

Проведені дослідження дозволять визначити заздалегідь тривалість процесу бродіння для того, щоб підготувати апарати цієї схеми до подальших технологічних операцій і виконати це ретельно. Поширення цих

результатів можливе для інших виробництв з періодичною роботою обладнання. Напрямок подальших досліджень автори вбачають у створенні нечіткої системи керування співвідношенням зазначених концентрацій.

Література

1. Ярошук Л.Д., Раухвергер І.А. Визначення тривалості ферментації біоетанолу [Текст]: Тези доповідей п'ятої науково-практичної конференції студентів. – К.: НТУУ «КПІ», – 2011. – С. 26 – 27.
2. Fermentation of Ethanol (Highlighted by Environmental Microbiology – 2008 – №10(1) – С. 278–279.
3. Спосіб керування процесом ферментації у виробництві біоетанолу [Текст] : пат. 64618 Україна : МПК11 С12М 1/36, Л.Д. Ярошук, І.А. Раухвергер ; заявник і патентовласник Л.Д. Ярошук, І.А. Раухвергер. - № U201105180 ; заявл. 26.04.2011 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21. – 3 с. : іл.

Досліджено закономірності видалення із стічних вод барвників за допомогою флотоекстракції. На основі проведених експериментів встановлено вплив рН середовища, часу проведення процесу, мольного співвідношення реагуючих речовин та визначені раціональні умови проведення флотоекстракції

Ключові слова: флотоекстракція, поверхнево-активні речовини, метиленовий блакитний, стічні води

Исследованы закономерности удаления из сточных вод красителей методом флотоекстракции. На основе проведенных экспериментов установлено влияние рН среды, времени проведения процесса, мольного соотношения реагирующих веществ и определены рациональные условия проведения флотоекстракции

Ключевые слова: флотоекстракция, поверхностно-активные вещества, метиленовый голубой, сточные воды

The main characteristics of removal dyes from wastewater by solvent sublation were investigated. The influence of pH, time, molar ratio of reactants was studied and the reasonable conditions of the process were determined

Key words: Solvent sublation, surfactant, methylene blue, wastewater

УДК 622.765:542.61:546.571

ФЛОТОЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИДАЛЕННЯ БАРВНИКІВ ІЗ СТІЧНИХ ВОД

Т.І. Обушенко

Старший викладач*

Контактний тел.: (044) 454-97-35

E-mail: tio63@mail.ru

І.М. Астрелін

Доктор технічних наук, професор, декан хіміко-технологічного факультету, завідувач кафедри*

Контактний тел.: (044) 454-97-35

E-mail: i.m.astrelin@xtf.kpi.ua

Н.М. Толстопалова

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: (044) 454-97-35

E-mail: tio63@mail.ru

В.О. Батюк*

*Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Вступ

У зв'язку з обмеженою кількістю запасів прісної води на Землі (запас доступної прісної води на планеті становить всього 5 - 6 тис. м³ на душу населення) проблема охорони гідросфери невпинно загострюється, хоча для її вирішення людство прикладає

чималих зусиль. Ріст міст, бурхливий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, значне розширення площі земель, що зрошуються, покращення культурно-побутових умов і ряд інших факторів - всі ці чинники ще більше ускладнюють проблеми забезпечення прісною водою, незважаючи на значний вклад у захист гідросфери, за рахунок

розроблення та впровадження сучасних механічних, хімічних та біологічних технологій очищення стоків. Негативний внесок створюють органічні сполуки, які особливо небезпечні як забруднювачі навколишнього середовища унаслідок комплексного впливу і не прогнозованості наслідків. Шкідлива дія органічних речовин, що потрапляють у водойми, посилюється за рахунок кумулятивного ефекту (прогресуюче збільшення вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга). Серед таких органічних забруднювачів чільне місце займають барвники, які широко застосовують у різних галузях промисловості та в побуті. Сучасні синтетичні барвники зі складною хімічною структурою не підлягають біохімічній деструкції у водних системах. Їх концентрація, наприклад, у стічних водах текстильних виробництв в залежності від типу барвника коливається в межах від 5 до 40 мг/дм³, що багаторазово перевищує гранично допустимі норми (0,05 - 0,5 мг / дм³) впливу на навколишнє середовище. На жаль, наявні технології очищення стічних вод від цих речовин досить часто недосконалі та неефективні [1, 2].

