

Назаренко О.М., Назаренко І.А., Кравцов В.В., Бахтін В.І.,
Кузьменко А.А., Жолуденко М.В.

Інженерний інститут Запорізького національного університету

(вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, 69600, Україна; e-mail: znu@znu.edu.ua; ORCID 0000-0003-3738-1129; ORCID 0000-0003-4200-4424; ORCID 0000-0003-4511-1137; ORCID 0000-0001-5160-1218)

РОЗДІЛЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ВОДНИХ СУМІШЕЙ ДИФУЗІЙНОЮ ТУРБУЛІЗАЦІЄЮ

В роботі досліджується умови для створення надкритичних течій потоку для відцентрового осадження завислих речовин. Розраховано потенційне кавітаційне число та умови проходження процесу для можливого керування очищенням. Встановлено граничні межі проходження контрольованого процесу та перспективи та обмеження в природних умовах. Виявлено кількість осаду для використання в народному господарстві при різних режимах роботи установки.

Ключові слова: біоценоз, насос, завислі речовини, механічна ерозія, наноси, ложе водоймища, річний стік, температура, насичена пара, довжина озера.

Вступ. Природній біоценоз водоймищ вкрай складна система, у якій існують мікрофлора та фауна. Додаток техногенних ресурсів іноді спричиняє поступову деградацію більш чутливих видів (вимирання видів!), та в найкращому випадку в прибережній зоні поповнюють поверхневий стік (локальне доочищення).

Матеріали і методи досліджень. В роботі продовжується гідрологічні дослідження та математичні пошукування таких вчених, як Багнольд П.А., Прандтль Д., Хосокава Т., Івасакі М., Товажнянський Г.Г., Аніщенко Л.Я, Стольберг Ф.З., Шипулін В.Д. Зазвичай гідрологічні вимірювання проводяться в природних умовах, автори пропонують використання техногенних потоків для потреб громади.

Мета та завдання. Дана робота виконувалась у відповідності до вимог надійності систем водопостачання та забезпечення прогнозу сталості економічного розвитку країн та суспільства. Враховані вимоги забезпечення сталості розвитку прісноводних ресурсів програми «Інтегроване управління водними ресурсами».

Мета роботи. Дослідження накладних витрат ресурсозберігаючих технологій місцевої громади.

Завдання роботи. Оптимізація умов використання техногенних стоків для поповнення балансу місцевого водоймища.

Результати дослідження. Зазвичай хімічними індикаторами є жорсткість води, лужність води, рН, солевміст та концентрація можливих токсичних речовин. Відповідні датчики знаходяться у характерних створах та в поточному чи ручному режимах контролюють хімічний склад речовин, у разі необхідності корегують буферним об'ємом рекреаційних озер.

Для підтримки відновлення поверхневих вод в рекреаційних озерах застосовуються подвійна фільтрація крізь зернисті цеоліти та електромагнітна турбулізацію.

З метою підтвердження теоретичних даних першоджерел проводилось дослідження щодо створення надшвидких течій для формування кавітаційних режимів по очищенню стічних вод. Результати досліджень зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Індикаторні параметри початку кавітаційного процесу.

Номер режиму роботи	Тиск атмосферного повітря, кПа	Тиск водяних парів, кПа	Щільність речовини, кг/см ³	Кавітаційне число
1	75000	70117	950	0,594
2	101630	54000	1000	4,74
3	96500	67890	910	3,105
4	77500	69015	819	1,023
5	78100	63450	845	0,82

Результати досліджень свідчать, що 1 і 5 режими роботи системи водопостачання

наблизились до початку процесу. Дані дослідників свідчать, що значення кавітаційного числа менш 0,5 – виділяє суперкавітаційний режим процесу. Значення більше 5 – сплошний ламінарний режим. Інтервал від 1 до 5 – докавітаційний сплошний режим, однофазний потік. Значення від 0,5 до 1 – плівкова кавітація зі стабільним відділенням кавітаційної порожнини від потоку. Інтервал 0,99 – 1 – двофазна рідина.

