

рухалися через перехрестя, підраховували в час "пік", після чого у пропорціях записували в матрицю, наведену на рис. 3.

Для оцінки запропонованих заходів з організації дорожнього руху використовуються такі критерії, як завантаженість перехрестя транспортним потоком, імовірність виникнення ДТП, гістограма завантаженості перехрестя.

У випадку роботи комп'ютерної програми, під завантаженістю перехрестя розуміють кількість автомобілів на одиницю площі за одиницю часу. Імовірність ДТП – відношення середньої кількості ДТП на до повної кількості автомобілів (на одиницю площі за одиницю часу).

Для наочнішої візуалізації отриманих результатів та полегшення подальшого аналізу всі результати відображаються за допомогою графіків та гістограм.

Використання комп'ютерного моделювання при оцінці ймовірності ДТП дає змогу більш ширше і повніше оцінити картину виникнення таких пригод. Використання клітинкових автоматів при моделюванні ДТП дає змогу враховувати ймовірність виникнення пригоди у кожній точці дороги з урахуванням перебування в цій точці автомобіля. Існуючі методи після пасивного нагромадження реальної статистичної інформації з певною достовірністю передбачають протікання процесу в майбутньому. При використанні комп'ютерного моделювання на основі принципів клітинкових автоматів можна сформувати віртуальну статистичну базу залежно від найрізноманітніших чинників, що спричиняють ДТП на заданому перехресті. Можна дослідити вагову частку кожного чинника і запропонувати покращення, підтвердивши їх комп'ютерним експериментом.

Література

1. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 255 с.
2. Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
3. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Мир, 1966. – 287 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
5. Маковейчук О.М., Зінько Р.В. Принципи організації анізотропного середовища для клітинкових автоматів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.5. – С. 210-213.
6. Зінько Р.В., Маковейчук О.М. Принципи формування інтелектуальної транспортної системи// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.6. – С. 280-285.

УДК 66.684

*Проф. В.М. Кисленко, д-р хім. наук; аспір. Н.Л. Максимів –
НУ "Львівська політехніка"*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ БІОМАСИ ТА ВЕЛИЧИН ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ ВІД КІЛЬКОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ

Запропонована математична модель залежності біомаси та величини хімічного споживання кисню (ХСК) від кількості вегетуючих бактерій при аеробному та ультразвуковому окисненні. Кінетична модель описує зміну кількості клітин в одиниці об'єму біомаси як функцію концентрації біомаси та величини показника ХСК. Експериментальні і теоретичні значення зміни ХСК та біомаси добре збігаються між собою.

Ключові слова: математична модель, біомаса, хімічне споживання кисню, аеробне окиснення, ультразвук.

Prof. V.M. Kislenko; post-graduate N.L. Maksymiv – NU "L'vivs'ka Politehnika"

A mathematical model of the dependence of biomass and chemical oxygen demand on the number of microorganisms

A mathematical model of the dependence of biomass and chemical oxygen demand (COD) on the number of available bacteria at aerobic and ultrasonic oxidation. The kinetic model describes the variation in the cell number in the unite volume as a function of the biomass concentration and COD. Agreement between the mathematical model and experimental data for the change of biomass and COD is shown.

Keywords: mathematical model, biomass, chemical oxygen demand, aerobic oxidation, ultrasound.

Для міських стічних вод характерний високий ступінь бактеріального забруднення і внаслідок біологічних процесів, які відбуваються в них, погіршуються органолептичні показники, а також відбувається забивання фільтрів очисних установок та інші небажані явища [1, 2]. Дослідження мікробіологічних процесів здебільшого обмежується невеликою кількістю параметрів, які не можуть повністю характеризувати стан системи в певний момент часу. Найпоширенішими характеристиками цих процесів є збільшення біомаси системи та величина хімічного споживання кисню [3]. Часто досліджують зміну концентрації поживного середовища, основного продукту процесу та кількості живих мікроорганізмів певного штаму в системі [3, 4]. Однак останні характеристики визначаються з достатньо невисокою точністю, обумовленою певним обмеженням аналітичних та мікробіологічних методів. Тому доцільним є створення математичної моделі таких процесів, яка дає їх комплексну характеристику. Необхідно відзначити, що константи, які використані в таких моделях, мають комплексний характер і включають в себе як характеристики основного процесу, так і ряд характеристик побічних процесів, дослідження яких зазвичай не проводиться.

