

УДК 628.354.1

Д. В. Скворцова, Г. Г. Трохименко

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ «ТАМІР» ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Використовуючи мікробіологічний препарат «Тамір» у процесі очищення комунально-побутових стічних вод, визначили оптимальну концентрацію препарату. Розглянуто чинники, які впливають на процес, а також динаміку зміни основних хімічних і бактеріологічних показників у відібраних зразках. Мікроорганізми здатні знищувати хвороботвірні бактерії у воді, яку вони очищують, дезодорують повітря, підвищують ефективність роботи очисних споруд. Передбачається, що використання «Таміру» буде економічно вигідним.

Д. В. Скворцова, А. Г. Трохименко

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ТАМИР» ДЛЯ ОЧИСТКИ КОМУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Используя микробиологический препарат «Тамир» в процессе очистки коммунально-бытовых сточных вод, подобрали оптимальную концентрацию препарата. Рассмотрены факторы, влияющие на процесс, а также динамика изменения основных химических и бактериологических показателей изучаемых образцов. Микроорганизмы способны уничтожать болезнетворные бактерии в очищаемой воде, дезодорируют воздух, повышают эффективность работы очистных сооружений. Предполагается, что использование «Тамира» будет экономически выгодным.

D. V. Skvortsova, A. G. Trokhymenko

Admiral Makarov National University of Shipbuilding

CAPABILITY OF MICROBIOLOGICAL PREPARATION «TAMIR» IN THE TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE

An optimal concentration of the microbiological preparation «Tamir» was determined for the effective purification process of the sewage. The factors influencing the process and the time history of the major chemical and bacteriological parameters in the samples are discussed. The preparation exterminates pathogenic bacteria in the water, deodorizes the air, increases the efficiency of the treatment facilities. It is supposed that the «Tamir» use would be economically sound.

Вступ

Основна причина забруднення поверхневих вод – утворення неочищених і недостатньо очищених господарсько-побутових і виробничих стоків. Протягом останніх років в Україні спостерігається стала тенденція до зниження якості води за вмістом органічних, поверхнево-активних речовин, іонів важких металів, нафтопродуктів, що зумовлює погіршення питного водопостачання населення, замор риби та ускладнює

рекреаційне використання водних об'єктів [4; 6]. Постійне погіршення хімічних і бактеріологічних показників стоків і водночас закономірне підвищення вимог до якості води вказують на необхідність створення нових методів їх очищення.

Крім стандартних технологій переробки стічних вод, у даний час у всьому світі проводяться дослідження ефективності застосування різноманітних мікроорганізмів, мікробних біомас, біосорбентів. Сучасні мікробіологічні розробки та інноваційні принципи роботи, які базуються на використанні мікроорганізмів та їх метаболітів шляхом включення до природного кругообігу речовин, елементів, енергії та інформації, набули широкого застосування та попиту.

Ефективні мікроорганізми (ЕМ) відносять до сучасних технологій, які передбачають використання мікрофлори, здатної до створення та підтримання процесів регенерації та очищення компонентів навколишнього середовища. Одна з розробок даного напрямку – препарат «Тамір». Це складний за функціональною активністю комплекс мікроорганізмів із високою здатністю до переробки та ферментації органічних речовин. Він призначений для очищення каналізаційних систем і стоків від жирових відкладів, відновлення дренажу, усунення неприємних запахів, прискореної переробки на високоякісний компост побутових та сільськогосподарських відходів [1; 3].

Японський професор Теруо Хіга об'єднав різні культури мікроорганізмів у ЕМ, до яких увійшло понад 80 штамів із 10 родів і 5 родин (фотосинтетичні бактерії, молочнокислі бактерії, дріжджі, актиноміцети, ферментувальні гриби). Вони об'єднують усі відомі метаболічні особливості мікроорганізмів: біоценози, які розвиваються в анаеробних і аеробних умовах, із гетеротрофними та автотрофними типами живлення, із симбіотичними чи метабіотичними зв'язками [1; 4], вони під дією амілази розкладають крохмаль, протеази – білки, целюлази – целюлозу, кератинази – кератин, ліпази – жири [13]. Вибір даної технології визначається її особливістю, оскільки вона є стійкою асоціацією аеробних та анаеробних мікроорганізмів, які співіснують в одному середовищі в режимі активного взаємообміну джерелами живлення, продукти життєдіяльності однієї групи необхідні для іншої, при цьому відбувається акумуляція позитивних властивостей об'єднаних систем мікроорганізмів.