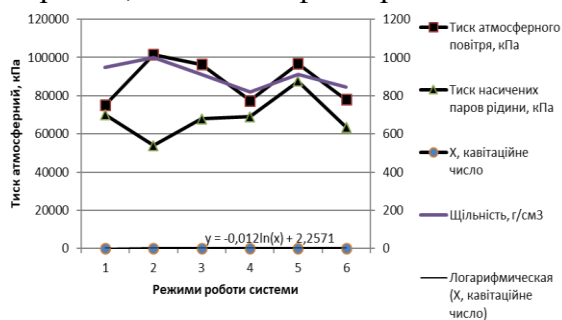


Рис. 1. Контрольовані режими роботи кавітаційної системи.

Досить цікавим питанням є зниження в'язкості рідини для участі її в процесі відновлення ресурсу. Результати дослідження представлені на рисунку. 2.

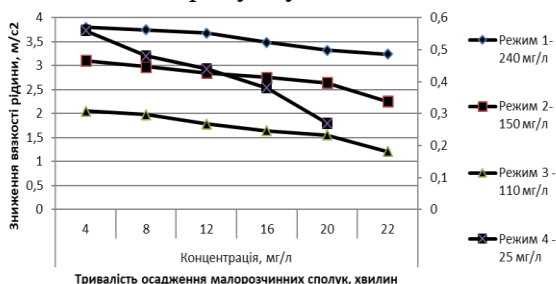


Рис. 2. Тривалість осадження сполук.

Суспендовані відкладення в технологічних заливах (озерах) зазвичай збільшуються вище по потоку для отримання зниження каламутності при впаданні в поверхневе водоймище. Межі проникнення сольового розчину с концентраціями значно збільшилися відносно умов відкритого басейну. Метою дослідження є визначення параметрів масштабування, які визначають чутливість до типу осаду (від піска до глини), до припливів і посух річкових потоків. Визначаючи довгострокову стабільність батиметрії озер, незважаючи на безперервні великі потоки опадів і відливів, додатковою метою є визначення процесу

зворотного зв'язку, які підтримують цю стабільність комплексу.

Автори (2017) вперше описали механізми, відповідальні за захоплення тонких відкладень, а саме гравітаційного кругообігу, нелінійності в приливних динаміках і затримки між ресуспендуванням та заселенням.

В результаті досліджень наносів берегової лінії, ложа та промислових випусків описана природа розподілу осаду в приливних лиманах і вказані ймовірні механізми контролю. Найважливіші ознаки, включають: походження, як суспендованих, так і поверхневих осадкових шарів, переважно морського походження; ознаки відставання між піками в струмі і концентрації до 4 днів для весни–цикл оберту; відставання, які пов'язані з кумулятивною ерозією і затримкою осідання для більш дрібних частинок; лаги, які є незначними для частинок з діаметром $d \geq 100$ мкм (швидкість відстоювання $W_s \geq 0,01$ м/с) і пік припинених концентрацій (ППК) широко спостерігається, часто пов'язаний з висхідним потоком меж гравітаційного сольового вторгнення і типовими розмірами частинок $100 > d > 8$ мкм.

Моделювання осадження виконано при $W_s = 3 \times 10^{-4}$ м/с, що узгоджується з спостережуваними діаметрами частинок в діапазоні $10 < d < 20$ мкм.

Автори (2019) описують вимірювання наносів в річці Конка, де припливний діапазон коливається від 2 м до 6 м. Відзначено різницю в коливаннях концентрацій компонентів за весняний цикл біля 22%. Також відзначено переважання мулу $20 < d < 40$ мкм, як суспендованого, так і накопиченого всередині потоку річки. Висловлено припущення про ресуспензію, припливні накачування і гравітаційну циркуляцію мулу. Авторі також відзначають важливість флокуляції тонких відкладень у суспензії та швидку зміну щільності нещодавно осаджених опадів. У подальшому дослідженні визначено, що головним чином пов'язані з внутрішньо генерованими нелінійностями з трьома домінантними ефектами: (а) асиметрія, що домінує до повеней,

(б) річковий потік, (в) відстоювання відставання, що здійснюється через збіжність наносів по ширині. Осьові зміни в глибині не виявилися важливими. Для забезпечення загального балансу відкладень, необхідна ерографічність ложа водоймища.