Запропонована модель протікання біохімічного перетворення поживного середовища під дією дріжджів включає процеси: перетворення поживного середовища мікроорганізмами з константою K_c , росту живих клітин або утворення біомаси з константою K_z , автолізу живих клітин з константою K_m , окиснення і гідроліз біомаси з константою K_p , в результаті якого утворюються водорозчинні органічні речовини з константою K_r і газу, в основному CO_2 , які не включені в дану схему.

$$\frac{dm}{dt} = K_z \cdot X_z \cdot S_z - K_p \cdot m; \quad (1)$$

$$\frac{dX_z}{dt} = K_z \cdot X_z \cdot S_z - K_m \cdot X_z; \quad (2)$$

$$\frac{dCOD}{dt} = -K_c \cdot X_z \cdot S_z + K_r \cdot m; \quad (3)$$

$$\frac{dS_z}{-K_c \cdot X_z \cdot S_z} = -K_c \cdot X_z \cdot S_z, \quad (4)$$

де: m – біомаса в одиниці об'єму системи, X_z – кількість вегетуючих бактерій в одиниці об'єму системи, S_z – концентрація поживних речовин, COD – величина хімічного споживання кисню. Константа K_c в рівняннях (3) і (4), очевидно, не збігається точно по величині, але таке припущення дає змогу описати даний мікробіологічний процес.

Необхідно відзначити, що біомаса складається з маси вегетуючих і не-вегетуючих мікроорганізмів, а величина COD включає концентрації водорозчинних речовин і речовин, які не споживаються даним типом мікроорганізмів. Тому ми вважали, що автоліз мікроорганізмів не призводив до істотної зміни біомаси. Водночас гідроліз і окиснення біомаси з утворенням розчинних органічних речовин веде до збільшення COD, але не обов'язково до збільшення концентрації поживних речовин для даного штаму мікроорганізмів, що і відмічено в даній системі.

Для аналізу математичної моделі були вибрані системи з приблизно однаковими концентраціями всіх складових системи, тому ці концентрації в розрахунках були виражені через відношення величини біжучої концентрації до початкової концентрації кожного компоненту.

Для оцінки константи процесу використовували дані по аеробному окисненню і не враховували утворення водорозчинних речовин за рахунок перетворення біомаси. Необхідно відзначити, що точність експериментальних даних не достатньо висока, тому для зменшення похибки розрахунків вибирали такі інтервали між точками, які дали змогу визначати швидкість процесів достатньо достовірно. З врахуванням вищенаведених наближень із схеми (1)–(4) отримані лінійні рівняння залежності COD/COD₀ від m/m_0 (5), а також зміни цих величин в часі (6) та (7).

$$\frac{d(m/m_0)}{d(\text{COD}/\text{COD}_0)} = -2 \frac{K_z}{K_c} + \frac{K_p}{K_c} \frac{(\text{COD}_0 - \text{COD}) \cdot m_0}{\text{COD} \cdot m}; \quad (5)$$

$$\frac{d(m/m_0)}{dt} = 2K_z \frac{m \cdot \text{COD}}{m_0 \cdot \text{COD}_0} - K_p \frac{\text{COD}_0 - \text{COD}}{\text{COD}_0}; \quad (6)$$

$$\frac{dm/m_0}{dt} \frac{m_0 - m}{m_0} = 2K_z \frac{m \cdot \text{COD}}{m_0 \cdot (\text{COD}_0 - \text{COD})} - K_p. \quad (7)$$

Як видно з рис. 1, експериментальні дані по аеробному окисненню добре лягли на пряму в координатах рівняння (5).

Коефіцієнт кореляції прямої дорівнює 0,963, а відношення констант K_z/K_c та K_p/K_c , отримані з тангенсу кута нахилу прямої і відрізка, який відсікається на осі ординат, дорівнюють 16,8 год.⁻¹ та 125 год.⁻¹ відповідно.

На рис. 2 та 3 представлено залежності швидкості зростання біомаси в одиниці об'єму від концентрації біомаси і величини хімічного споживання кисню в координатах рівняння (6) та (7).

