхнево-зливогого стоку утворюються органічні сполуки, які зумовлюють кольоровість поверхневих вод [1]. У багатьох випадках значення кольорово-

сті не перевищує 120 градусів за платиново-кобальтовою шкалою. Погіршення якісних характеристик поверхневої води та підвищення вимог до якості очищеної, вимагають інтенсифікувати роботу існуючих споруд очистки або запроваджувати нові способи очищення. На наш погляд, одним з перспективних методів очищення малокаламутної кольорової води є очищення флотаційними методами [2,3].

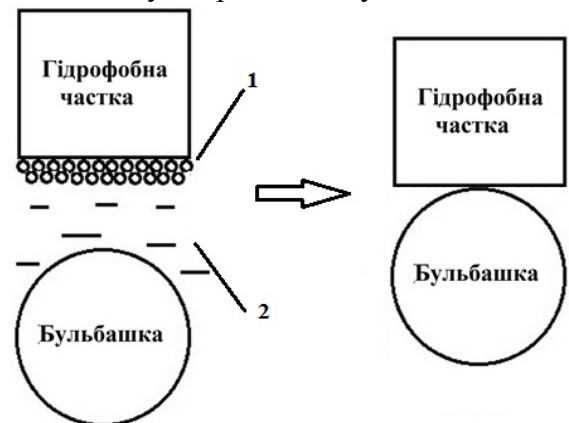
Мета та завдання. Метою дослідження є визначення факторів, які впливають на очищення малокаламутних кольорових вод флотаційними методами.

Результати дослідження. Метод флотації заснований на процесі поділу у водній суспензії або розчині дрібних твердих часток, які адсорбуються на межі поділу фаз у відповідності від їх поверхневої активності або змочування [3-5]. Змочування вважається основною величиною, яка виражається абстрактним значенням, а фізичний зміст її полягає в визначенні величини та знаку флотаційної сили до величини поверхневого натягу на межі «газ – рідина» [6].

Так, частки, які не змочуються водою, вибірково закріплюються на межі поділу фаз «газ – рідина» і відокремлюються від часток, які змочуються водою.

Визначальною стадією флотаційного процесу є елементарний акт флотації, під яким розуміють закріплення одиничного зерна на поверхні поділу фаз [4,5]. Він складається з двох послідовних етапів: зближення частки з бульбашкою, який здійснюється за рахунок гідродинамічних факторів, а також прилипання, що відбувається за рахунок поверхневих сил [7,8]. При зближенні у воді бульбашки повітря з твердою гідрофобною часткою (рис.1), прошарок води, що розділяє їх, складається з двох частин, які мають різні властивості: вода з постійними властивостями (така вода видаляється зі щілини між часткою та бульбашкою досить легко), а також води у вигляді гідратного шару, що володіє специфічними властивостями. Вчені [5] вважають, що ці властивості пов'язані з невірноваженістю сил, що діють

з боку дотичних фаз, внаслідок чого молекули поверхневого шару знаходяться в особливому енергетичному стані.



1 – гідратний шар; 2 – прошарок води зі звичайними властивостями.

Рис. 1. Прилипання бульбашки до гідрофобної частки

Етап завершується досягненням критичної товщини гідратного шару при якому починають діяти поверхневі сили з помітною інтенсивністю [7]. Внаслідок цього і відбувається прилипання бульбашки до частки.

Згідно з другим законом термодинаміки, елементарний акт флотації можливий, якщо вільна енергія системи після закріплення бульбашки на частці менш ніж вільна енергія системи до закріплення, тобто роз'єднані бульбашки і завислі частинки, мимовільно переходять в більш стійкий стан - агрегати із завислих частинок та бульбашок, що прилипли.

$$E_1 > E_2 \quad (1)$$

Величина вільної енергії системи до закріплення:

$$E_1 = S_{gp} \sigma_{gp} + S_{mp} \sigma_{mp} \quad (2)$$

де S_{gp} , S_{gp} – площа поверхні розділу газу та рідини, твердого тіла та рідини; σ_{gp} – поверхневий натяг на межі поділу фаз «газ – рідина»; σ_{gp} – поверхневий натяг на межі поділу фаз «тверда частка – рідина».