Дана модель вводить часовий інтервал між піками в поточній швидкості і концентрації речовин кожні 45 хвилин.

На практиці зустрічаються випадки перевищення концентрацій малорозчинних сполук, що призводить до осадження грубодисперсних частинок. Часткове тертя по ложу водоймища, процес накопичення частинок та їх цементация проходить під впливом гідродинамічної сили. В результаті дослідження по батиметричних датчиках виявлено щорічне підняття ложе на 12 мм (природний стан). Вплив техногенного середовища може підняти рівень ложе на 37 мм за рік. Звісно, підхід передбачає безпосередню інтеграцію виразів для припливних течій: динаміки, солемісту потоку, руху осаду в природньому каналі.

Аналітичний емулятор застосовується в сильно припливних (змішаних) воронкоподібних формах в естуаріях і включає процеси, які виражені в мілководних лиманах з трикутними перерізами.

Емулятор забезпечує чіткі ілюстрації залежностей параметрів і дозволяє визначити умови нульового потоку чистого осаду. Поки результати певною мірою залежать від апріорних припущень, підход має перевагу: а) відносно математичних припущень; б) загального застосування в широкому діапазоні параметрів, а саме амплітуди приливної піднесення ξ^* , глибини води D , річкового потоку Q , типа осаду або швидкості осадження W_s і коефіцієнту тертя f .

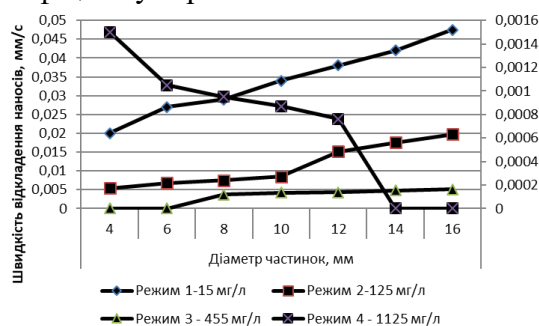


Рис. 3. Залежність випадіння осаду від діаметра частинок осаду.

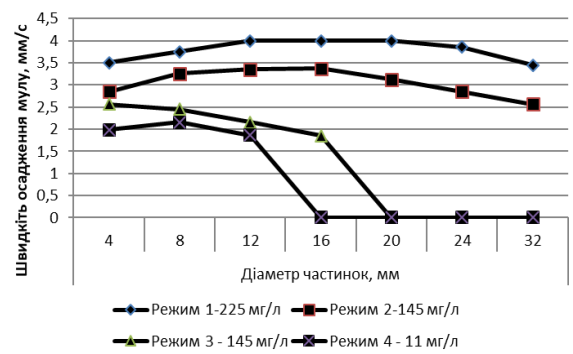


Рис. 4. Залежність випадіння осаду від діаметра частинок осаду.

Дослідження якості буферної зони стосується фізико-хімічних процесів, що відбуваються на річковому ложе. Загально визнано, що один з основних критеріїв оцінки якості водної системи – це вміст кисню, оскільки відображаються умови гіпоксії або аноксії потенційними умовами хімічних або біологічних забруднень. Розчинений кисень природної системи (прибережні та озерні води) відображає стан екосистем і вплив декількох фізичних, хімічних і біологічних процесів. Кисень бере участь в основних процесах - фотосинтез, деградації органічної речовини та бактеріальній нітрифікації. Осадження відіграють також важливу роль у біогеохімічних процесах, що відбуваються в природній системі, а саме прибережні та озерні води впливають на баланс розчиненого кисню в дослідному об'ємі води. Під час транспортування і осадження можуть виникати відкладення, що утворюються в результаті декількох хімічних і біологічних процесів. Біологія системи відкладень може опосередковувати реакцію ложа на фізичні сили.

Накопичення відкладень в приливних зонах може вплинути на рослинність: роль вегетації є складною і має географічну специфіку, на яку впливають різноманітні фізичні фактори, як місцева топографія, хвильовий режим, потік та розміри донних відкладень. Об'сяг живих коренів водоростей, зайнятий різними видами рослин, може бути важливим за рахунок додавання самого обсягу, а також зв'язування відкладень і мінімізації повторного суспендування.

