

Сергій ЦИБУЛЯ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ

*Чернігівський національний технологічний університет
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027. E-mail: stcibula@gmail.com*

Sergey TCIBULA

ECOLOGICAL SAFETY ENSURITY OF PIPELINE TRANSPORT

*Chernigiv National Technological University
95, Shevchenko Str., Chernigiv, 14027, Ukraine. E-mail: stcibula@gmail.com*

ABSTRACT

There are presented results of the theoretical and experimental researches by development of the providing manners pipeline transport (PT) ecooperational reliability, under conditions of technogenous ingredient and energetic contamination.

It is showed that by using of the improving ecosafety technological processes is ensured a correspondence to established standards for the physicomechanical, ecological properties and economy of the metalloresources, a prevention of the technogenous accidents and increasing of level ecological safety PT with technoeconomical, sociaecological efficiency corrosion protection.

KEY WORDS: *pipeline transport, ecological safety, improving of technological processes.*

ВСТУП

Основним показником ефективності роботи трубопровідного транспорту (ТРТ) є рівень експлуатаційної надійності, техногенно-екологічної безпеки, відсутність техногенних аварій. Ризик техногенних аварій (із забрудненням прісних, морських вод, повітря, ґрунту), деградація земель (внаслідок накопичення токсичних хімічних речовин, відходів) відносяться, за даними ООН, до найбільш загрозливих екологічних проблем глобального рівня. Екологічна небезпека на ТРТ, здебільшого, формується екологічною ситуацією в техноприродних системах (ТПС, TNS), яка значно погіршується прогресуючим техногенним забрудненням (ТЗ) довкілля. Це зумовлює небезпечне руйнування ТРТ внаслідок корозійного розтріскування, втомних явищ. Саме вони у 80 % випадків є основною причиною техногенних аварій, екологічної небезпеки на ТРТ. Мінімізація техногенного впливу та підвищення техногенно-екологічної безпеки ТРТ удосконаленням технологічних процесів – це стратегічний шлях комплексного вирішення глобальних екологічних проблем та забезпечення надійної його експлуатації [1-6].

Мета роботи: на основі системного підходу розробити методологію забезпечення екологічної безпеки ТРТ в умовах техногенного впливу та визначити технологічну ефективність удосконалення технологічних процесів для зниження рівня його техногенно-екологічної небезпеки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологія досліджень (за системним підходом) по забезпеченню екологічної безпеки ТРТ наведена на рис. 1.

Як видно з рис. 1 для підвищення експлуатаційної надійності ТРТ в роботі застосовано технічні засоби захисту ТПС з ТРТ: металургійні – рафінування, легування; технологічні – раціональне зварювання, поверхневе зміцнення й універсальний метод забезпечення екологічної безпеки металоконструкцій – синергічні захисні композиції (СЗК) на вторинній сировині, з утилізацією регіональних багатотоннажних виробничих відходів [5-9] та використанням нових

синергічних поліфункціональних добавок – потенційних полідентатних хелатоутворювачів з декількома реакційними центрами (похідні імідазолу, тіазолу).

