

ВПЛИВ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ НА ЗМІНУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ДЕФЕКТНІСТЬ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

Проведено вивчення впливу водопровідної води на зміну властивостей та дефектність поліетиленових труб протягом довготривалої експлуатації. Електронно-мікроскопічними дослідженнями виявлені зміни морфології поверхонь зовнішньої та внутрішньої стінок водопровідних труб, що перебували в експлуатації протягом шести років. За допомогою енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії проведено дослідження осаду та сольових відкладень на внутрішніх стінках труб. Розглянуто питання впливу якості водопровідної води та води із свердловини на структуру та дефектність полімерних водопровідних виробів.

Ключові слова: поліетиленові труби, дефектність, структура, водопровідна вода.

N.I. DOMANTSEVICH, O.V. SHUNKINA, B.P. YATSYSHYN

Lviv Academy of Commerce

INFLUENCE OF TAPWATER ON PROPERTIES CHANGE AND INHERENT FLAW OF POLYETHYLENE PIPES

Abstract - Research Aim is to define the degree of influence of tapwater on the change of properties and inherent flaw of polyethylene pipes, during their long exploitation.

The morphology changes of surfaces on external and internal walls of water-pipes which were in exploitation during six years have been noticed by electronic-microscopic researches. The research of sediment and salt sedimentations on the midwalls of pipes has been conducted by means of the energy dispersible x-rayed spectroscopy. The question of quality influence of running water and water from a mining hole on a structure and inherent flow of polymeric tapwater pipes was analyzed.

The influence of tapwater on the properties change and inherent flaw of polyethylene pipes during their long exploitation has been demonstrated by means of electronic-microscopic researches.

Keywords: polyethylene pipes, inherent flaw, structure, tapwater

Вступ

Одночасний вплив багатьох факторів, що діють на полімерний трубопровід протягом усього терміну експлуатації, може призвести до зміни фізико-механічних властивостей та викликати активну деструкцію матеріалу. Визначення ступеня впливу комплексу чинників (сонячна радіація, атмосферостійкість, зовнішнє агресивне середовище, показники якості води, величина внутрішньотрубного тиску тощо), які змінюють терміни експлуатації та погіршують якість вихідних матеріалів, є першочерговим завданням у визначенні споживних властивостей матеріалів.

Одним із напрямків досліджень, що стосуються змін експлуатаційних властивостей поліетиленових трубопроводів є вивчення впливу води, яка збагачена дезінфікуючими засобами. Ця проблема порушується у великому обсязі науково-технічної літератури, починаючи із вісімдесятих років двадцятого століття. Результати досліджень впливу води з дезінфікуючими засобами на поліетиленові водопровідні вироби незначно відрізняються, що зумовлено використанням різних методик експериментів та застосуванням води з різними фізичними, хімічними та біологічними показниками. Найбільш частими експлуатаційними вадами, що спричиняють передчасний вихід з ладу поліетиленових труб були дефекти, пов'язані із утворенням тріщин на внутрішніх стінках водопровідних труб, які використовувались у мережах із носієм, де як дезінфікуючий засіб використовувався діоксид хлору. Аналогічні результати отримані при дослідженнях водопровідних полімерних виробів, що використовувались у мережах, де дезінфікуючим компонентом були хлор, хлораміни, гіпохлорит натрію, які приводять до кисневої деструкції, зниження його молярної маси, крихкості матеріалу та активного дефектоутворення по поверхні внутрішніх стінок труб [1–7].

Метою даного дослідження було визначення впливу водопровідної води на споживні властивості та якість поліетиленових труб, які були задіяні в системі водопостачання КП "Пустомитиводоканал" (Україна, Львівська область).

Об'єктом дослідження – труби із поліетилену ПЕ80 (з модифікуючими додатками), що перебували в експлуатації протягом шести років у системі водопостачання холодної води.

Експериментальна частина

Дослідження поверхні зразків проводилися на скануючому електронному мікроскопі EVO-40XVP з високою роздільною здатністю. Для забезпечення контрастності зразки підлягали попередній іонній очистці на приладі ВУП-4, де проводилося напилення алюмінію для забезпечення стоку зарядів.