Обидві залежності добре описуються прямими з коефіцієнтами кореляції 0,986 та 0,998. По тангенсу кута нахилу прямих та відрізка, який відтинається на осі ординат, знайдені дві константи K_z , які дорівнюють 0,0497 та 0,0691 год.⁻¹, а також K_p та K_r , що дорівнюють 0,334 год.⁻¹ і 0,516 год.⁻¹ відпо-

відно. Близькі значення констант, знайдених за залежностями (6) та (7), свідчать про відповідність наведених рівнянь з експериментальними даними. Отримані відношення констант з рис. 1-3 дали змогу розрахувати значення константи K_c , яке знаходиться в діапазоні $0,002-0,004 \text{ год.}^{-1}$.

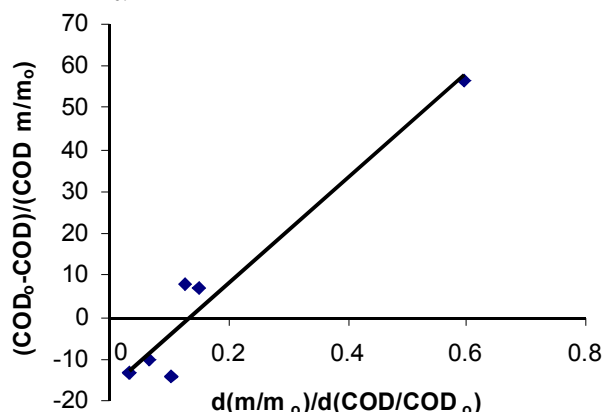


Рис. 1. Залежність біомаси в одиниці об'єму системи від хімічного коефіцієнту поглинання кисню для аеробного окислення в координатах рівняння (5)

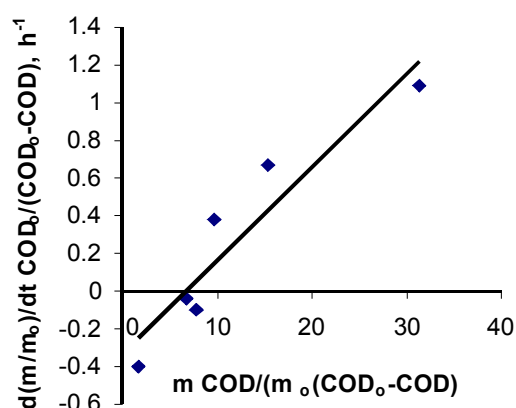


Рис. 2. Залежність швидкості утворення біомаси від біомаси в одиниці об'єму системи і коефіцієнту хімічного поглинання кисню в координатах рівняння (6)

Експериментальні дані взято з роботи [5]

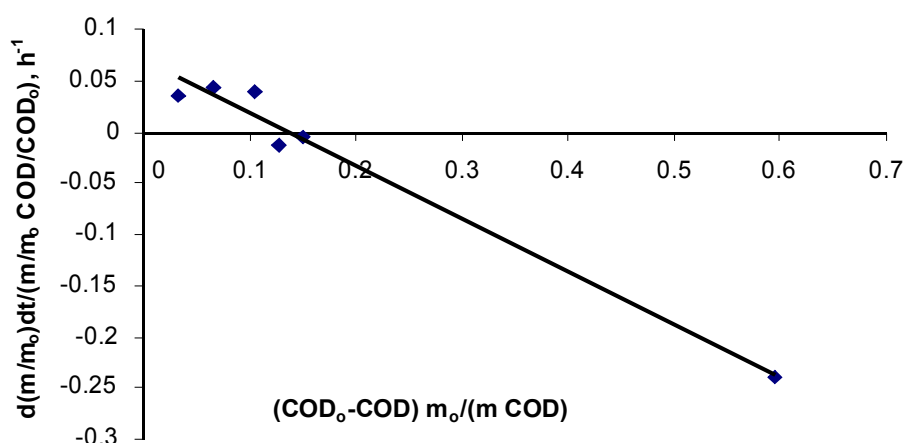


Рис. 3. Залежність швидкості утворення біомаси від біомаси в одиниці об'єму системи і коефіцієнту хімічного поглинання кисню в координатах рівняння (7)

Приблизні значення констант процесу дали змогу визначити ймовірні діапазони значень цих констант як $0,1K-10K$. Чисельно інтегруючи систему диференціальних рівнянь (1)-(4) з фіксованими константами процесу, які змінювались з кроком $0,2K$, визначали значення величини біомаси і хімічного споживання кисню. Критерієм для вибору значень цих констант був мінімум суми квадратів відхилень теоретичних від експериментальних значень цих параметрів процесу. На рис. 4 представлені отримані дані при оптимальних значеннях констант процесу аеробного окиснення (табл.).