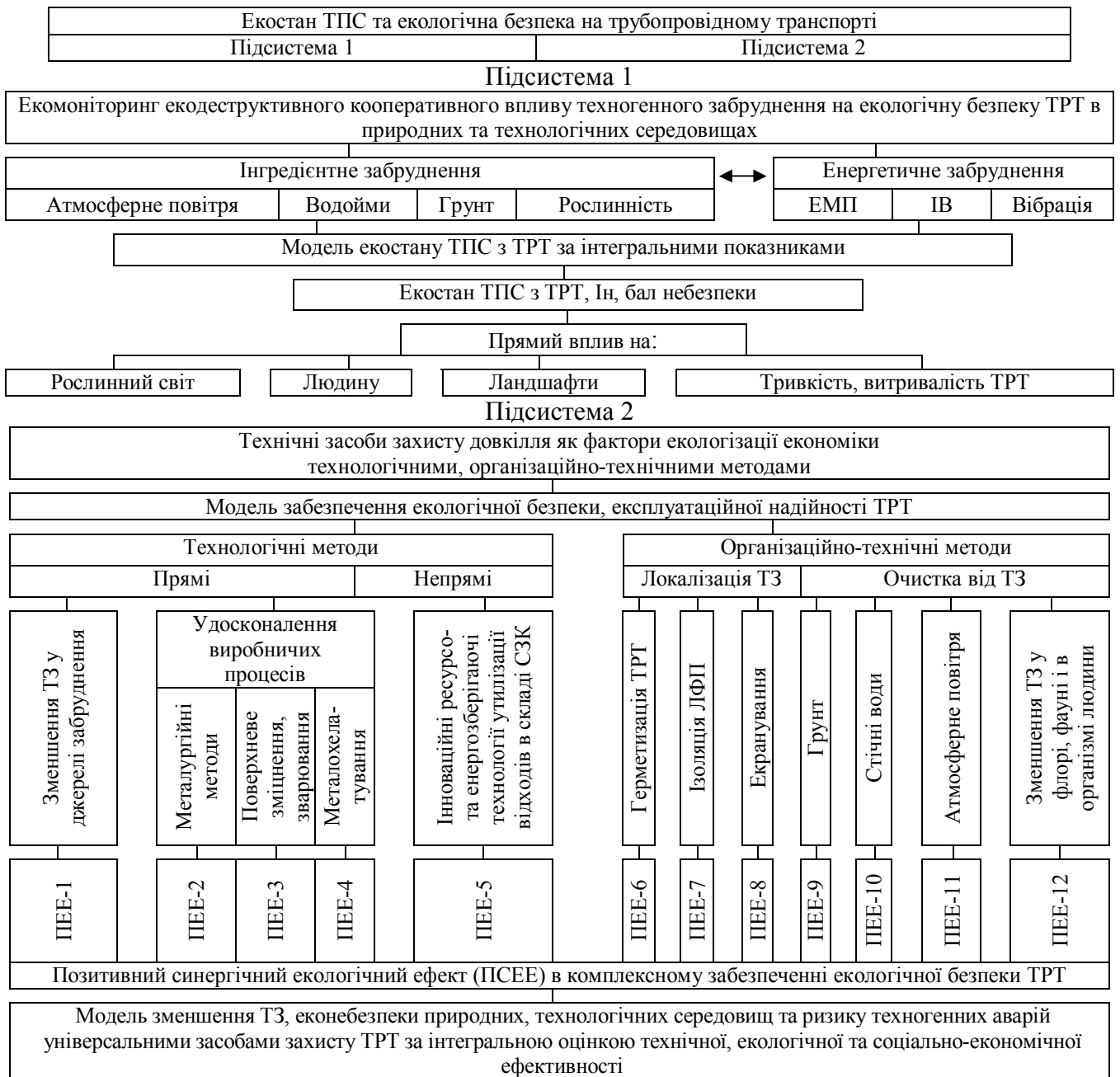


Рис. 1. Методологія забезпечення екологічної безпеки ТРТ.

Fig. 1. Methodology of ensuring ecological safety PT.

Дослідження технологічної ефективності (за показником γ_T) удосконаленням технологічних процесів для підвищення тривкості – K_p , мм/рік (K_p , mm/j) та K_{cm} (бал), витривалості – в циклах (N) до руйнування [7, 8] трубних сталей (вуглецеві, низько- та високолеговані сталі) проводили в природних (річкова вода, ґрунт) й технологічних середовищах (стічні води, електроліти травлення та ін.), забруднених важкими металами (ВМ – НМ) та іншими активаторами корозійних процесів. Рівні техногенного впливу характеризували за уніфікованою оцінкою (10-бальна система) на основі 10 показників K_i , що сформовані сумарними показниками забруднення ґрунту – Z_C , водойм – ІЗВ (ICW) та ін. Їх сума визначала інтегральний показник екобезпеки I_H [9-13] та ризик техногенних аварій та ТРТ.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальні дані обробляли методами математичної статистики, з використанням стандартної похибки S , яка становить при $n=6$, $t=2.75$ й довірчої ймовірності 0.95: $S=\pm 5 \dots 10\%$. Визначали також коефіцієнт кореляції r регресійним аналізом за методом найменших квадратів. Малоймовірні дані відкидали з врахуванням Q -критерію [14].

