

УДК 502.7:504.05-06:504.064+620.197:628.543

## ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА В АНАЛІЗІ ТА УПРАВЛІННІ РЕГІОНАЛЬНОЮ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

*Старчак В.Г., д.т.н., проф.*

*Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка*

*вул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, м. Чернігів, Україна*

*E-mail: starchak@mail.ru*

*Цибуля С.Д., к.т.н., доц., Іваненко К.М., к.т.н., Буяльська Н.П., к.т.н., доц.*

*Чернігівський державний технологічний університет*

*вул. Шевченка, 95, 14027, м. Чернігів, Україна*

*E-mail: scibula@yandex.ru*

*Пушкарьова І.Д., ст. викл.*

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Мінприроди України*

*вул. Урицького, 35, 03035, м. Київ, Україна*

*E-mail: Irynin@iinet.com.ua*

Наведено результати аналізу інтегральної оцінки екостану техноприродних екосистем (ТПЕС), в яку крім сумарних коефіцієнтів небезпеки забруднення повітря, води, ґрунту, рослин викидами, скидами, відходами виробництв, введені показники тривкості конструкційних матеріалів і характеристики експлуатаційної надійності технічних споруд у забрудненому, особливо важкими металами, природному середовищі, які допомагають попередженню техногенних аварій, екологічних катастроф та управлінню екологічною безпекою.

Ключові слова: техноприродні екосистеми, техногенно-екологічна безпека, важкі метали, інтегральна оцінка стану ТПЕС та їх захист.

**Вступ.** Однією із основних задач сучасної екології, як глобальної, комплексної науки, є вивчення стійкості техноприродних екосистем (ТПЕС) до антропогенних навантажень та вирішення практичних задач з оптимізації природокористування та управління екологічною безпекою [1-7].

В цьому аспекті набуває важливого значення комплексна інтегральна оцінка техногенного впливу, особливо важких металів (ВМ), на техноприродні екосистеми регіонів, зокрема на атмосферне повітря, водойми, ґрунт, рослинність, здоров'я людини, а також інженерні споруди та комунікації. Саме вона дає можливість розробки, удосконалення технічних засобів захисту ТПЕС, зокрема: акваторій, повітря, педосфери, де працює наземний, підземний, підводний трубопровідний транспорт і інші технічні споруди [8-12].

**Аналіз попередніх досліджень.** Екоотоксикологічна ситуація в Україні охарактеризована в багатьох роботах Шмандія В.М., Некоса В.Ю., Рудька Г.І., Адаменка О.М., Бондаря О.І., Білявського Г.О., Хільчевського В.К. і ін. [1-6]. Критичний аналіз теорії та практики попередження техногенного впливу на техноприродні системи показав:

- особливу небезпеку техногенного забруднення (ТЗ) довкілля важкими металами завдяки їх активній участі в багатьох хімічних, фізико-хімічних, біологічних процесах;

- обмеженість наукових даних про кореляційні залежності між екологічним станом довкілля та його впливом на техноприродні системи;

- необхідність введення в інтегральну оцінку екостану техноприродних систем, крім сумарних коефіцієнтів небезпеки забруднення повітря, води, ґрунту, рослин викидами, скидами, відходами виробництва, показників тривкості конструкційних матеріалів і характеристик експлуатаційної надійності технічних споруд у забрудненому середовищі, для запобігання техногенних аварій та екологічних катастроф;

- нагальність розробки комплексних технічних засобів захисту довкілля та підвищення техногенно-екологічної безпеки техноприродних систем.

**Мета роботи.** Визначити інтегральну оцінку екологічного стану територій м. Чернігова, сформованого техногенним забрудненням атмосферного повітря, водойм, ґрунту трьома екологічно-небезпечними підприємствами: ЧТЕЦ ТОВ фірми "ТехНова", ВАТ ЧП "Хімволокно", ЗАТ "ЧеЗаРа". Встановити кореляційні залежності між інтегральними показниками ТЗ довкілля та небезпекою їх впливу на біоту й техногенез, та розробити комплексні технічні засоби захисту ТПЕС із забезпеченням позитивного синергічного екологічного ефекту.