Кисень також бере участь в основних процесах, що відбуваються у верхньому

шарі опадів ложа, а саме: проникнення кисню в донні відклади, дихання осаду, процесу нітрифікації в опадах. В присутності кисню амонійний азот може бути перетворений в нітратний азот (нітрифікація). Це впливає на ріст рН, стан потоку, солоність і каламутність. В умовах низького вмісту розчиненого кисню нітратний азот може бути перетворений в азот (денітрифікація). Частка осідає на донних відкладеннях при спокійних водоймах. Також органічний азот може бути перетворений в амонійний азот шляхом бактеріального розкладання або мінералізації перед тим, як можна зайняти фітопланктоном. Коливання осаду, яке безпосередньо пов'язане з потоком розкладання органічних речовин до дна, є ключовим фактором для багатьох ранніх процесів діагенезу в осаді. Ситуація низької концентрації кисню донної води і високі показники седиментації органічної речовини збільшують важливість анаеробної деградації.

В дослідженнях наведено випробування гідромеханічних процесів на водних потоках з різною морфологією, що призводить до необхідності закручування (трансформації) середовища. Зміна траєкторії руху пов'язана з турбулізацією потоку (структури) і гравітаційним осіданням дрібно- і грубодисперсних часток до 0,25 мкм. Єдиноразова (природна) перешкода досягає зменшення діаметру часток на 0,05 мкм (2%). Подібні результати говорять про необхідність довгого механічного кондиціонування води для підвищення її якості до 50%.

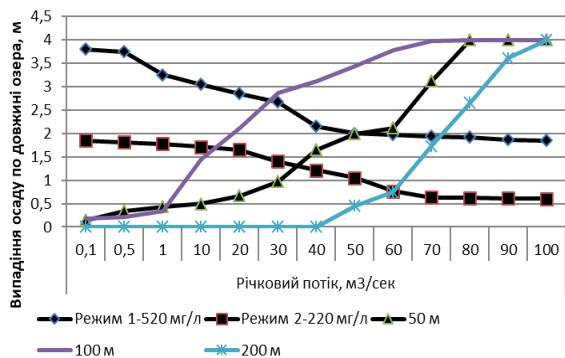


Рис. 5. Залежність випадіння осаду від потужності потоку.

Поточна потреба свідчить про необхідність застосування механічних пристроїв (завихрювачів), так як в природних умовах потрібно підняти якість води в 25 разів. Використання корисних конструкцій допомагає підвищити швидкість потоку на 44%, знизити в'язкість у воронці на 7%. Застосування подібних конструкцій з напівпогружними перегородками знизять концентрацію завислих речовин на 12%, а в'язкість в зоні турбулізації знизиться на 8%.

Примітка циклічного процесу зародження потоку (5... 25) разів організують стаціонарний режим очищення промислового застосування. Лабораторний досвід забезпечує можливість вивчення трансформації морфології потоку і зниження кількості завислих речовин.

Моделювання закручування потоку, шляхом управління кутом крутки каверни, надає додаткові результати відновлення води, табл. 2.

Слід показати, що дослідження виявило можливості відтворення хімічних показників якості води, але на 5...11 циклів). В середньому 1 цикл триває 3 хвилини, залежно від потужності системи установки. Виявляється що для повного відновлення потрібно 11 циклів дорівнює 33 хвилини.

Результати таблиці 2 свідчать про новоутворення озону при температурі (105...107)°C (кут 5 градусів), який в ході реакції багаторазово взаємодіє в умовах турбулентної реакції з молекулами забруднювача та знешкоджує їх в стадії адсорбції. Наступна тенденція (кут 6 градусів) надає результати вже плівкового кипіння (109...115)°C, в результаті якого молекули озону утворюються в верхньому шарі рідини та адсорбують тільки верхню частку забруднень, та не просочуються вглибину потоку. Динаміка (кут 15 градусів) свідчить про гальмування процесу утворення (115...120)°C озону. Виникає перехідний процес, в результаті якого відбувається турбулізація потоку, але власна потенціальна енергія гальмує розвиток адсорбування забруднювача, тобто виникає надлишок енергії який уповільнює процес адсорбції.