Результати декількох серій експериментів виконані за методиками [6-15]. Деякі з них наведені на рис. 2, 3 та в табл. 1, 2. Вплив забрудненості ґрунту (за 6 ВМ: Cd, Pb, Cu, Ni, Cr, Zn), 3-х різновидів (Прилуцький район), з різним мінералогічним складом (чорнозем – 1, дерново-підзолистий – 2 та опідзолений – 3) на тривкість трубних сталей – K_{Π} (K_P) показано на рис. 2 а. Аномальне забруднення (до $Z_C > 128$), в околі деяких екологічно небезпечних підприємств Чернігова, в зоні максимального забруднення (C_{\max} , за відстанню X_{\max} та часом – кінець ХХІ ст.) показано на рис. 2 б (за K_{CM} – балом тривкості) [10].

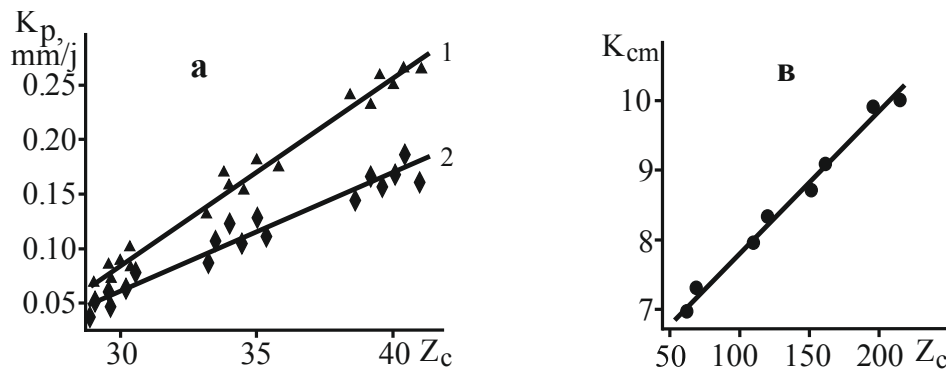


Рис. 2. Вплив забрудненості ґрунту на тривкість сталі.

Fig. 2. Influence of contamination soil on steel resistance corrosion.

a – $K_P=f(Z_C)$, $r=0.84$: 1 – steel 20 ($K_P=0.008 \cdot Z_C-0.175$); 2 – steel 10cp ($K_P=0.014 \cdot Z_C-0.337$);
b – $K_{CM}=f(Z_C)$, $r=0.9$, $K_{CM}=0.02 \cdot Z_C+5.8$.

Забруднення поверхневих вод (за 7 забруднювальними речовинами: Zn, Ni, Cr^{III} , Cr^{VI} , Cl та ін.) збільшується у 3 рази від р. Десна до р. Білоус (ICW 2...6), що зумовлює підвищення агресивності середовища до малоциклової втоми: β_{CH}^N збільшується в 1.5 рази (від 2.1 до 3.3).

Техногенний вплив енергетичного забруднення активізує агресивність поверхневих вод, ґрунту до трубних сталей. З підвищенням частоти (f) електромагнітного поля з 50 Гц до 10^5 кГц підсилюється негативний вплив магнітної складової в 2.5 рази. Підвищення нормативного значення рівня вібрації L_V (dB), всього на 10%, збільшує K_P (mm/j) в 1.5 рази. Більш значний вплив спостерігається при радіоактивному забрудненні (РЗ, RC) ґрунту. На трьох зразках ґрунту, одного із найбільш постраждалих від Чорнобильської катастрофи районів Чернігівської області – Ріпкинського району, в зоні максимального забруднення, за площею (97% по Cs-137, з щільністю до $1 \text{ Ки}/\text{км}^2$ та 92% по Sr-90, до $0.15 \text{ Ки}/\text{км}^2$), з сумарною питомою активністю A (кВк/кг), показано значне (в 3.9...6.6 раз) підвищення корозійної агресивності ґрунту щодо трубопровідної сталі (табл. 1): тривкість сталі 20 в умовах дії РЗ відповідає 4, 5 групам тривкості (7, 8 балів) – мало- та понижено стійкі метали.