Експлуатація протягом року значно не вплинула на полімерну трубу, однак, виявлено початкові зміни структури поверхні, а саме: зростання кристалічності зразка та збільшення кількості дефектів. Дефектність структури поверхні проявляється у збільшенні ширини тріщин, наприклад від 1 мкм до 2 мкм, збільшення пор у діаметрі від 0,5 мкм до 1–1,5 мкм (рис. 1).

У результаті дослідження поліетиленових труб встановлено, що морфологія поверхні зразків, що перебували в експлуатації протягом 6 років, набула більшої рельєфності, тріщини на межі розділу фаз збільшились у розмірах і коагулюються, що особливо помітно при порівнянні структур при малому збільшенні (рис. 1 а, 2 а). При цьому на поверхні спостерігаються напрямки, по яких дані дефекти

концентруються і по лініях яких у наступному зі зростанням механічного навантаження можуть утворюватися розриви та розломи. Одночасно на поверхні з'являються пори, шароподібні утворення термостабілізатора, зростає кількість місць з активним виділенням пігменту (рис. 2, б).

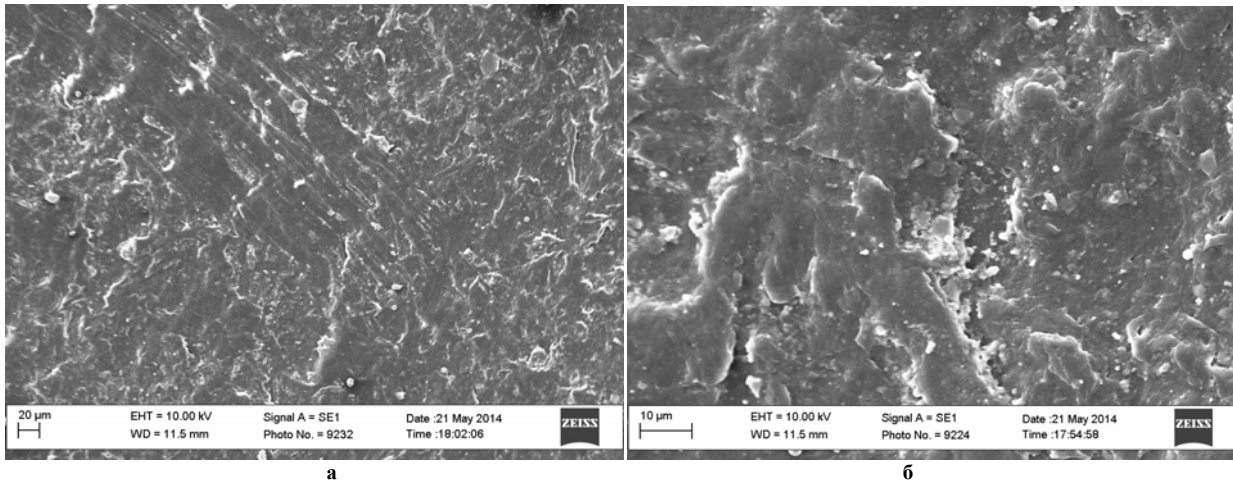


Рис. 1. Структура поверхні поліетиленової труби, що знаходилась в експлуатації протягом 1 року: а – X 200; б – X 1000

Тривала експлуатація поліетиленових труб змінює їхні характеристики. В основному, це пов'язано з часовими змінами структури під дією внутрішніх (додатки, наповнювачі) і зовнішніх (агресивне зовнішньо-і внутрішньотрубне середовище, фотоокислювальна деструкція, розрив полімерних ланок, вимивання додатків, механічне навантаження під час монтажу, тиск води тощо) чинників. Всі ці фактори призводять до збільшення центрів кристалізації, а в подальшому – до загального зростання обсягу кристалічної фази в полімерній матриці. Дане неодмінно спонукає до підвищення дефектності матеріалу через виникнення напружень по лінії розділу кристалічної та аморфної фаз, а також до виникнення порушень росту самих кристалів [8, 9].