Таблиця 2 – Показники якості води через зміну кутів крутки сопла Вентурі

Показник	Кут 5°	Кут 6°	Кут 15°
Жорсткість початкова, мг-екв/л	4,8	4,8	4,8
Жорсткість остаточна, 1 цикл, мг-екв/л	4,2	4,7	4,65
Жорсткість остаточна, 7 цикл, мг-екв/л	3,65	4,48	4,18
Лужність початкова, мг-екв/л	3,2	3,2	3,2
Лужність остаточна, 1 цикл, мг-екв/л	3,08	3,18	3,172
Лужність остаточна, 7 цикл, мг-екв/л	2,11	3,12	2,82
pH початкова	6,5	6,5	6,5
pH 7 цикл	7,2	7,0	7,12
Солевміст, мг/л	300	300	300
Солевміст, 1 цикл, мг/л	260	287	274
Солевміст, 7 цикл, мг/л	180	261	259

Висновки. В ході проведених досліджень виявлено можливості для містобудування та рекреації:

- впровадження рекреаційних озер створює умови для очищення техногенних стоків та створює резерви для будівельної галузі;
- для техногенних розчинів знижується тривалість осадження з 360 до 22 хвилин; в'язкість з 3 до 2м/с²;
- турбулізація потоку при куті крутки 5град прискорить осадження завислих речовин на 50%.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Aubrey, D.G. Hydrodynamic controls on sediment transport in well-mixed bays and estuaries. In: Van de Kreeke, J. (ed.), Physics of Shallow Estuaries and Bays. Springer-Verlag, New York, -1986. - pp. 245-285.
2. Bagnold, P.A. Mechanics of marine sedimentation. In: Hill, M.N. (ed.), The Sea: Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas, Vol. 3, The Earth Beneath the Sea: History. John Wiley, Hoboken, NJ, -1963. - pp. 507-582.
3. Lane, A. and Prandle, D. Random-walk particle modelling for estimating bathymetric evolution of an estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 68 (1-2). - 2006. - pp.175-187.

4. Prandle, D. Relationships between tidal dynamics and bathymetry in strongly convergent estuaries. Journal of Physical Oceanography, 33 (12). - 2003. - pp. 2738 - 2750.
5. Хоружий, П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання [Текст] / П.Д. Хоружий.-К. Аграрна наука, 2003.- 534 с.
6. Pierchurski, F. Straty wody I sposoby ich obnizahia Ochrona Srodowiska. Straty wody i sposoby ich obnizahia, Ochrona Srodowiska. - 2005. - 235 p.
7. Korchemljuk, M.V. Ekologichni naslidki global'nih klimatichnih zmin/ M.V.Korchemljuk Ekologichni naslidki global'nih klimatichnih zmin. Naukovij visnik IFTUNG: nauково-tehничnij zhurnal, -2016. - No.1(13), p. 120-129.
8. Назаренко, О.М. Підвищення екологічності металургійного підприємства адаптивний шлях до енергозбереження. [Текст]: Зб. наук. праць/ О.М. Назаренко. Науковий вісник будівництва. - Харків, ХНУБА. 2016. - 1/83. - с.213-217.
9. Назаренко, О.М. Ризик менеджмент водокористувачів річки Дніпро. [Текст]: монографія / О.М.Назаренко. – Запоріжжя: СТС Групп, 2018. – 203 с.
10. Шипулін, В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. [Текст] / В.Д. Шипулін – Харків: ХНАГХ, 2010. – 337 с.
11. Поливанова, М.В. Технопарки України - Перспективы развития. [Текст]: зб. наук. праць/ М.В.Поливанова. Науковий вісник будівництва. - Харків, ХНУБА. 2015. - 4/82. - С.8-12.
12. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Л.Л., ГОТЛИНСЬКА А.П. Процеси і апарати хімічної технології. [Підручник в 2-х частинах] / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ. Харків: НТУ ХПУ, 2005. – 532 с.
13. Hosocava T., Ivasaki M., Komatsubara H. Kurita Handbook of water treatment. Tokyo. Water Industries LTD, 1999. – 499 p.
14. Анищенко Л.Я., Стольберг Ф.В., Сухорук Г.А. Методика расчета водоохраных мероприятий при распределении стока. [Текст]: – М.: Вод. ресурсы., 1982. – № 1. – С.94-101.