Таблиця 1. Вплив РЗ ґрунту на K_{Π} сталі 20

Table 1. Influence of RC soil on K_P steel 20

Soil	RC			K_P , mm/j	K_{CM} , ball	Group of corrosion resistance
	кВк/км ²		A, кВк/кг			
	Cs-137	Sr-90				
1.	333	57.8	$17.0 \cdot 10^4$	1.05	8	5
2.	185	33.3	$10.4 \cdot 10^4$	0.77	7	4
3.	111	22.2	$6.7 \cdot 10^4$	0.62		

Використання досить економічного методу рафінування сталі 10Г2ФР кінцевим розкисленням РЗМ (FeSe) забезпечує підвищення витривалості при малоциклової втоми: у природних

середовищах (поверхневі води) – $\gamma_T=1.5$, в технологічних – $\gamma_T=2.3$. Легування сталі 09ХГ2НАБЧ міддю (Cu, 1.0, мас.%) забезпечує $\gamma_T=3.6$ (за тривкістю) і $\gamma_T=2.4$ (за наводнюванням).

Ефективність удосконалення технологічних процесів зварювання (РДЗ→АДЗ, МАВ→ААВ) трубної сталі 16ГФР, поверхневого зміцнення – на сталі 40Х (на білий шар – БШ, white layer – WL), 30ХГСНА (віброобробка – ВО, vibrotreatment – VT), сталі 20 (ударна хвиля – УХ, blast wave – BW), універсального технологічного методу (СЗК – SPC, МЗП – MPC) показано в табл. 2 й на рис. 3.

Таблиця 2. Технологічна ефективність (γ_T) очистки ґрунту з СЗК від РЗ за А, $K_{П}$

Table 2. Technological efficiency (γ_T) of soil cleaning with SPC from RC (on A, K_P)

Soil	Decreasing A,%	$\gamma_{T,A}$	Decreasing K_P ,%	γ_{T,K_P}
1.	93.8	16.1	95.2	20.8
2.	92.1	12.6	94.1	16.9
3.	91.0	11.1	93.5	15.4