Величина вільної енергії системи після закріплення бульбашки на частці:

$$E_2 = (S_{gp} - 1) \sigma_{gp} + \sigma_{mg} + (S_{mp} - 1) \sigma_{mp} \quad (3)$$

σ_{gp} – поверхневий натяг на межі поділу фаз «тверда частка – газ».

Підставивши в умову (1) рівняння (2) та (3), отримуємо:

$$E_1 - E_2 = \Delta E = \sigma_{zp} - \sigma_{mz} + \sigma_{mp} > 0 \quad (4)$$

Крайовий кут змочування у рівноважних умовах визначається як:

$$\sigma_{mz} = \sigma_{mp} + \sigma_{zp} \cos \Theta \quad (5)$$

$$\cos \Theta = \frac{\sigma_{mz} - \sigma_{mp}}{\sigma_{zp}} \quad (6)$$

Підставивши рівняння (6) в отриману умову (4), остаточно маємо:

$$\Delta E = \sigma_{zp} (1 - \cos \Theta) \quad (7)$$

Приведенні рівняння показують, що спад вільної енергії системи тим більш, чим більший крайовий кут змочування, тобто більша гідрофобна частка [9].

Зміна вільної енергії гідратного прошарку під час зменшення відстані між бульбашкою та часткою йде поступово. При зближенні частки та бульбашки до товщини залишкового гідратного шару h_2 (рис.2) процес йде без зростання вільної енергії цього прошарку. Після досягнення деякої критичної відстані h_3 , прошарок води стає тонким і вкрай нестійким. Починаючи з цього моменту, вільна енергія прошарку, при подальшому зменшенні, починає різко знижуватися. Отже, подальше прилипання здійснюється мимовільно з дуже великою швидкістю [6].

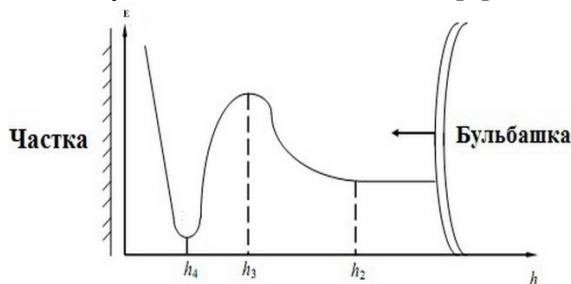


Рис. 2. Зміна вільної енергії під час зменшення гідратного прошарку

Ймовірність закріплення частки визначається можливостями прилипання частки та збереження її на бульбашці, оскільки в загальному випадку можливий відрив спочатку частки, що прилипла, під дією сили тяжіння або під впливом сил інерції. Ці сили пропорційні об'єму частки, тобто великі для великих часток і малі для тонких. Наприклад, сили відриву для

часток розміром 100 мкм в 10^6 разів більше ніж для частки розміром 1 мкм.

Кінетика подолання (4) зодного прошарку між часткою та бульбашкою визначає кінетику прилипання бульбашки до частки в результаті їх зіткнення. Для утворення комплексу необхідні дві умови:

1. Кінетична енергія часток і бульбашки, що стикаються, повинна зруйнувати водний прошарок, яка їх розділяє.

2. Тривалість контакту бульбашки з часткою при зіткненні повинна бути достатньою для видалення води зі щілини між часткою і бульбашкою.

Необхідні рівні кінетичної енергії та часу контакту менш для гідрофобних поверхонь і більше для гідрофільних поверхонь часток. Також ці рівні залежать від форми часток. При зіткненні бульбашки з гострокутною часткою, руйнування гідратного прошарку та видалення води зі щілини буде проходити значно краще, ніж при зіткненні бульбашки з плоскою поверхнею частки. Таким чином, бульбашки легше і міцніше прилипають до часток неправильної форми, що зумовлює використання коагуляції або флокуляції для інтенсифікації флотаційного процесу.