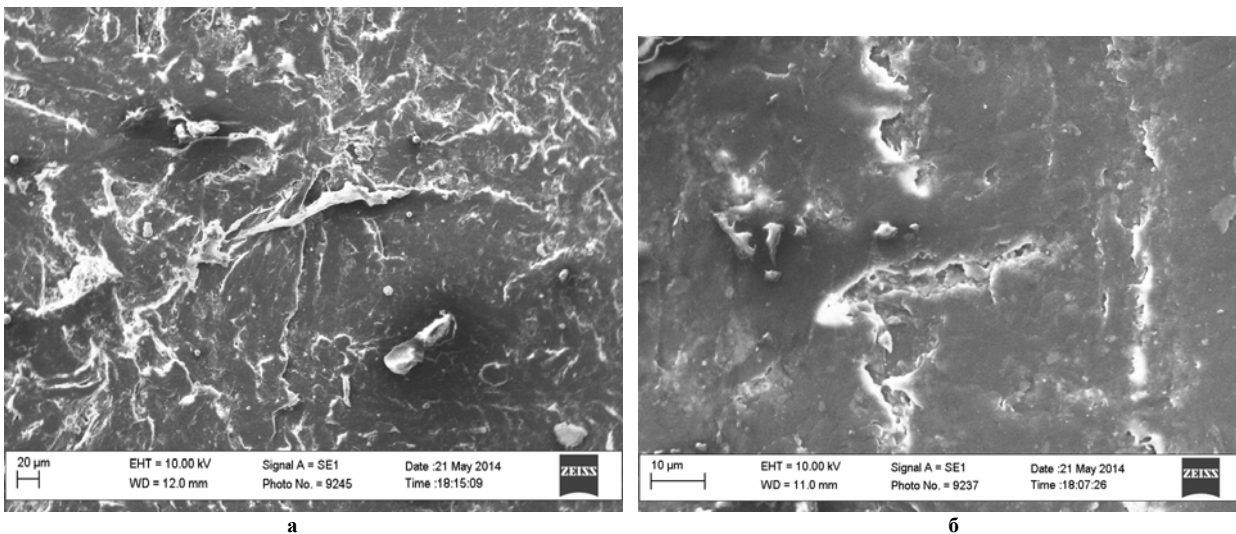


Рис. 2. Структура поверхні поліетиленової труби, що знаходилась в експлуатації протягом 6 років: а – X 200; б – X 1000

Подальша експлуатація при навантаженнях таких труб призведе до утворення більшої кількості дефектів. З часом у місцях контакту аморфної і кристалічної фази, вкраплень пігменту, включень додатків і наповнювачів можуть виникнути дефекти, розміри яких будуть збільшуватись під впливом навантажень або несприятливих умов експлуатації. Тому, введення в полімерну матрицю будь-яких речовин і матеріалів, які знижують ступінь кристалічності, полегшує процес переробки за рахунок збільшення вільного об'єму системи, спричиняє зростання рухливості сегментів полімеру та аморфізацію матриці і, відповідно, сприяє підвищенню механічних характеристик труб.

На внутрішній стінці водопровідних труб, які були в експлуатації протягом 6 років, спостерігається утворення осаду та солевих відкладень. Зондування поверхні зразка дало змогу виявити розбіжності у структурі осаду та солевих відкладень по різних напрямках (рис. 3).