Деякі анаеробні представники ЕМ здатні переходити з одного метаболічного процесу на інший (з анаеробного дихання на аеробне), їх умовно відносять до факультативних анаеробів (більшість представників дріжджів). Інші не здатні змінювати тип дихання, але не гинуть за присутності молекулярного кисню, їх відносять до групи аеротолерантних анаеробів (молочнокислі бактерії). Облігатні анаероби за присутності молекулярного кисню гинуть (деякі представники бактерій та дріжджів: *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Methanobacterium*) [1; 3; 4].

Анаеробні організми можуть отримувати енергію шляхом катаболізму амінокислот та їх сполук (пептидів, білків). Характерний для них гліколіз, який залежно від кінцевих продуктів реакції поділяють на декілька типів бродіння. Для ЕМ переважає молочнокисле (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*), спиртове (*Candida*) чи метанове бродіння (*Methanobacterium*) [2; 4–6].

Аеробні організми здійснюють біологічне окиснення, головним чином, за допомогою клітинного дихання, з утворенням токсичних продуктів неповного відновлення O_2 , продукують низку ферментів (каталазу, супероксидисмутазу), що забезпечують розкладання токсинів [2]. Особливе місце серед аеробів посідають види, здатні до фотосинтезу, які використовують у своїй життєдіяльності енергію сонячного світла та синтезують речовини, що містять амінокислоти, біологічно активні речовини та цукри.

Ціанобактерії та фотосинтезувальні еукаріоти як джерело вуглецю утилізують CO_2 , деякі представники ціанобактерій засвоюють атмосферний нітроген.

Такі сапрофіти як молочнокислі бактерії не можуть синтезувати білки свого тіла із простих азотумісних сполук. Їх розвиток можливий лише за наявності у середовищі складних органічних форм нітрогену (пептонів, пептидів) або повного набору амінокислот, що входять до складу білків їх клітин [2; 3; 6; 7]. Вони виробляють молочну кислоту як основний кінцевий продукт ферментації вуглеводів з органічних речовин, утворених фотосинтезувальними бактеріями та дріжджами. Молочна кислота прискорює розкладання органічної речовини, а також лігніну та целюлози, тим самим пригнічуючи патогенні та умовно патогенні організми. Тривалість життя молочнокислих бактерій збільшується у симбіозі з дріжджами.

Багато сапрофітів (бактерії, гриби, дріжджі) не потребують готових амінокислот, задовольняючись мінеральними сполуками нітрогену, переважно амонійними. Більшість грибів, актиноміцетів, рідше бактерій споживають як джерело нітрогену нітрати, нітрити [2; 10]. Ці окиснені форми нітрогену попередньо відновлюються з утворенням аміаку.

Дріжджі використовують органічні сполуки для отримання енергії та як джерело вуглецю. Їм необхідний кисень для дихання, проте за його відсутності багато видів здатні отримувати енергію за рахунок анаеробного дихання (бродиння) з виділенням спиртів. При пропусканні повітря через зброджуваний субстрат дріжджі припиняють бродиння та починають дихати, споживаючи кисень і виділяючи вуглекислий газ [1; 3]. В анаеробних умовах вони можуть використовувати як джерело енергії тільки вуглеводи, в основному гексози та побудовані з них олігосахариди. В аеробних умовах спектр засвоєних субстратів ширший: крім вуглеводів – також жири, ароматичні сполуки, спирти, органічні кислоти. Джерела нітрогену – солі амонію, більшість видів продукують нітратредуктазу та можуть засвоювати нітрати. Дріжджі синтезують біологічно активні речовини з амінокислот і цукрів, які виробляють фотосинтезувальні бактерії та водорості. Культури дріжджів – корисні субстрати для молочнокислих бактерій і актиноміцетів, які, у свою чергу, синтезують антибіотичні речовини.

Ферментувальні гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium* швидко розкладають органічні речовини, виробляючи етиловий спирт, складні ефіри та антибіотики. Вони – анаероби, що за допомогою ліпази гідролізують жири [10; 12; 13].