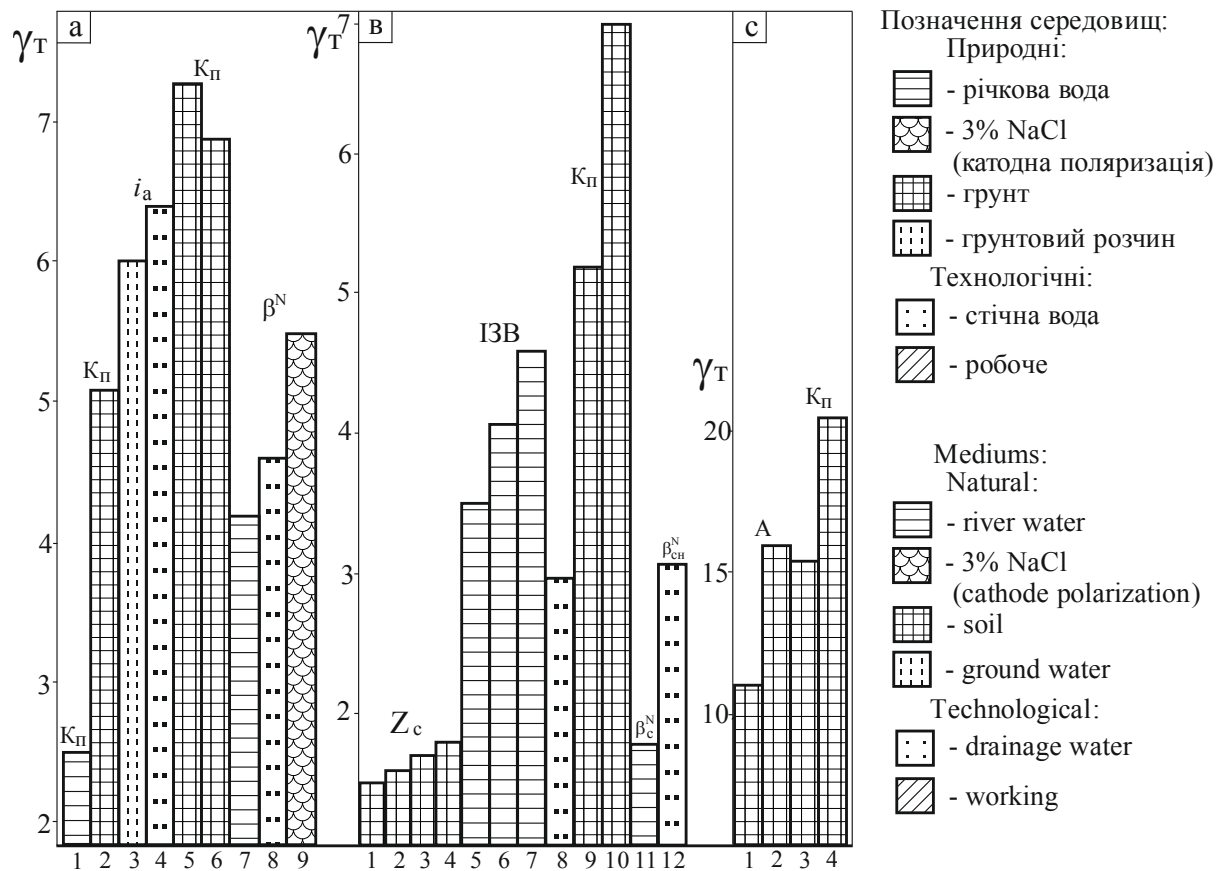


Рис. 3. Ефективність удосконалення технологічних процесів (γ_T) підвищення експлуатаційної надійності ТРТ:

a – технологічні: 1, 2 – зварні з'єднання сталі 16ГФР; 3-9 – поверхневе зміцнення: 3-5 – 40Х (БШ); 6 – 30ХГСНА (ВО); 7-9 – сталь 20 (УХ);

b – універсальний (СЗК, МЗП): 1-4 – екобезпечні підприємства: «Чернігівський автозавод» – ЧАЗ, ВАТ «Чернігівський завод радіоапаратури» – ЧеЗаРа, Чернігівська теплоелектроцентраль – ЧТЕЦ, ВАТ «Чернігівське Хімволокно» – ЧХВ; 5-7 – рр Десна, Стрижень, Білоус; 8 – стічна вода; 9, 10 – ЧАД; 11 – р. Білоус; 12 – стічна вода;

c – енергетичне забруднення: 1 – ЕМП; 2-4 – РЗ; сталь 20.

Fig. 3. Efficiency of improving technological processes (γ_T) with increasing of ecooperational reliability PT:

a – technological methods: 1, 2 welding 16GFR; 3-9 – surface hardening; 3-5 – 40Ch (WL); 6 – 30ChGSNA (VT); 7-9 – steel 20 (BW);

b – universal methods (SPC, MPC): 1-4 ecodanger works: ChAZ, CheZaRa, ChTETC, ChChV; 5-7 – r.r. Desna, Strigen, Bilous; 8 – drainage water (DW); 9-10 – ChAD; 11 – r. Bilous; 12 – DW.

c – energetic contamination: 1 – EMP; 2-4 – RC; steel 20.