**Матеріал і результати досліджень.** Структурно-логічна схема визначення позитивного синергічного екологічного ефекту наведена на рис. 1. Для оцінки техногенного забруднення довкілля ВМ (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn) навколо екологічно-небезпечних підприємств Чернігова (ЧТЕЦ, ЧеЗаРа, ЧП "Хімволокно", в межах СЗЗ(1) та воколi  $S_{max}(2)$ ), використовували інтегральні показники [1-6, 9-12]:

- сумарний показник небезпеки ТЗ атмосферного повітря  $K_{\Sigma}$ ;

- сумарний показник забруднення ґрунту ВМ –  $Z_c$  (Pb, Cd, Cu, Ni);

- індекс забруднення води – ІЗВ [4], в т.ч. ВМ (Cr, Cu, Ni, Zn) на прикладі річок Чернігова: Десна, Стрижень, Білоус;

- сумарний показник акумуляції ТЗ важкими металами рослинністю –  $K_{ac}$ ;

- показник тривкості конструкційних матеріалів в забрудненому ВМ ґрунті –  $K_{км}$ , за групами тривкості (1...6) та десятибальною шкалою;

- показник впливу ІЗВ на малоциклову втому (МЦВ) сталі в поверхневих водах –  $\beta_{с}^N$ ,  $\beta_{н}^N$  (корозійне та наводнювальне середовище,  $i_k = 0,1 \text{ A/cm}^2$ ) [9-12];