Застосування мікроміцетів забезпечує ефективне очищення води від органічних речовин та іонів важких металів. Вони володіють високорозвиненою седиментаційною здатністю та складною ферментативною системою, завдяки якій добре засвоюють органічні речовини. Седиментаційні властивості актиноміцетів проявляються краще, ніж у дріжджів і бактерій, та за коротший проміжок часу. У процесі життєдіяльності ЕМ продукують біофунгіциди, які пригнічують розвиток патогенних організмів.

Здатність ЕМ виробляти різноманітні ферменти пояснює їх високу адаптованість до різних концентрацій забруднень, присутніх у стічних водах. Поступове введення речовин за певних концентрацій, що зазвичай інгібують ферментативну активність клітин, дає змогу адаптуватися їм до нових умов і пояснює постійне розширення області застосування ЕМ. Ця технологія визнана та впроваджується в Індонезії, Кореї, Тайвані, Пакистані, Індії, Китаї, Аргентині, США, Франції, Німеччині, Іспанії, Португалії та інших країнах. До основних переваг ЕМ технологій належить те, що:

– мікроорганізми – ефективні, стабільні та прості форми каталізу біотехнологічних процесів;

- велике генетичне різноманіття дає змогу здійснювати практично необмежену біологічну активність, має великий потенціал деградації забруднень;
- стабільний анаеробно-аеробний комплекс мікроорганізмів, здатний до швидкого розвитку та розмноження;
- вони резистентні до сторонньої мікрофлори, володіють високою конкурентоспроможністю;
- характеризуються різноманітними ферментними системами та лабільністю метаболізму, що дає змогу підтримувати середовище в рівновазі за хімічними та мікробіологічними характеристиками;
- мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності не виявляють токсичності, токсикогенності;
- зумовлюють деградацію органічних і неорганічних відходів, стабілізацію основних органолептичних показників, знищення запахів, відновлення ресурсів для повернення в кругообіг вуглецю, нітрогену, фосфору та сірки.

Недоліки:

- за температури менше +10 °С мікроорганізми припиняють активність, реагують на різкі зміни умов навколишнього середовища та навантаження;
- для їх розвитку обов'язкова наявність органічної маси, відсутність токсичних і отруйних компонентів.

Мета цієї статті – оцінити ефективність аеробно-анаеробного комплексу препарату «Тамір» у процесі очищення стічних вод на комунальних очисних спорудах м. Южноукраїнськ (Миколаївська область).

Матеріал і методи досліджень

Експеримент проведено на очисному комунальному підприємстві м. Южноукраїнськ у період 8.04–19.04.2011 р. Проби води відібрані з першого коридору аеротенків проммайданчика та господарсько-побутової каналізації, а також із відстійників. Як деструктор забруднень використано мікробіологічний препарат «Тамір». Біопрепарат випускають у рідкій формі у ємності 30 мл. Мікроорганізми перебувають у так званому стані «сну», коли призупинені майже всі процеси метаболізму. При додаванні води температурою +28...+30 °С, поживного субстрату у вигляді глюкози та урагаси прискорюються процеси розвитку та розмноження організмів. Приготування препарату відбувається у два етапи. Перше розведення у співвідношенні 1 : 100, вода повинна бути не хлорована, без токсичних і отруйних компонентів. Концентрат періодично перемішували та тримали у світлому місці 2–3 доби, за температури не менше +15 °С. Надлишок живильних речовин і відсутність продуктів обміну підтримує максимально можливу в даних умовах швидкість розмноження клітин, яка визначається лише біологічною сутністю процесу їх відтворення та розвитку.

Далі готували робочий розчин, який необхідно використовувати майже відразу після розведення. Ефективна концентрація для комунально-побутових стоків 1 : 1 500.

Результат оцінювали за органолептичними, хімічними та бактеріологічними показниками через різні проміжки часу (вісім годин, три доби, тиждень).

Результати та їх обговорення

Проблема очищення стічних вод міських територій визначає ступінь чистоти водних об'єктів. У господарсько-побутових стічних водах близько 42 % забруднень складають мінеральні речовини, 58 % – органічні речовини. При надходженні у водойми стічних вод без очищення спостерігається дефіцит кисню та накопичення

сірководню, посилене розмноження ціанобактерій і синьо-зелених водоростей («цвітіння» води або евтрофікація), це, у свою чергу, викликає масовий замор водних організмів, особливо промислових видів риб. Біохімічне очищення стічних вод відбувається у два етапи: сорбція поверхнею клітин бактерій розчинених органічних речовин і колоїдів; окиснення та мінералізація розчинених і адсорбованих речовин мікроорганізмами.