Існуючі методи фізико-хімічного очищення стічних вод від барвників можна розділити на три основні групи.

Перша група методів забезпечує вилучення забруднень переведенням барвників у осад або флоцшлам шляхом сорбції на пластівцях гідроксидів металів, що утворюються при реагентній обробці стічних вод (коагуляція, реагентна напірна флоцація та ін.). До недоліків цієї групи можна віднести: невисокий ступінь очищення, особливо знебарвлення, необхідність утилізації осадів водоочищення та їх зневоднення.

Друга група включає сепаративні методи (сорбція на активному вугіллі і макропористих іонітах, зворотний осмос, ультрафільтрація та ін.). Ці методи забезпечують високий ступінь очищення стічних вод, однак вимагають попередньої механіко-хімічної обробки з метою видалення нерозчинних домішок, складні в апаратурному оформленні, мають високу собівартість очищення.

Третя група поєднує деструктивні методи, засновані на глибоких окисно-відновних перетвореннях, ініційованих різними фізико-хімічними процесами, зокрема дією окисників (O₂, O₃, Cl₂, H₂O₂), ультрафіолетового й сонячного випромінювання, метод Фентона. У більшості випадків при їх реалізації не утворюються осади, в оброблювану воду не вносяться додаткові забруднення у вигляді хлоридних, сульфатних і інших іонів, однак при реалізації цих методів відбувається безповоротна втрата цінних компонентів [1, 3].

Усе це зумовлює необхідність розроблення та впровадження ефективних і водночас недорогих у виконанні та експлуатації технологій очищення стічних вод від барвників. Пошук нових, більш досконалих та економічно доцільних методів, що дають можливість не тільки видаляти барвники з стічних вод, а й регенерувати дорогі компоненти, є одним з основних напрямків розвитку технології очищення стічних вод. З цієї точки зору привабливими виглядають різновиди флоцаційних методів, а саме - флоцеація, яка є прогресивним розвитком

іонної флоцації [4] і, безумовно, превалює над останньою в тих випадках, коли є небажаним утворення піни, необхідної для процесів іонної флоцації, або метою є кількісне відокремлення домішок з води для аналітичних потреб. До переваг флоцеації належать: висока ефективність відділення органічної та водної фаз; високий концентраційний коефіцієнт (може досягати 200:1); незначні витрати органічного розчинника; простота апаратурного оформлення; уникнення небажаного утворення емульсії (сублат розчиняється в органічному шарі без інтенсивного перемішування водної та органічної фаз).

Флоцеація (як метод розділення й концентрування) вже застосовується при очищенні стічних вод від органічних домішок [5 - 9] та в аналітичній хімії як спосіб кількісного визначення слідів металів [10 - 17] або поверхнево-активних речовин [18, 19]. Особливості флоцеації дозволяють в подальшому рекуперацію барвників із стічних вод.

Барвник - метиленовий блакитний, основний тіазиновий барвник, застосовують для фарбування бавовни, вовни, шовку в яскраво-блакитний колір. В аналітичній хімії застосовується для визначення хлоратів, перхлоратів, катіонів ртуті, олова, магнію, кальцію, кобальту, кадмію. У медицині використовується як антисептик, антидот при отруєнні ціанідами, чадним газом та сірководнем.

Постановка задачі

Метою даної статті є дослідження закономірностей видалення зі стічних вод барвників, на прикладі метиленового блакитного за допомогою флоцеації.

Флоцеація - флоцаційний процес, під час якого сфлотована речовина (сублат) концентрується в тонкому шарі органічної речовини, що знаходиться на поверхні водної фази. Сублат уворюється кулонівськими силами притягання між політантом та поверхнево - активною речовиною (збирачем) та під дією потоку газу переноситься в органічний шар. Для утворення сублату застосовувались такі поверхнево-активні речовини як лаурилсульфат натрію, сульфатнол, каприлат та лаурат натрію, які вже тривалий час використовуються як збирачі при флоцації, завдяки їх поверхневій активності і утворенню комплексних сполук з барвниками.

В якості екстрагенту на основі попередніх досліджень було обрано - ізоаміловий спирт. Концентрація метиленового блакитного в модельних розчинах 10 мг/дм³.

Експериментальна частина

Лабораторна флоцеаційна установка і методика здійснення експериментальних досліджень представлена в роботі [20]. Ефективність процесу оцінювали за величиною ступеня видалення барвника (X, %) із імітатів.