Як видно з рис. 4, експериментальні і теоретичні значення зміни біомаси і величини хімічного споживання кисню добре збігаються між собою. Крім цього рисунок показує, концентрація поживного середовища для мікроорганізмів різко зменшується з часом, прямуючи до нуля. Водночас концентрація вегетуючих мікроорганізмів проходить через максимум, який знаходиться в області 24-30 год.

Табл. Значення констант процесів, які протікають при аеробному окисненні в схемі (1)-(4)

Константа	Аеробне окислення	Аеробне окислення після оброблення системи ультразвуком протягом 30 хв.
k_c, h^{-1}	0.0081	0.035
k_z, h^{-1}	0.1030	0.250
k_m, h^{-1}	0.0012	0.061
k_r, h^{-1}	0.0021	0
k_p, h^{-1}	0.0420	0

Аналогічним чином було проведено розрахунок зміни всіх цих параметрів для системи, попередньо обробленої УЗ, протягом 30 хв. (рис. 5).

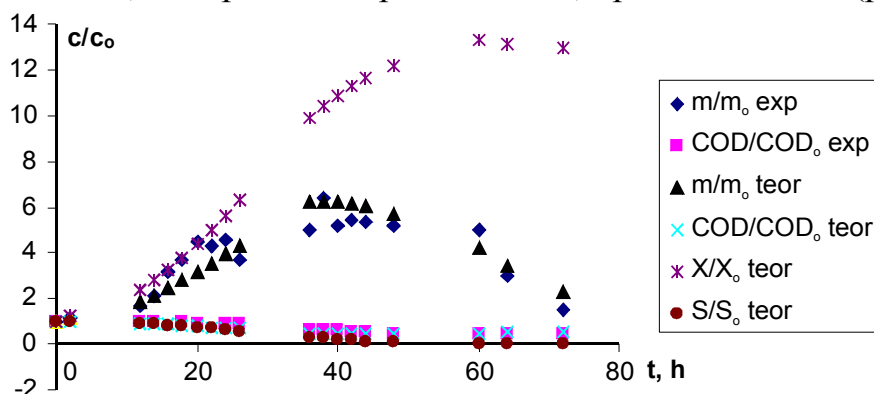


Рис. 4. Зміна в часі біомаси в одиниці об'єму системи та хімічного еквіваленту поглинання кисню, які визначені експериментально [5] та розраховані за системою рівнянь (1)-(4), а ще розраховані концентрації поживних речовин і вегетуючих клітин для аеробного окислення

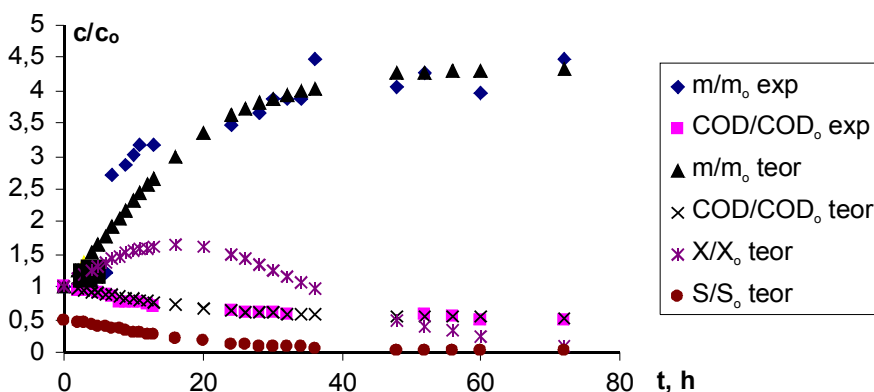


Рис. 5. Зміна в часі біомаси в одиниці об'єму системи та хімічного еквіваленту поглинання кисню, які визначені експериментально [5] та розраховані за системою рівнянь (1)-(4), а ще розраховані концентрації поживних речовин і вегетуючих клітин для аеробного окислення оброблених ультразвуком 30 хв.