Назаренко А.Н., Назаренко И.А., Кравцов В.В., Бахтин В.И., Кузьменко А.А., Жолуденко М.В. РАЗДЕЛЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВОДНЫХ СМЕСЕЙ ДИФфуЗИОННОЙ ТУРбуЛИЗАЦИЕЙ. В работе исследуется условия создания сверхкритических тече-

ний потоку для центробежного осаження взвешених речовин. Рассчитано потенціальноє кавітаційне число і умовия проходження процесу для можливого управління очисткою. Установлені предельні границі проходження контролюємого процесу, перспективы і ограничєния в естественных условиях. Виявлено количество осадка для использования в народном хозяйстве при различных режимах работы установки.

Ключевые слова: биоценоз, насос, взвешенные вещества, механическая эрозия, наносы, ложе водохранилища, годовой сток, температура, насыщенный пар, длина озера.

Nazarenko O.M., Nazarenko I.A., Kravtsov V.V., Bakhtin V.I., Kuzmenko AA, Zholudenko

M.V. SEPARATION OF MULTICOMPONENT WATER MISTS WITH DIFFUSION TURBULATION. In this research, conditions for the creation of supercritical stream flows for the centrifugal deposition of suspended substances are studied. The potential cavitation number and the conditions for passing the process for possible purification management are calculated. Limitations of passing controlled process and perspectives and restrictions in natural conditions are established. The amount of sediment for use in the national economy at different modes of operation of the installation was found.

Key words: biocenosis, pump, suspended matter, mechanical erosion, deposits, bed of the reservoir, annual runoff, temperature, saturated vapor, lake length.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-95-1-198-204
УДК 628.35

Олійник О.Я.¹, Айрапетян Т.С.²

¹ Інститут гідромеханіки НАН України
(вул. Желебова, 8/4, м. Київ, 03057, Україна; e-mail: kurganska@ukr.net,
orcid.org/0000-0002-9110-1709)

² Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна; e-mail: tamara78kh2008@rambler.ru,
orcid.org/0000-0002-8834-5622)

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ В АЕРОТЕНКАХ З ЗАКРІПЛЕНИМ БІОЦЕНОЗОМ

Для аеротенків з закріпленими та зваженим біоценозом представлені рекомендації щодо визначення параметрів та коефіцієнтів для розрахунку процесу окислення органічних забруднень з урахуванням кисневого режиму. Дані рекомендації дозволяють користуватися розробленою інженерною методикою для розрахунку аеротенків удосконаленої конструкції та визначити лімітуючі фактори.

Ключові слова: кисневий режим, аеротенк, активний мул, закріплена біомаса (біоплівка), концентрації забруднень і кисню, вихідні параметри, розрахунок, оцінка, аналіз.

Вступ. Ефективність вилучення органічних забруднень (ОЗ) в аеротенках біологічними методами можна значно підвищити, якщо поряд зі зваженим біоценозом (активним мулом) забезпечити влаштування в об'ємі аеротенка споруди додаткового завантаження (сіток, насадок і т.і.) на поверхні яких утворюється біоплівка з високою концентрацією мікроорганізмів [1, 2]. Важливим фактором є забезпечення киснем процесів окислення у вільному об'ємі та у біоплівці.

Для оцінки і аналізу кисневого режиму в аеротенках-змішувачах і аеротенках-витискувачах з врахуванням особливостей подачі і споживання кисню зваженим і закріпленим біоценозом побудовані математичні моделі, які зводяться до реалізації відповідних рівнянь матеріального балансу записаних відносно концентрацій кисню [3, 4]. В результаті реалізації цих моделей запропоновані методи розрахунку параметрів кисневого режиму для різних технологічних схем в залежності від розташування елементів завантаження в об'ємі (площі)