- інтегральний показник небезпеки ТЗ –

$$I_n = \Sigma K_{\Sigma} + Z_c + K_{ac} + K_{км}$$

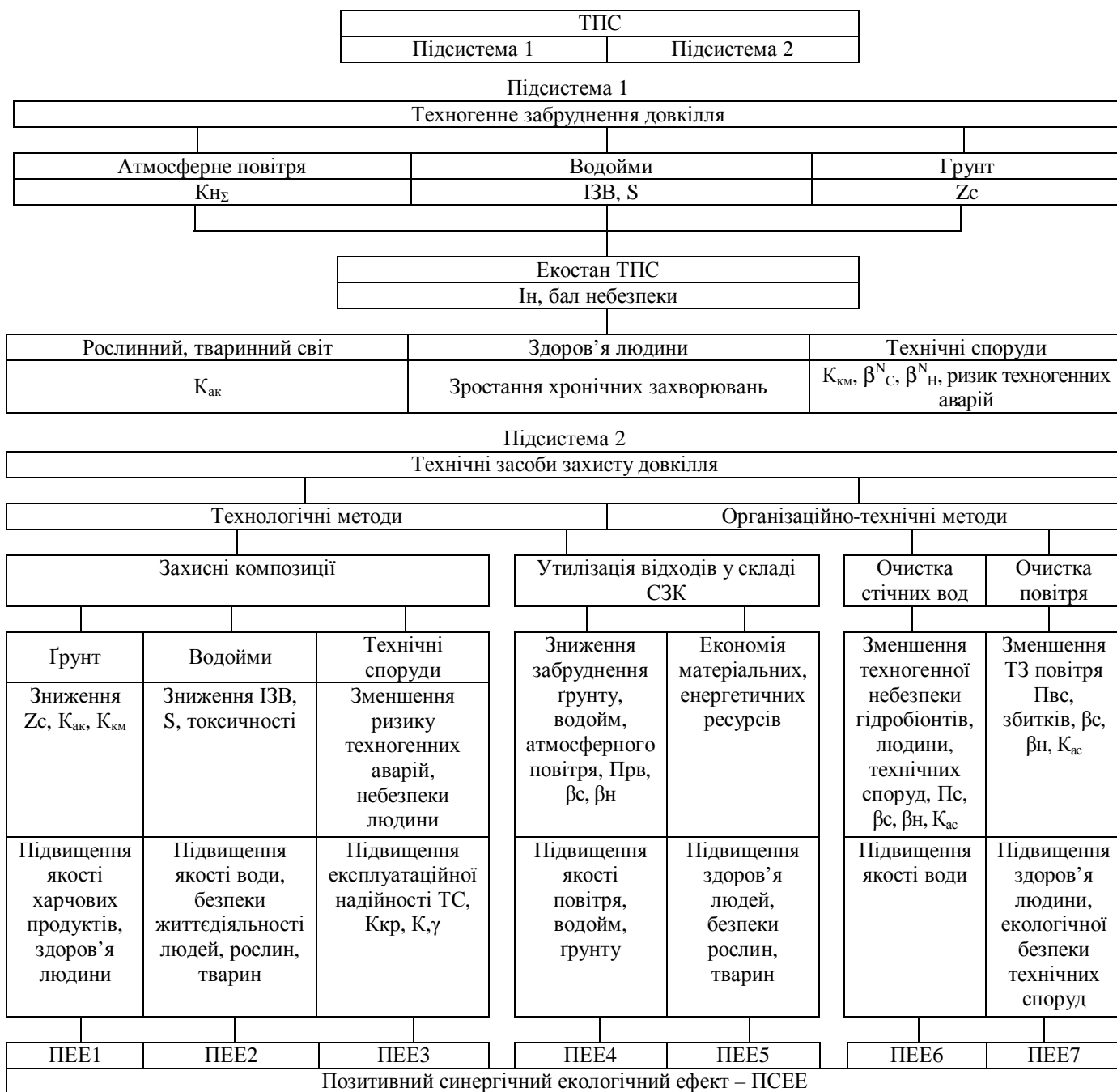


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема одержання позитивного синергічного екологічного ефекту в захисті техноприродних систем (ТПС)

Експериментальні дані обробляли методами математичної статистики з використанням стандартної похибки S, яка становить при n=6, t = 2,75 і довірчої імовірності 0,95:  $S = \pm 5...10\%$ . Визначали також коефіцієнт кореляції r регресійним аналізом за методом найменших квадратів. Малоімовірні дані відкидали з урахуванням Q-критерію.

Результати експериментів надані в табл. 1 - 6.

**Таблиця 1 – Показники небезпеки забруднення повітря К<sub>НС</sub> (бали)**

Зона забруднення	ЧТЕЦ	ЧеЗаРа	ЧХВ
1	8	5	7
2	10	6	9

За [2] бали 7...10 свідчать про напружений стан атмосферного повітря, бал 6 – задовільний, 5 – нормальний. Забруднене повітря забруднює ВМ і іншими забрудниками ґрунт (табл. 2), рослинність (табл. 3) і разом зі стічними водами – поверхневі води (табл. 4).

**Таблиця 2 – Сумарний показник забруднення ґрунту Zc**

Зона забруднення	ЧТЕЦ	ЧеЗаРа	ЧХВ
1	40	33	35
2	57	45	49

**Таблиця 3 – Сумарні коефіцієнти акумуляції ВМ у листях тополі**

Зона забруднення	ЧТЕЦ	ЧеЗаРа	ЧХВ
1	4,0	3,0	3,4
2	4,6	3,8	4,2

**Таблиця 4 – ІЗВ (поверхневі води)**

Річка	Зона відбору*		Екологічний стан
	1	2	
1. Десна	2,22	2,49	помірно забруднена
2. Стрижень	3,12	3,91	забруднена
3. Білоус	4,92	5,99	брудна

\* 1,2 – 1 км вище та нижче скиду стічних вод

Забруднення ґрунту (табл. 2) ВМ належить до небезпечного (ґрунт – III категорії небезпеки, Zc = 32...128).

Бальна оцінка тривкості сталі наведена в табл. 5.