Порівняння рис. 4 і 5 показує, що зміна поживного середовища для мікроорганізмів на величину хімічного споживання кисню протікає практично однаково для двох систем. Водночас концентрація вегетуючих бактерій після оброблення УЗ збільшується до меншої величини, що свідчить про їх часткове руйнування під дією УЗ. Біомаса при аеробному окисненні, досягаючи максимуму, дещо зменшується, тоді ж як після оброблення УЗ вона залишається постійною до кінця експерименту. Очевидно, що це пов'язано з різким зменшенням концентрації гнилісних мікроорганізмів, які причетні до руйнування біомаси.

Література

1. **Wasserverbrauch** und Abwassereinigung. Umweltbericht für den Kanton Zürich 2004. – 4 p.
2. **Кульський Л.А., Строкач П.П.** Технология очистки природных вод. – К.: Высш. шк. – 1986. – 48 с.
3. **Nasseri S. Vaezi F., Mahvi A.H., Nabizadeh R., Haddadi S.** Determination of the ultrasonic effectiveness in advanced wastewater treatment. J. Environ. Health. Sci. Eng. 2006, vol. 3, № 2, pp. 109-116.
4. **Tsukamoto I. Yim B., Stavarache C.E., Furuta M., Hashiba K., Maeda Y.** Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by ultrasonic irradiation// Ultrasonics Sonochemistry, vol. 11 (2004) pp. 61-65.
5. **Preeti C. Sangave, Aniruddha B. Pandit.** Ultrasound and enzyme assisted biodegradation of distillery wastewater. J. of Environmental Management. Vol. 80, Issue 1, 2006, pp. 36-46.

УДК 681.3.06 *Студ. А.В. Нечепуренко; доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

ЗАСТОСУВАННЯ ЗМІШАНИХ ТАБЛИЦЬ ДЛЯ РОБОТИ З ЕЛЕМЕНТАМИ БУЛЕВИХ МАТРИЦЬ

Розглянуто питання застосування динамічної структури даних – *змішаних таблиць* (hash tables) для роботи з великими масивами, значна більшість елементів яких не використовується або має фіксовані значення. Здатність змішаних таблиць оптимізувати доступ до таких даних робить їх надзвичайно корисними в багатьох ситуаціях, які виникають під час розроблення сучасних програмних продуктів. До них належать задачі, пов'язані з аналізом розріджених масивів, які представляють, наприклад, булеві матриці суміжності чи інцидентності. Завдяки використанню змішаних таблиць пам'ять для зберігання кожного з бінарних елементів виділяється з пули вільної пам'яті комп'ютера тільки в міру потреби.

Stud. A.V. Nechepurenko, assist. prof. Yu.I. Grytcyuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Application of the mixed tables is for storage of elements of boole matrices

The question of application of run-time structure of information is considered – *the mixed tables* (hash tables) for work with large arrays, considerable most elements of which are not utilized or have the fixed values. To optimize ability of the mixed tables access to such information does them extraordinarily useful in many situations which arise up during development of modern software products. Tasks, related to the analysis of disperse an array, which present, for example, the boole matrices of contiguity or incident, belong to them. Due to the use of the mixed tables memory is for storage each of binary elements selected from pools of free space of computer only to the extent of necessity.

1. Постановка завдання

Для роботи елементами булевих матриць, особливо якщо ці матриці мають великі розміри, існує проблема компактного їх зберігання, а також ефективного пошуку потрібних з них. Ефективність програмної реалізації цієї задачі залежить від організації структури даних і вибраної методики їх оброблення. Основою такої програми є інформаційно-пошукова система, призначеної для створення бази даних, її редагування та оброблення. Пошук потрібного запису у базі здійснюється шляхом порівняння заданого ключового значення з ключами кожного елемента структури даних. Коли знайдено збіжний ключ, то запис можна зчитувати, потім його редагувати чи обробляти. Широко відома на сьогодні динамічна структура як бінарні дерева [2, ст. 122] хоча і дає змогу ефективно здійснювати будь-який пошук, проте ці дерева