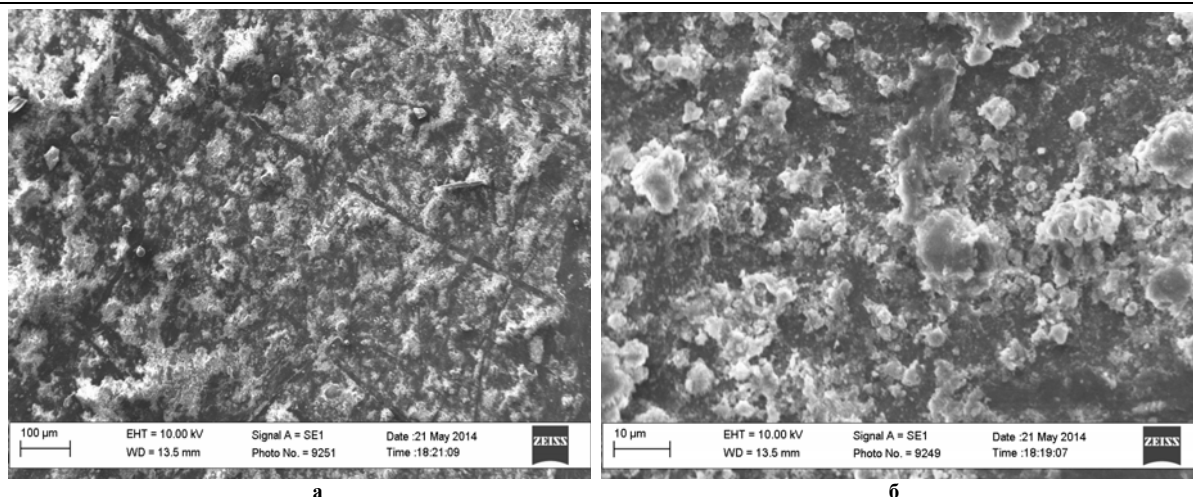


Рис. 3. Осадові формування та сольові відкладення на внутрішній стінці водопровідної поліетиленової труби, яка перебувала в експлуатації протягом 6 років: а – X 100; б – X 1000

Виявлені структуроутворення, без сумніву, зумовлюють вплив на внутрішню поверхню труби під час експлуатації, оскільки щільно заповнюють пори та тріщини поверхні полімерної матриці-основи. Не слід нехтувати даним фактором, який, хоча і не відноситься до агресивного впливу на фізичні та хімічні характеристики виробу, проте може служити стимулятором перетворень в масиві поліетиленового виробу.

Поелементне дослідження осаду та сольових відкладень на внутрішніх стінках труб методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (EDX) дозволило визначити якісний склад структури осаду (рис. 4).

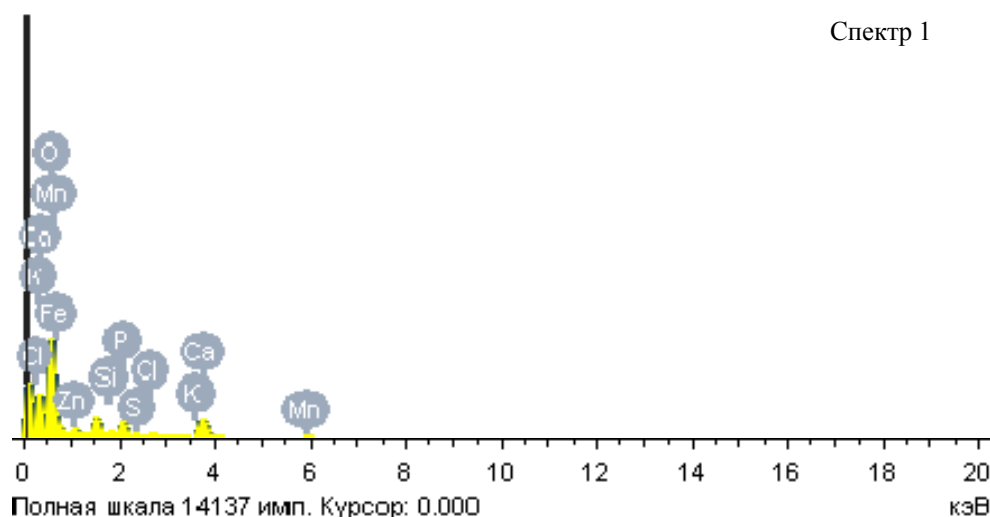


Рис. 4. Рентгенівський характеристичний спектр внутрішньої поверхні поліетиленової труби отриманий за допомогою енергодисперсійного рентгенівського спектрального аналізатора

По отриманих характеристичних спектрах встановлено наявність на поверхні досліджуваного зразка іонів Mn^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Cl^- , Zn^{2+} , Si^{4+} , P^{3+} в різній концентрації, перелік яких подано у табл. 1.

Таблиця 1

Поелементний склад мінеральних відкладень

Елементи	Ваговий, %	Атомний, %
O	45,01	69,85
Si	1,74	1,54
P	4,64	3,72
K	0,57	0,36
Ca	15,36	9,51
Mn	9,01	4,07
Fe	16,86	7,50
Zn	4,26	1,62
Сума	100,00	-

Основним фактором впливу на утворення осаду та сольових відкладень на стінках труби є фізичні,

хімічні та біологічні показники водопровідної води. Поелементний склад відкладень на внутрішній поверхні поліетиленових труб частково відповідає показникам якості водопровідної води, яка транспортувалась у системі водопостачання. Згідно досліджень хімічних показників води із свердловини “Хоросно”, з якої протягом всього терміну експлуатації трубопроводу постачалась вода, визначено її якісний і кількісний склад (табл. 2).