**Таблиця 5 – Бальна оцінка тривкості сталі 20, 45 в ґрунті за 10-бальною шкалою (ГОСТ 13819)**

Зона забруднення	ЧТЕЦ	ЧеЗаРа	ЧХВ
1	7	5	6
2	9	7	8

Встановлено кореляційні зв'язки:  $K_{км}$ ,  $K_{ас} = f(\text{екостан ТПЕС, бали})$ ,  $r = 0,94$ ,  $K_{км} = f(Zc)$ ,  $r = 0,85$ .

Стан здоров'я населення =  $f(Zc)$ ;  $K_{ас}$ ,  $\beta_{с}^N$ ,  $\beta_{н}^N = f(IЗВ)$ ,  $r = 0,95...0,96$ .

**Таблиця 6 – Інтегральна оцінка екостану ТПЕС за сумарним коефіцієнтом небезпеки – Ін (в балах)**

Показники небезпеки ТЗ	ЧТЕЦ		ЧеЗаРа		ЧХВ	
	1	2	1	2	1	2
1. $K_{нз}$	8	10	5	6	7	9
2. Zc	40	57	33	45	35	49
3. $K_{ас}$	4	4,6	3,0	3,8	3,4	4,2
4. $K_{км}$	7	9	5	7	6	8
5. Ін	59	80	46	62	51	70
6. Бал ТЗ ТПЕС	4	7	3	5	4	6
8. Еко-стан ТПЕС	Складний	Критичний	Напружений	Незадовільний	Складний	Передкризовий

Розроблено на основі комплексного системного кореляційного аналізу “Електронна структура, термодинамічні характеристики синергістів – захисні властивості щодо ТПЕС” синергічні захисні композиції (СЗК) з активною металохелатуючою здатністю (синергісти – похідні імідазолу – Ім, некондиційні за строком вживання, пестициди – НП, фармпрепарати – НФП). Їх використання знижує ІЗВ в 2,4...3,7 рази, підвищуючи якість поверхневих вод (табл. 7). Зменшення ІЗВ сприяє зниженню коефіцієнтів впливу –  $\beta_{с}^N$  забрудненого важкими металами корозійного середовища (поверхневі води) на технічні споруди.  $\beta_{с}^N$  для сталі 20 знизилася в 1,35...1,84 раз, малоциклова витривалість зросла, практично до рівня числа циклів до руйнування на повітрі (табл. 8).

**Таблиця 7 – ІЗВ із СЗК**

Річка	ІЗВ		Екологічний стан
	1	2	
1. Десна	0,60	0,94	Чиста
2. Стрижень	1,29	1,68	Помірно забруднена
3. Білоус	2,04	2,44	Помірно забруднена

**Таблиця 8 –  $\beta_{с}^N$  на сталі 20 ( $e = 0,4\%$ )\***

Річка	Проба	$\beta_{с}^N$	$\beta_{с}^{N//}$
1. Десна	2	1,38	1,02
2. Стрижень	2	1,62	1,04
3. Білоус	2	1,95	1,06

\*  $\beta_{с}^N = Na/Nc$ , N – число циклів до руйнування в атмосферному повітрі (а), корозійному середовищі (с), штрих – із СЗК

Це означає, що СЗК нівелює вплив техногенного забруднення річкової води та забезпечує адитивність дії складових СЗК (відход ЧП “ХВ” – К, 5 г/л + 1мМ 1,2 Ім-синергіста). Добавка СЗК в захисне покриття (ЗП) на основі епоксидної смоли (ЕД-20), модифікованої КВС (1:1) забезпечує повний захист сталі 20 у річковій воді ( $\beta_{с}^{N//} = 1,0$ ), тоді як неінгібоване ЗП забезпечувало  $\beta_{с}^N = 1,18$ . Це пов'язано з утворенням наноструктурних металохелатних плівок на поверхні металокопункцій, що підвищує їх корозійну тривкість та покращує екостан ТПС у цілому, із зменшенням впливу ТЗ на атмосферне повітря, ґрунт, воду, рослини. Останнє обумовлене переводом рухомих форм ВМ в нерухомі, що обмежує їх накопичення в рослинах за рахунок утворення стійких металохелатних комплексів та їх адсорбції на цеолітах ( $K_{ст} = 10^{10}...10^{20}$ ).