Аеробне біологічне очищення – основний метод, що видаляє до 70 % забруднень за ХСК, визначає якість очищення та споживає найбільшу кількість енергії. У діапазоні низьких навантажень ефективність за даним показником може досягати 90 %. Ефективність за ХСК для відстійників проммайданчика та господарсько-побутових стоків у середньому складає 71,5 %, відповідно для аеротенків 21,4 % (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Результати дослідження стічних вод проммайданчика м. Южноукраїнськ за органолептичними та хімічними показниками з використанням препарату «Тамір»

Показники	Норма*	Результати аналізів							
		вода з першого відстійника				вода з аеротенків			
		стічна вода	через 8 год	через 3 доби	через 7 діб	до	через 8 год	через 3 доби	через 7 діб
Запах, бал.	< 1	5	3	2	2	4	3	3	3
Прозорість, см	< 10	3	5	10	13	5	7	7	10
pH	6,5–8,5	7,5	6,9	6,9	6,9	7,3	7,1	7,0	7,0
Аміак, мг/дм ³	< 2,5	0,6	11,6	11,6	18,9	12,0	3,2	3,2	3,2
Нітрати, мг/дм ³	< 45	–	–	–	–	51,2	57,6	57,6	57,6
Нітриди, мг/дм ³	< 3,3	–	–	–	–	0,07	0,93	0,93	0,93
Сульфати, мг/дм ³	< 500	343,7	335,9	334,8	334,8	387,1	386,9	386,9	386,9
Хлориди, мг/дм ³	< 350	118,4	94,9	92,1	90,4	105,8	101,4	101,4	101,4
Фосфати, мг/дм ³	< 3,5	6,8	6,7	6,7	6,7	6,9	12,7	12,7	12,7
ХСК, мг/дм ³	< 30	128,9	28,9	40,0	32,0	30,3	23,4	20,0	20,0
Сухий залишок, мг/дм ³	< 1000	1504	352	500	500	732	542	540	340

Примітки: * – нормативи якості стічних вод згідно з СанПін 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных водоемов от загрязнения».

Таблиця 2

Результати дослідження стічних вод господарсько-побутової каналізації м. Южноукраїнськ за органолептичними та хімічними показниками з використанням препарату «Тамір»

Показники	Норма*	Результати аналізів							
		вода з першого відстійника				вода з аеротенків			
		стічна вода	через 8 год	через 3 доби	через 7 діб	до	через 8 год	через 3 доби	через 7 діб
Запах, бал.	< 1	5	3	2	2	4	3	3	3
Прозорість, см	< 10	3	5	10	13	5	7	7	10
pH	6,5–8,5	7,5	6,6	7,0	7,0	7,0	6,8	6,8	6,8
Аміак, мг/дм ³	< 2,5	37,0	32,4	20,4	14,3	6,8	6,0	3,6	3,6
Нітрати, мг/дм ³	< 45	–	–	–	–	39,8	44,6	44,6	44,6
Нітриди, мг/дм ³	< 3,3	–	–	–	–	0,35	16,92	16,92	16,92
Сульфати, мг/дм ³	< 500	96,1	80,1	76,2	76,2	159,9	134,6	134,6	134,6
Хлориди, мг/дм ³	< 350	132,9	126,6	116,6	100,4	119,4	111,2	106,7	106,7
Фосфати, мг/дм ³	< 3,5	12,4	12,4	12,4	12,4	13,3	20,4	20,4	20,4
ХСК, мг/дм ³	< 30	128	43	30	30	25	21	18	18
Сухий залишок, мг/дм ³	< 1000	3108	852	753	700	538	432	358	395

Примітки: * – див. табл. 1.