Не менш важливим фактором є розмір бульбашки, бо від розміру залежить швидкість підняття бульбашки, ймовірність та сила прилипання її до частки, а також траєкторія руху.

Дрібні бульбашки (менш ніж 0,2 мм) можна уявити як тверді сфери. Кінцева швидкість їх підйому в воді знаходиться в ламінарній області режимів руху, тому може бути розрахована за законом Стокса. При збільшенні бульбашок до 2 мм зберігається сферична форма, причому число Рейнольдса ще досить незначне ($Re < 400$), тому швидкість спливання бульбашок також відповідає закону Стокса. У бульбашках величиною приблизно 1 мм і більше (до розміру, при якому вони починають розпадатися) може встановитися внутрішня циркуляція, що викликає значне збільшення швидкості підйому. Бульбашки більше 2 мм набувають форму еліпсоїдів [10, 11].

Розміри часток, які обумовлюють каламутність та кольоровість, за класифікації вод по фазово-дисперсному стану домішок знаходяться в межах $10^{-1}-10^{-2}$ мкм

[12]. Розміри ж бульбашок повинні знаходитись в межах 15-30мкм, а отже, будуть мати сферичну форму та швидкість підйому в ламінарній області режимів руху, тому можуть розраховуватись за законом Стокса.

Як видно з викладеного для побудови математичної моделі необхідно враховувати такі фактори як: крайовий кут змочування, розмір і форму бульбашки, а також сили, які допомагають приєднати бульбашку та завислу частку і підняти агрегат, що утворився, на поверхню.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: Навчальний посібник / [С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк та ін.]. – Харків: Фактор, 2010 – 192 с.
2. Сыроватский А.А. Пути повышения эффективности очистки природных маломутных цветных вод методом напорной флотации / А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, А.Г. Гайдучок, Ю.М. Рыбачук // Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – № 2 (80). – С. 209-213.
3. Сыроватский А.А. Повышение качества очистки маломутных цветных вод / А.А. Сыроватский, А.Г. Гайдучок // Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – № 4 (82). – С. 154-158.
4. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. – 383 с.
5. Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н. Микрофлотация: Водоочистка, обогащение. – М.: Химия, 1986. – 112 с.
6. Алексеев Д.В., Николаев Н.А., Лаптев А.Г. Комплексная очистка стоков промышленных предприятий методом струйной флотации. – Казань: КГТУ, 2005. – 156 с.
7. Рубинштейн Ю. Б., Филиппов Ю.А. Кинетика флотации. – М.: Недра, 1980. – 375 с.
8. Haarhoff, J. Dissolved air flotation: progress and prospects for drinking water treatment. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 2008, 57 (8), P.555-567.
9. Бабенко С.П. Методы очистки воды от взвешенных веществ и пути их совершенствования / С.П. Бабенко// Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип.4 (82). – С. 158-161.
10. Дж. Перри. Справочник инженера – химика. Т.2 (Перевод с англ. под ред. акад. Жаворонкова Н.М. и чл.-корр. АН СССР Романкова П. Г.). М.: Химия, 1956. – 504с.
11. Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика. Учеб. пособ для вузов. – М.: Физматлит, 2010. – 520 с.
12. Куликов Н.И. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: изд-во «Нолудж» (Донецкое отделение), 2009. – 298с.

УДК 628.355

Эпоян С.М.,
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С.,
Харьковская электротехническая компания
Зубко А.Л., Штонда Ю.И.,
ООО «ЭКВИК», г. Харьков
Штонда И.Ю.
ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»

**ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД НА МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

Эффективная работа существующих канализационных очистных сооружений

по очистке от загрязнений сточных вод является очень важной экологической и социально-значимой задачей.