Таблиця 2

Показники якості води із свердловини “Хоросно”

№ п/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Фактична концентрація
1	Гідрокарбонати	мг/дм ³	256,2
2	Сульфати	мг/дм ³	82,6
3	Кальцій	мг/дм ³	42,08
4	Натрій + Калій	мг/дм ³	63,25
5	Хлориди	мг/дм ³	30,6
6	Сухий залишок	мг/дм ³	492,0
7	Завислі речовини	мг/дм ³	3,35
8	Азот амонійний	мг/дм ³	0,02
9	Нітрити	мг/дм ³	0,0015
10	Нітрати	мг/дм ³	14,8
11	Фосфати	мг/дм ³	0,019
12	Окислюваність КМnO ₄	мг/дм ³	1,33
13	ХСК	мг/дм ³	9,09
14	Залізо заг.	мг/дм ³	0,09
15	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,0
16	Аніонні СПАР	мг/дм ³	0,0
17	Мідь	мг/дм ³	0,0031
18	Свинець	мг/дм ³	0,0159
19	Марганець	мг/дм ³	0,0532
20	Кобальт	мг/дм ³	0,011
21	Фтор	мг/дм ³	0,039
22	Активна реакція рН	-	7,43

Результати дослідження якості води зі свердловини показали значний вміст неорганічних компонентів, таких як марганець, свинець та натрій + калій, що зумовило утворення мінеральних відкладень на внутрішній стінці труби.

Результати дослідження якості водопровідної води за санітарно-мікробіологічними та органолептичними показниками подано у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати дослідження водопровідної води

№ п/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Результат дослідження
1	Запах при 20°C	бал	0
2	Запах при 60°C	бал	0
3	Смак і присмак при 20°C	бал	0
4	Кольоровість	градус	0
5	Каламутність	мг/дм ³	1,0
6	Загальне мікробне число	КУО/см ³	2,5x10 ¹
7	Загальні коліформи	КУО/100см ³	не виявлено
8	E. coli	КУО/100см ³	не виявлено
9	Ентерококи	КУО/100см ³	не виявлено

Дослідження питної води за санітарно-мікробіологічними та органолептичними показниками підтвердило відповідність якості водопровідної води, яка транспортується з використанням поліетиленових труб, чинним нормативним документам. Досліджена вода зі свердловини “Хоросно” та водопровідна вода КП “Пустомитиводоканал” відповідає гранично допустимим нормам ДержСанПіН 2.2.4-171-10 - I класу.

Висновки

Дослідження внутрішньої та зовнішньої поверхні поліетиленових водопровідних труб, структури осаду та сольових відкладень встановило можливість тривалої експлуатації полімерних виробів для транспортування води. Визначено вплив якісних характеристик водопровідної води на споживні властивості поліетиленових труб при тривалій їх експлуатації. Показано, що наявність мінеральних відкладень на

внутрішній стінці труби може призвести до пониження експлуатаційних характеристик водопровідної мережі. Встановлено, що водопровідна вода, яка використовується на даний час у водопровідній мережі і відноситься до I класу згідно ДержСанПіН 2.2.4-171-10, може призводити до утворення осаду та сольових відкладень на внутрішніх стінках поліетиленових труб та збільшувати їх дефектність.