При цьому активно йдуть процеси нітрифікації, значення pH середовища знижується, що підтверджують результати досліджень, внаслідок зменшення концентрації амонійного азоту та утворення нітратів, а ефективність нітрифікації та очищення в цілому може бути лімітована запасом лужності. Зниження показників pH впливає на інтенсивність обміну речовин у бактерій, а при pH нижче 5 бактерії витісняються грибами. Таким чином, упродовж перших 8 годин значно поліпшуються органолептичні показники води (зникає запах, збільшується прозорість). На третю добу проби, відібрані з перших відстійників проммайданчика та комунальних стоків, відповідають нормативам якості за прозорістю, а з аеротенків – на сьому добу. Підвищення концентрації аміаку та відсутність ніритів та нітратів у першому відстійнику проммайданчика свідчать про активний початок процесу розкладання органічних речовин, оскільки окиснення амонійного азоту починається після того, як органічні речовини практично трансформовані, а активність гетеротрофної мікрофлори перебуває у стаціонарному режимі. Зменшення концентрації аміаку майже до норми з утворенням ніритів та нітратів у зразках, відібраних з аеротенка, вказує на наближення до завершення процесу окиснення:



Метаболізм автотрофних нітрифікаторів, до яких належать деякі представники ЕМ, перебігає оптимально лише при pH від 7 до 8. Діапазон pH , в якому відбувається повна нітрифікація від аміаку до нітрату, дуже вузький, оскільки вільний аміак (при високих значеннях pH) і азотна кислота (при низьких значеннях pH) мають токсичну дію на нітрифікаторів. Відомо, що концентрації вільного NH_3 та вільної HNO_2 залежать від pH середовища. Порівняно з контролем, де не використовувався препарат, концентрація сухого залишку на проммайданчику у відібраних зразках була на 25 % меншою, у стоках господарсько-побутової каналізації – на 18 % меншою.

Утворений у результаті гідролізу білків фосфор присутній у воді у вигляді фосфатів. Сульфати та хлориди важко піддаються біологічному розкладанню, тому їх концентрації практично не змінились, перебувають у діапазоні допустимих. Анаеробні організми майже не впливають на кількість сульфатів у воді, а анаероби відновлюють їх до сульфідів [1; 8–11].

Велику роль відіграють фотосинтезувальні мікроорганізми: вони підтримують необхідний рівень розчинного кисню, що важливо для ефективності очищення, поглинають нестійкі органічні сполуки та пригнічують патогенну мікрофлору [8–11; 13].

У процесі життєдіяльності мікроорганізми активно синтезують ліполітичні, амілазолітичні, карбогідразні та інші ферменти, що розкладають органічні речовини. При біологічному очищенні значна частина забруднювальних компонентів трансформується, розчинені та завислі органічні речовини в результаті метаболічної активності мікроорганізмів перетворюються на біологічну масу [11; 12]. При зниженні вмісту органіки у воді до певної межі життєдіяльність мікроорганізмів триває за рахунок накопичених живильних речовин або їх власної маси, тобто відбувається відмирання та окиснення мікроорганізмів зі зниженням загальної маси.

Чисельні переваги корисних мікроорганізмів біопрепарату забезпечує прискорене відмирання в стоках патогенної та умовно патогенної мікрофлори за принципом пробіотичного антагонізму (табл. 3, 4). Оскільки характер забруднень стічних вод дозволяє використовувати у процесах їх очищення широкий спектр організмів, які мають різні метаболічні властивості та потреби, існує можливість ефективного очищення стічних вод і надання їм високих показників якості без утворення надмірного обсягу осаду. Для практичної реалізації необхідна розробка технологічної схеми біологічного

очищення з урахуванням режиму надходження води, вмісту в ній біогенних елементів, завислих речовин, жирів, коливань *pH* і температури. Друга умова полягає в необхідності застосування аеробно-анаеробної суміші з огляду на високі концентрації забруднювальних речовин і різних швидкостей окиснення окремих їх компонентів.