Технологічна ефективність удосконалення технологічних процесів для підвищення екологічної безпеки, експлуатаційної надійності металоконструкцій охарактеризована в роботі коефіцієнтом γ_T – за зниженням показників забруднення: ґрунту (Z_C 45...57, за важкими металами – дані моніторингових досліджень 2004-2014 рр.) й радіоактивного забруднення (PЗ – RC) – А, річкової води – ICW й показниками підвищення тривкості (зниження K_p (K_{cm}) й малоциклової витривалості (зниження β^N). Характерно, що β^N в 3% NaCl досягало значень для забрудненої річкової води.

Високі значення γ_T , що забезпечує СЗК, зумовлені металохелатуванням ($K_{st}=10^{15} \dots 10^{20}$), іонним обміном й адсорбцією металохелатів на цеоліті – полярному катіоніті, що активізує адсорбційні процеси за рахунок кратних зв'язків у складових СЗК.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена методологія дослідження за системним підходом по забезпеченню екологічної безпеки та експлуатаційної надійності трубопровідного транспорту (ТРТ) в умовах техногенного впливу.

2. Показано, що удосконаленням технологічних процесів можна забезпечити еколого-експлуатаційну надійність ТРТ та запобігти техногенним аваріям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корозійно-механічне руйнування зварних конструкцій /В.І. Похмурський, Р.К. Мелехов, Г.М. Круцан [та ін.]. – К.: Наук. думка, 1995. – 261 с.
2. Бабей Ю.И., Сопрунюк Н.Г. Защита стали от коррозионно-механических раз рушений. – К.: Техника, 1991. – 126 с.
3. Старчак В. Г. Про ефективність утилізації відходів для протикорозійного захисту / В.Г. Старчак, Н.О. Кузіна, В. К. Багін // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1997. – Т. 33, № 2. – С. 746-751.
4. Старчак В.Г. Эффективность упрочняющей экотехнологии в условиях малоциклового усталости стали / В.Г. Старчак., С.Д. Цибуля, О.Г. Мартинюк // Технологии ремонта машин, механизмов, оборудования (Ремонт-2000). – Ялта-Киев: АТМ Украины, 2000. – С. 99-100.
5. Цибуля С.Д. Запобігання техногенних аварій підвищенням корозійної тривкості металоконструкцій // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 4. – С. 35-41.
6. Старчак В.Г. Наукові основи підвищення екологічної безпеки металоконструкцій модифікацією їх поверхні у протикорозійному захисті / В. Г. Старчак, Н. П. Буяльська, С.Д. Цибуля // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2004. – Спецвип. № 4, Т. 2. – С. 853-859.
7. Ресурсозбереження у протикорозійному захисті зварних з'єднань трубних сталей / В.Г. Старчак, С.Д. Цибуля, О.Г. Мартинюк та ін. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 3. – С. 28-31.
8. Цибуля С.Д. Комплексне забезпечення екологічної безпеки трубопровідного транспорту // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – Спецвип. № 9, Т. 2. – С. 767-772.
9. Оцінка техногенного впливу на екологічну безпеку техноприродних систем / В.Г. Старчак, Г.М. Мачульський, С.Д. Цибуля, О.М. Мачульський //Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2014. – № 3 (88). – С. 53-58.
10. ГОСТ 13819 Десятибальная шкала коррозийной тривкості металів.
11. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Охорона ґрунту.
12. ДСанПіН 2.2.4.036-99. Гігієнічні вимоги до якості води.
13. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. – К.: Вид. центр “Київ. ун-т”, 1999. – 320 с.
14. Гордон А. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд. – М.: Мир, 1986. – 543 с.
15. Патент 66437 Україна, МПК (2011.01), C23F 11/00, A 01B 79/00. Композиція для зменшення забруднення ґрунту важкими металами як небезпечними екологічно-корозійними агентами / Старчак В.Г, Цибуля С.Д., Пушкарьова І.Д., Мачульський Г.М. – № u 201103550; заявл. 25.03.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. №1. – 8 с.