На процес флоцеації впливають різні фактори, такі як час проведення процесу, рН водного середовища, мольне співвідношення барвник : ПАР

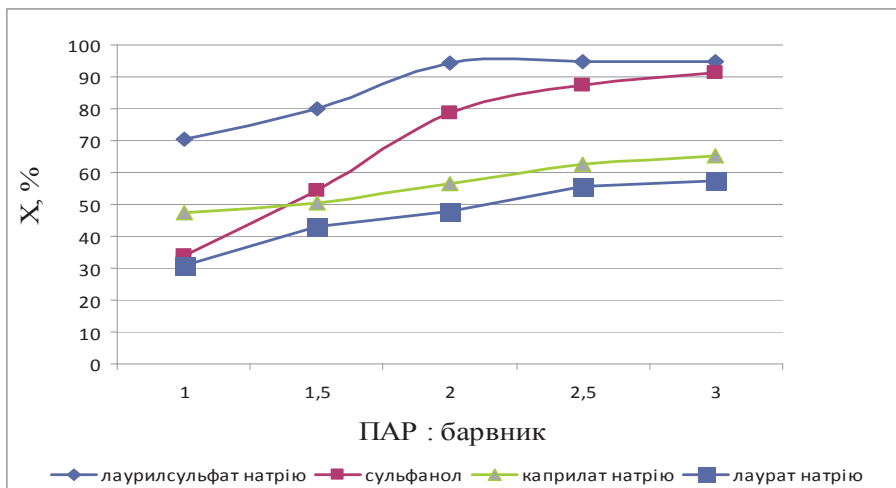


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від молярного співвідношення ПАР : барвник

та пористість фільтру Шотта, що використовується під час проведення процесу.

Залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від співвідношення барвник : ПАР. Молекули ПАР беруть безпосередньо участь в утворенні сублату. Вони впливають також на ступінь вилучення, зменшуючи значення вільної поверхневої енергії на межі розподілу органічної та водної фаз та стабілізують поверхню бульбашок. Вилучення барвника найкраще відбувається в системі метиленовий блакитний - лаурилсульфат натрію (рис. 1.), при молярному співвідношенні 1:2 ступінь вилучення досягає 94,5%, а в системі барвник - сульфанолю навіть при співвідношенні 1:3 - ступінь вилучення - 91,5%. При використанні якості ПАР каприлату і лаурату натрію при такому ж співвідношенні ПАР : барвник 1 : 3 ступінь вилучен-

При подальшому зростанні рН для системи барвник - каприлат та лаурат натрію ступінь вилучення збіль-

ня не досягає навіть 70% за ідентичних умов процесу.

Ймовірно в таких умовах структура і хімічні властивості ПАР по різному впливають на процес видалення барвника.

Залежність ступеня вилучення барвника від рН розчину. Для визначення оптимальних значень рН було вивчено залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від рН вихідного розчину (рис. 2).

При рН 2 мінімальний ступінь вилучення спостерігається для лаурилсульфату натрію - 63,7%, сульфанолю - 61,1%, каприлату та лаурату натрію 39,3 та 40% відповідно.