Таблиця 3

Показники зміни колі-індексу при використанні препарату «Тамір»

Тривалість експерименту, годин	Міська господарсько-побутова каналізація	Проммайданчик
0	$8,3 \cdot 10^8$	$0,1 \cdot 10^8$
8	$1,1 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^7$
72 (Здоби)	$8,6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$
168 (7 діб)	$0,1 \cdot 10^6$	$0,6 \cdot 10^6$

Таблиця 4

Загальна зміна мікробного числа при використанні препарату «Тамір»

Тривалість експерименту, годин	Міська господарсько-побутова каналізація	Проммайданчик
0	$2,4 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^9$
8	$0,2 \cdot 10^9$	$0,7 \cdot 10^9$
72 (Здоби)	$0,2 \cdot 10^9$	$0,6 \cdot 10^9$
168 (7 діб)	$0,2 \cdot 10^9$	$0,6 \cdot 10^9$

Висновки

На комунальних очисних спорудах м. Южноукраїнськ мікробіологічний препарат «Тамір» через 8 годин поліпшує основні органолептичні властивості (зміну кольору, зникнення запаху, збільшення прозорості). Високої ефективності щодо зміни концентрацій хімічних компонентів не виявлено, що вказує на необхідність модернізації методики використання препарату. Застосування препарату «Тамір» зумовлює зростання концентрації у воді нітратів і особливо небезпечних нітритів, яке може перевищити ГДК у декілька разів. Проводяться повторні дослідження «Таміру» з урахуванням попередніх результатів на міських очисних спорудах Южноукраїнська та Нової Одеси (КП «Прибузьке»), а також на підприємстві молочнопереробної промисловості ТОВ «Інтер фуд». Для підвищення ефективності препарату у процесі мікробіологічного очищення стоків необхідно детальніше дослідити чинники, які впливають на деградацію забруднювальних речовин, і використовувати його у комплексі з іншими методами очищення.

Бібліографічні посилання

1. **Блинов В. А.** Биологическое действие эффективных микроорганизмов / В. А. Блинов, С. Н. Буршина, Е. А. Шапулина // Биологические препараты. Сельское хозяйство. Экология: практика применения. – Улан-Удэ, 2008. – № 7. – С. 30–31.
2. **Громова Н. Г.** ЭМ препараты в коммунальном хозяйстве. Первый опыт / Н. Г. Громова, А. В. Гулей // Надежда Планеты. – 2001. – № 12. – С. 12.
3. **Засеева Д. А.** Опыт обработки сточных вод с помощью эффективных микроорганизмов в Японии / Д. А. Засеева, А. М. Елисеев // Надежда Планеты. – 2001. – № 3. – С. 13–15.
4. **Ковальчук В. А.** Біотехнологія очистки стічних вод підприємств харчової промисловості / В. А. Ковальчук, О. В. Ковальчук, В. І. Самелюк // Коммунальное хозяйство городов. – К. : Техніка, 2010. – № 93. – С. 182–187.
5. **Ковальчук В. А.** Сооружения для предварительной и глубокой очистки сточных вод пищевых предприятий // Вода Magazine. – 2010. – № 7 (35). – С. 10–14.

6. **Ковальчук В. А.** Біологічна очистка стічних вод в аеротенках-відстійниках зі струминною аерацією / В. А. Ковальчук, О. В. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – 2010. – № 5. – С. 11–13.
7. **Колобанов С. К.** Проектирование очистных сооружений канализации / С. К. Колобанов, А. В. Ершов, М. Е. Кигель. – К. : Будівельник, 1977. – 221 с.
8. **Dhote S.** Water quality improvements through macrophytes – A review / S. Dhote, S. Dixit // Environmental Monitoring and Assessment. – 2009. – P. 149–153.
9. **Heidmann Torsten** Reinigung industrieller Abwaasser durch chemisch biologische Verfahren / Torsten Heidmann, A. Henke Gustav // WLB: Wasser Luft und Boden. – 1990. – N 1–2. – P. 26–27.
10. **Luesk G. W.** A growing interest in waste water plants // Waste Age. – 1999. – № 6. – P. 87–92.
11. **Ronald M.** Microbial Ecology, Fundamental and Application / M. Ronald, B. Richard. – Sydney: Addison-Wesley Publishing Company, 2001. – 560 p.
12. **Schwer C.** Vegetative filter treatment of dairy milkhouse wastewater / C. Schwer, J. Clausen // J. Environ. Qual. – 2001. – N 4. – P. 46–51.
13. **Sen Asit K.** Removal and uptake of copper (II) by *Salvinia natans* from wastewater / K. Sen Asit, G. Mondal Nitya / Water, Air and Soil Pollut. – 2007. – № 2. – P. 1–6.

Надійшла до редколегії 06.02.2012