

УДК 631.3

І.Є. Цизь к.т.н., доц., С.М. Хомич к.т.н., доц.

Луцький національний технічний університет, Україна

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У В'ЯЗКИХ РІДИНАХ

I.E. Tsiz Ph.D., Assoc. Prof., S.M. Khomych Ph.D., Assoc. Prof.

ANALYSIS OF RESEARCH OF AIRFLOW MOTION IN VISCOUS LIQUIDS

Існує багато способів відновлення прісноводних, озер які перебувають на стадії евтрофії. Дані способи використовуються залежно від конкретних умов формування, розташування, стадії евтрофії та необхідних фінансових затрат. До найбільш кардинальних способів належать днопоглиблювальні роботи та видалення осадів (сапропелю) [1, 2]. Які у подальшому використовуються в якості органічного добрива.

Для здійснення видалення сапропелю та днопоглиблювальних робіт найбільшого поширення набули машини з механічними та гідравлічними робочими органами [3, 4]. Проте їхні конструкції є складні та здійснюють багатоопераційні робочі процеси з високими витратами енергії [5, 6]. Значно спростити конструкцію дозволяє засіб, який передбачає використання енергії стисненого повітря [7]. Важливим елементом у пневматичному засобі для добування сапропелю є забірний пристрій у якому відбувається формування повітряно-рідинної суміші. Для забезпечення якісної роботи засобу загалом необхідно дослідити теоретично та експериментально процеси взаємодії потоку повітряних бульбашок із в'язкою рідиною (сапропелем).

Процеси взаємодії потоку повітряних (чи інших газів) бульбашок із рідинами використовуються у значній кількості технологічних процесів. У праці [8] проведено систематизацію досліджень потоку повітряних бульбашок у воді за галузями де він використовується. Так потік повітряних бульбашок використовується під час відновлення евтрофних озер шляхом аерації. Дослідження у даному напрямку, описані у праці [1], стосуються методики дослідження аерації води в озерах за різних параметрів подачі повітря, розподілу бульбашок за розміром та теоретичного моделювання вертикального потоку повітряних бульбашок. Експериментальні дослідження потоку повітряних бульбашок під час розчинення твердих речовин у рідинах передбачали використання лабораторної установки із формування умов квазістатичного режиму [9]. У результаті досліджень було встановлено відривний розмір бульбашок повітря з отворів барботеру та визначено розподіл енергії в апараті для розчинення під час пневматичного перемішування рідини в межах квазістатичного режиму руху за різних витрат повітря. Дослідження турбулентності потоку повітряних бульбашок, що створюється у резервуарі на станції очищення стічних вод наведено у праці [10]. Експерименти проводились з метою встановлення швидкості води у великому об'ємі за межами ядра бульбашкового шлейфу із використанням лазерної доплерівської анемометрії. Для моделювання процесів, що мають місце у ливарному ковші під час введення у рідкий метал газифікованих елементів досліджувався рух потоку повітряних бульбашок у воді [11]. Отримані в результаті дослідження фізичної моделі результати були використані для уточнення математичної моделі реального процесу. Дослідження наведені у праці [12] стосуються потоку повітряних бульбашок, який має місце у ядерних реакторах з киплячою водою пасивного типу. Експерименти дослідників стосувались встановлення емпіричних коефіцієнтів необхідних для уточнення математичної моделі великих вихорів. Значний обсяг теоретичних досліджень з моделювання потоку повітряних бульбашок здійснив Brevik I. [8, 13].

Оригінальні методики експериментальних досліджень потоку повітряних бульбашок наведено у працях [14]. Згідно цих досліджень для візуалізації потоку

повітряних бульбашок використовувались попередньо підготовлені рідини, додаткові джерела освітлення та швидкісні цифрові відеокамери.

Таким чином у галузі дослідження потоку повітряних бульбашок здійснено велику кількість експериментальних досліджень, які дозволяють зрозуміти багато його особливостей та передбачають використання широкого кола експериментального обладнання. Проте, стосовно визначення меж потоку, які необхідно знати для обґрунтування форми корпусу забірної пристрою засобу для добування сапропелю, інформація із доступних джерел є недостатньою. Тому вимагає дослідження процес руху потоку повітряних бульбашок саме у середовищі сапропелю. Але оскільки візуальне спостереження руху потоку бульбашок повітря у сапропелі обмежене його прозорістю то за аналогією із розглянутими вище дослідженнями доцільно використовувати моделюючі прозорі рідини.

Література

1. Gafi, M., Kettab, A. Eutrophication In Surface Waters. European university publishing, Deutschland (2020).
2. Kimberly, L. et al. Manitoba Prairie Lakes: In-Lake Remediation Treatment Summary. International Institute for Sustainable Development (IISD) (2016).
3. Bodak, V.I. Development and research of mechanisms for extraction of sapropels. Doctor's thesis. Lutsk, Ukrainian (1996).
4. Stankevica, K., Burlakovs, J., Klavins, M., Vincevica-Gaile, Z. Environmental and economic aspects of small freshwater lake sustainable use: Lake Pilvelis example. SGEM 2014 GeoConference Proceedings on Ecology Economics, Education and Legislation, 3, 127-134 (2014).
5. Khlopetskyi, R.A. Improvement of technology and means for extraction of lake sapropels from under water layer. Doctor's thesis. R. A. Khlopetskyi. Lviv: [in Ukrainian]. (2016).
6. Shimchuk, O.P. Substraction of module parameters for extraction of lake sapropels. Extended abstract of candidate's thesis. "Machines and Means of Mechanization of Agricultural Production". Ternopil: [in Ukrainian]. (2009).
7. Tsiz, I. Homich, S. Experimental research of working process of pneumatic intake device for sapropel extraction. INMATEH, Agricultural Engineering Vol. 40, No. 2. 67-72 (2013).
8. Brevik, I., Kristiansen, O. The flow in and around air-bubble plumes. International Journal of Multiphase Flow 28, 617–634 (2002)
9. Danylyuk, O.M., Atamanyuk, V.M., Gumnitskiy, Ya. M.. Simulation of the motion of compressed air bubbles in a pneumatic stirring apparatus. Simulation contened transport processes. Optimization of equipment and systems. (Vol.1), Ukrainian, 61-65 (2018).
10. García, C. M., & García, M. H.. Characterization of flow turbulence in large-scale bubble-plume experiments. Experiments in Fluids, 41(1), 91-101 (2006)
11. Sheng, Y., Irons, G. The impact of bubble dynamics on the flow in plumes of ladle water models. Metallurgical and materials transactions, volume 26B, 625-635 (1995).
12. Milelli, M. A numerical analysis of confined turbulent bubble plumes. A dissertation submitted to the Swiss federal institute of technology Zurich, Switzerland (2002).
13. Brevik, I. Two-dimensional air-bubble plume. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, ASCE 103, 101–115 (1977).
14. Kitagawa, A., Sugiyama, K., & Murai, Y. Experimental detection of bubble–bubble interactions in a wall-sliding bubble swarm. International journal of multiphase flow, 30(10), 1213-1234 (2004).