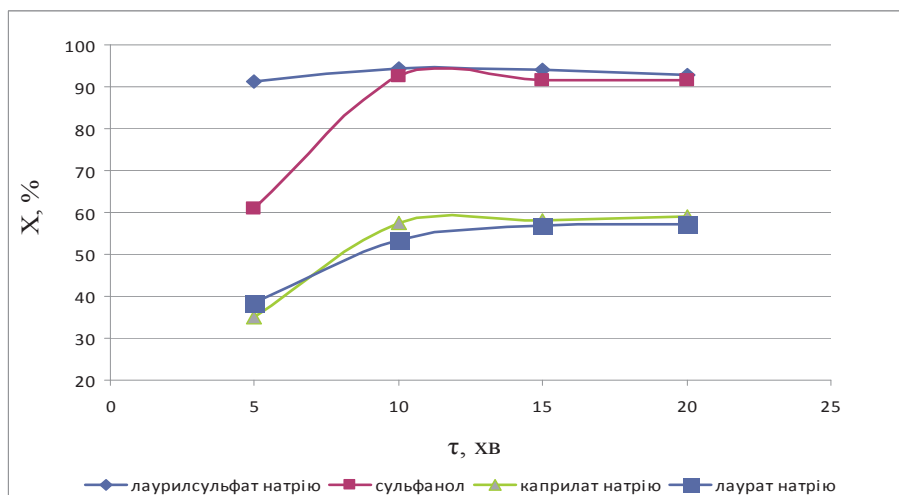


Рис. 3. Залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від часу процесу

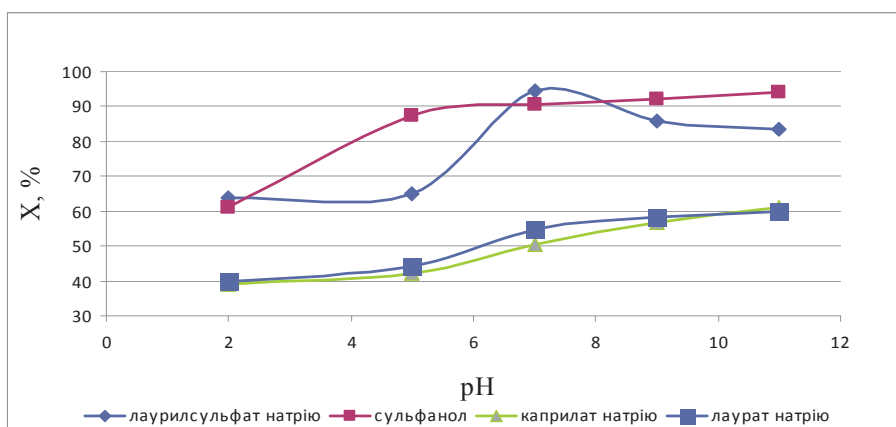


Рис. 2. Залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від рН

шується і досягає максимального значення ~ 62% (рН майже 11). Максимум вилучення барвника в системі з лаурилсульфатом натрію спостерігається за рН 7 - 94,5%, в той же час у випадку з сульфанолю треба підвищувати рН до 11 (X = 94,1%). Характер графічної залежності ступеня вилучення барвника у системі з лаурилсульфатом натрію має інший вигляд. За рН 7 спостерігається екстремум - 94,5%, при подальшому зростанні рН до 11 має місце погіршення процесу майже на 10%.

Залежність ступеня вилучення барвника від часу процесу. Тривалість процесу флотоекстракції варіювалась від 5 до 20 хв (рис. 3).

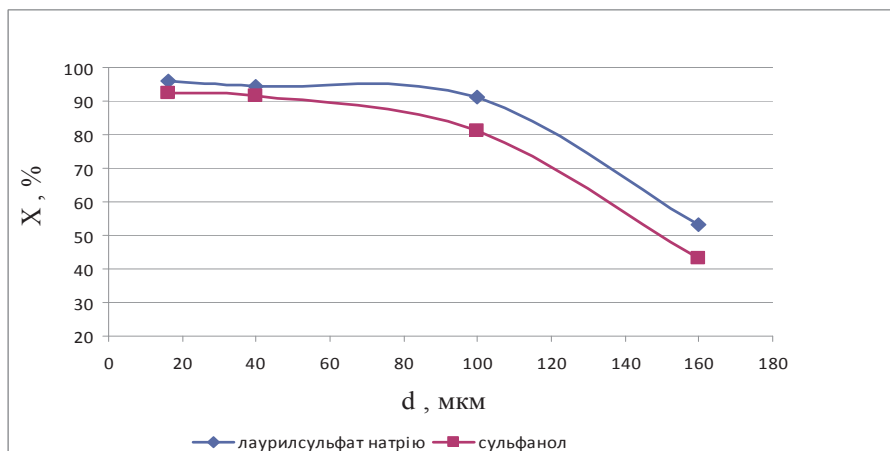


Рис. 4. Залежність ступеня вилучення метиленового блакитного від пористості фільтру (органічна фаза - ізоаміловий спирт, pH 6-7, час проведення процесу - 10 хв)

За перших 5 хвилин протікання процесу сублат не встигає у повній мірі перейти з водної фази до органічної, в результаті чого високий ступінь вилучення не досягався (крім системи з лаурилсульфатом натрію). Проте, 10 хвилин цілком достатньо для вилучення метиленового блакитного з робочого розчину для всіх розглянутих ПАР. Зі збільшенням часу процесу ступінь вилучення дещо зменшується, для лаурилсульфату натрію до 92,8%, для сульфанолю до 84,5%, і практично не змінився при використанні в якості ПАР каприлату та лаурату натрію: 59 та 57,3% відповідно. Подальше збільшення тривалості процесу до 20 хвилин не призводить до суттєвого підвищення ефективності флотоекстракції.