Література

1. J. Hassinen, M. Lundback, W. Ifwarson, and U. W. Gedde, Deterioration of polyethylene pipes exposed to chlorinated water, *Polymer Degradation and Stability*, № 84, 2004 pp. 261–267.
2. S. Chung, K. Oliphant, P. Vibien, and J. Zhang, An examination of the relative impact of common potable water disinfectants (Chlorine, Chloramines and Chlorine dioxide) on plastic piping system components. URL : http://plasticpipe.org/pdf/relative_impact_of_potable_water_disinfectants.pdf.
3. D. Castagnetti, G. Scire Mammano, and E. Dragoni, Effect of chlorinated water on the oxidative resistance and the mechanical strength of polyethylene pipes, *Polymer Testing*, № 30, 2011 pp. 277–285.
4. X. Colin, L. Audouin, J. Verdu, M. Rozental-Evesque, F. Martin, and F. Bourguine, Kinetic modeling of the aging of polyethylene pipes for the transport of water containing disinfectants, In Proc. of the plastics pipes XIII conference, 02-06 October 2006. Washington DC, USA, 2006.
5. M. Sanchez, S. Louis, M. Rozental-Evesque, B. Rabaud, and K. Glucina, Development of a “Nol ring” test to study polyethylene pipe degradation, in Proc. of PPXIV conference, 22–24 October 2008. Budapest, Hungary, 2008.
6. J. Eng, T. Sassi, T. Steele, G. Vitarelli, The Effects of Chlorinated Water on Polyethylene Pipes. URL : <http://hdpeoxidation.com/Effects%20of%20Cl%20Water%20on%20PE%20Pipes%20-%20Cytec%202011.pdf>.
7. M. Lundback, Long-term performance of polyolefins in different environments including chlorinated water: Antioxidants consumption and migration, and polymer degradation: doctoral Thesis. Stockholm, 2005. 45 p.
8. Доманцевич Н. И. Структуро- и дефектообразования при длительном старении ингибированных полимерных пленок / Н. И. Доманцевич, Б. П. Яцишин // *Физика и химия твердого тела*. – 2003. – Т.4. – № 2. – С. 323–328.
9. Скоробогатый Я. П. Старение полимерных модифицированных материалов в условиях закрытого складирования и в естественных климатических условиях / Я. П. Скоробогатый, Н. И. Доманцевич, Б. П. Яцишин // *Хим. пром-сть Украины*. – 2002. – № 1. – С. 32–34.

References

1. J. Hassinen, M. Lundback, W. Ifwarson, and U. W. Gedde, Deterioration of polyethylene pipes exposed to chlorinated water, *Polymer Degradation and Stability*, № 84, 2004 pp. 261-267.
2. S. Chung, K. Oliphant, P. Vibien, and J. Zhang, An examination of the relative impact of common potable water disinfectants (Chlorine, Chloramines and Chlorine dioxide) on plastic piping system components. URL : http://plasticpipe.org/pdf/relative_impact_of_potable_water_disinfectants.pdf.
3. D. Castagnetti, G. Scire Mammano, and E. Dragoni, Effect of chlorinated water on the oxidative resistance and the mechanical strength of polyethylene pipes, *Polymer Testing*, № 30, 2011 pp. 277-285.
4. X. Colin, L. Audouin, J. Verdu, M. Rozental-Evesque, F. Martin, and F. Bourguine, Kinetic modeling of the aging of polyethylene pipes for the transport of water containing disinfectants, In Proc. of the plastics pipes XIII conference, 02-06 October 2006. – Washington DC, USA, 2006.
5. M. Sanchez, S. Louis, M. Rozental-Evesque, B. Rabaud, and K. Glucina, Development of a “Nol ring” test to study polyethylene pipe degradation, in Proc. of PPXIV conference, 22-24 October 2008. – Budapest, Hungary, 2008.
6. J. Eng, T. Sassi, T. Steele, G. Vitarelli, The Effects of Chlorinated Water on Polyethylene Pipes. URL : <http://hdpeoxidation.com/Effects%20of%20Cl%20Water%20on%20PE%20Pipes%20-%20Cytec%202011.pdf>
7. M. Lundback, Long-term performance of polyolefins in different environments including chlorinated water: Antioxidants consumption and migration, and polymer degradation : doctoral Thesis / Marie Lundbäck. – Stockholm, 2005. – 45 p.
8. Domancevych N. I., Jacishyn B. P., Strukuro- i defektoobrazovanija pri dlitel'nom starenii inhibirovannyx polimernyx plenok, *Fizika i ximiya tverdogo tela*, T.4 № 2, 2003 pp. 323-328.
9. Skorobogatyj Ja. P., Domancevych N. I., Jacishyn B. P., Starenie polimernyx modifitsirovannyx materialov v uslovijax zakrytogo skladirovanija i v estestvennyx klimaticheskix uslovijax, *Xim. prom-st Ukrainy*, № 1, 2002 pp. 32-34.

Рецензія/Peer review : 19.1.2015 р.

Надрукована/Printed : 26.1.2015 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Ощипок І. М.