Залежність ступеня вилучення від пористості фільтру. Досліджувався процес видалення барвників в залежності від пористості обраного фільтру Шотта і як наслідок розміру бульбашок, що утворюються під час проведення процесу. В діапазоні величини пор від 16 до 40 мкм спостерігається найефективніше видалення метиленового блакитного в органічну фазу: 95% при

використанні в якості ПАР лаурилсульфату Na та 92% при використанні сульфанолю. А при збільшенні розміру пор до 100 мкм процес видалення погіршується, проте ступінь очистки (91,2%) забрудненої води при використанні в якості ПАР лаурилсульфату натрію, наближається до норм для повторного використання очищеної води для технічних цілей.

Проте, якщо процес перебігає в присутності в якості ПАР сульфанолю, ефективність очищення значно погіршується і ступінь очистки досягає значення 81,4%. При подальшому збільшенні величини пор до 160 мкм, спостерігається значне зниження ефективності видалення метиленового блакитного з розчину. При застосуванні лаурилсульфату натрію ступінь видалення становить 53,1%, а в присутності сульфанолю - 43,3%. Це можна пояснити тим, що при такому розмірі пор утворюються дуже великі бульбашки повітря, які досить швидко проходять через шар розчину не захоплюючи молекули барвника і порушуючи цілісність органічного шару.

Висновки

Досліджено вплив умов флотоекстракції: pH середовища, молярного співвідношення ПАР : барвник, тривалості процесу, розміру пор (величина пухирцю) на ступінь вилучення метиленового блакитного із імітатів стічних вод. Встановлено, що лаурилсульфат натрію у порівнянні з сульфанолю, каприлатом і лауратом натрію, виявив більшу ефективність за ідентичних умов флотоекстракції.

Література

1. Проскураков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности [Текст] / В.А. Проскураков, Л. И.Шмидт; - Л.: Химия, 1977. - 464 с.
2. Леськів, Г. З. Очищення стічних вод від барвників шляхом адсорбції на природних дисперсних сорбентах: автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.01 / Г. З. Леськів; Національний університет "Львівська політехніка". - Л., 2008. - 20 с.
3. Файнгольд, З. Л. Сорбционно-каталитическая деструкция органических загрязнений сточных вод производства медпрепаратов [Текст] / З. Л. Файнгольд, В. Ф. Карпунин, Е. В. Завьялова / 3-я Всесоюзная конф., 21-23 окт. 1987 г.: тез. докл. -М., 1987. - 102 с.
4. Себба, Ф. Ионная флотация: пер. с англ. В.П. Неберы и А.М. Гольмана. [Текст] / М.: Металлургия, 1965. - 170 с.
5. Thoma, G.J. Dissolved air precipitation solvent sublation for oil-field produced water treatment [Текст] / G.J.Thoma, M.L.Bowen, D. Hollensworth, // Separation and Purification Technology. - 1999. - 16, N 2. - P. 101 - 107.
6. Valsaraj, K. Solvent sublation for the removal of hydrophobic chlorinated compounds from aqueous solutions [Текст] / K. Valsaraj, L.Thibodeaux, // Water resources. - 1986. - 20, N 9. - P. 1161 - 1175.
7. Bryson, G. Solvent sublation for waste minimization in a process water stream - a pilot scale study [Текст] / G.Bryson, K. Valsaraj // J. of Hazardous Materials. - 2001. - B82. - P. 65 - 75.
8. Smith, J. Bubble column reactors for wastewater treatment. 3. Pilot-scale solvent sublation of pyrene and pentachlorophenol from simulated wastewater [Текст] / J.Smith, K.Valsaraj // Ind. Eng. Chem. Res. - 1997. - 36. - P. 903 - 914.
9. Womack, J. The promise of solvent sublation [Текст] / J.L. Womack // Separation Science and Technology. - 1982. - 7, N 17. - P. 897 - 924.

10. Womack, J. Removal of refractory organics from water by aeration. II. Solvent sublation of methylene blue and methyl orange [Текст] / J.Womack, J.Lichter, D.Wilson // Ibid. - 17, N 7. - P. 897 - 924.
11. Kim, Y.-S. Determination of Zinc and Lead in water samples by solvent sublation using ion pairing of metal-naphthoate complexes and tetra-n-butylammonium ion [Текст] / Y.-S.Kim, Y.-S.Choi, W.Lee, Y.-I. Lee // Bull. Korean Chem. Soc. - 2001. - 22, N 8. - P. 821 - 826.
12. Kim, Y.-S. Studies on solvent extraction and flotation technique using metal-dithizone Complexes (II). Determination of trace elements in water samples by solvent sublation [Текст] / Y.-S.Kim, Y.Choi, H.-S.Choi, // Ibid. - 1998. - 19, N 10. - P. 1036 - 1042.
13. Kim, Y.-S. Solvent sublation using 8-hydroxyquinoline as a ligand for determination of trace elements in water samples [Текст] / Y.-S.Kim, J.-H.Shin, Y. Choi // Microchemical Journal. - 2001. - 63, N 2-3. - P. 99 - 107.
14. Croot, P.L. Determination of Fe (II) and total iron in natural waters with 3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine (PDT) [Текст] / P.L.Croot, K.A.Hunter // Analytica Chimica Acta. - 2002. - 406, N 2. - P. 289 - 302.
15. Elhanan, J. Solvent sublation of iron (III) Chloride by Tri-n-Octylamine [Текст] / J.Elhanan, B.L. Karger // Analytical Chemistry. - 1969. - 41, N 4. - P. 671 - 674.
16. Kim, Y.-S. Solvent sublation of trace noble metals by formation of metal complexes with 2-mercaptobenzothiazole [Текст] / Y.-S.Kim, J.-H.Shin, Y.-S.Choi // Bull. Korean Chem. Soc. - 2001. - 22, N 1. - P. 19 - 24.
17. Kim, Y.-S. Extraction equilibria and solvent sublation for determination of ultra trace Bi (III), In (III), Tl (III) in water samples by ion-pairs of metal-2-naphthoate complexes and tetrabutylammonium ion [Текст] / Y.-S.Kim, Y.-S.Choi, W.Lee // Ibid. - 2002. - 23, N 10. - P. 1381 - 1388.
18. Lu, Y.-J. Mathematical model of solvent sublation of some surfactants [Текст] / Y.-J.Lu, X.-H. Zhu // Talanta. - 2002. - 57, N 5. - P. 891 - 898.
19. Pengyu, Bi The recent progress of solvent sublation / Bi Pengyu, Huiru Dong, Jun Dong. // J. of Chromatography. - 2009. - 20. - P. 3 - 10.
20. Обушенко, Т.І. Закономірності процесу флотоекстракції при очищенні стічних вод від іонів важких металів [Текст] / Т.І.Обушенко, І.М. Астрелін, Н.М.Толстопалова, М.Є. Молодченко // Наукові вісті НТУУ "КПІ". - 2009. - № 3. - С. 117 - 122.

В цій статті описується алгоритм розрахунку зведеного індексу сталого розвитку, який показує діяльність підприємств по всіх трьох індикаторах сталості: економічному, екологічному та соціальному

Ключові слова: сталий розвиток, оцінка сталості, зведений індекс, показники сталості

В этой статье описывается алгоритм расчета сведенного индекса устойчивого развития, который показывает деятельность предприятий по всем трем индикаторам устойчивости: экономическому, экологическому и социальному

Ключевые слова: устойчивое развитие, оценка устойчивости, сведенный индекс, показатели устойчивости

This paper presents a model for designing a composite sustainable development index that depicts performance of companies along all the three dimensions of sustainability-economic, environmental, and societal

Key words: sustainable development, sustainability assessment, composite index, Sustainability indicators

УДК 136.42+504+330.34

ПОРІВНЯННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ НА ЗАСАДАХ ЗВЕДЕНОГО ІНДЕКСУ ТА МЕТОДА АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЇ

О.О. Климюк*

Контактний тел.: 093-253-31-08

E-mail: olgaklmk@gmail.ru

Ю.О. Безносик

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: 050-357-639

E-mail: yu_beznosyk@ukr.net

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, Київ, Україна, 03056

1. Вступ

На сьогоднішній день існують різноманітні критерії оцінки сталого розвитку окремих підприємств.

Вони пропонують використовувати численні індекси сталості, які, як правило, вимірюються в різних одиницях. В той час коли важливо оцінювати сталість за допомогою певних показників, інколи буває важко