Тому, якщо ІЗВ збільшився від 2,2 до 5,99 (табл. 4), то  $K_{ас}$  зростав у 1,4 рази (табл. 9). СЗК зменшує ІЗВ від 2,4 до 0,6. При зниженні ІЗВ від 5,99 до 2,44 (р. Білоус),  $K_{ас}$  зменшується від 1,85 до 1,30 (в 1,4 рази).

**Таблиця 9 –  $K_{ac}$  (в проростках ячменю)**

Річка	Без захисту	Із СЗК
1. Десна	1,35	1,10
2. Стрижень	1,59	1,25
3. Білоус	1,85	1,30

У наводнювальному середовищі (річна вода, з  $i_k = 0,1 \text{ A/cm}^2$ ) коефіцієнт впливу на водневу малоциклову втому зростає в 1,8 рази при збільшенні ІЗВ від 2,49 до 5,99 (вода 2) – табл. 10. Тоді як із СЗК збільшується лише в 1,3 рази.

**Таблиця 10 –  $b_N^N$  на сталі 20 ( $e = 0,4\%$ )**

Річка	Проба	$b_N^N$	$b_N^{N'}$	$g_{снн}$
1. Десна	2	2,75	1,20	1,5
2. Стрижень	2	3,71	1,36	1,6
3. Білоус	2	5,02	1,54	1,8

Порівняння  $\beta_N^{N'}$  з  $\beta_N^N$  (без захисту) показує, що він знижується в 2,3...3,3 рази (значно більше, ніж у корозійному середовищі (річна вода, без катодної поляризації)). При цьому спостерігається синергізм дії складових СЗК, а не адитивність.  $\gamma_{снн} = 1,5...1,8$ . Це свідчить про інтенсифікацію утворення наноструктурних металохелатних плівок на поверхні металовиробу – катоді, що має важливе значення при катодному захисті підземних, підводних металоконструкцій.

**Висновки.**

1. Застосування СЗК з утилізацією відходів виробництва (К, КУБ, МП, КВС) і споживання (НП, НФП), для очистки стічних вод, ґрунту, повітря забезпечують 7 позитивних екологічних ефектів, що формують позитивний синергічний екологічний ефект – ПСЕЕ, з оптимізацією екостану ТПЕС (він покращується на 1 бал: так, із напруженого стану (бал 3) перетворюється в задовільний (бал 2) і т.і.);

2. Проведені дослідження дають можливість визначення прогнозованої оцінки рівнів техногенних ризиків аварій та негативного впливу важких металів на біоту та інженерні споруди, для прийняття управлінських рішень по захисту ТПЕС.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Шмандій В.М., Некос В.Ю. Екологічна безпека. – Х.: ХНУ, 2008. – 436 с.  
 2. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Конструктивна геоecologia: наукові основи та практичні втілення. – К.: Маклаут, 2008. – 320 с.  
 3. Екологічна безпека та охорона НС / За ред. О.І. Бондаря, Г.І. Рудька. – К.: ЕКМО, 2004. – 423 с.  
 4. Хільчевський В.К. Водопостачання та водовідведення. Гідрологічні аспекти. – К.: ВЦ “КУ”, 1999. – 319 с.  
 5. Екологічне управління / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. – 432 с.

6. Давыдова С.Л., Тарасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: РУДН, 2002. – 140 с.

7. Старчак В.Г. Влияние коррозионной ситуации на состояние экосистем // Ж. Монтажные и специальные работы в строительстве. – 1992. – № 10. – С. 11-12.

8. Старчак В.Г. Концепції сучасного природознавства як основа сучасних технологій. – Чернігів: ЧТІ, 1997. – 18 с.

9. Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій / Під ред. акад. В.В. Панасюка. – Львів: Коментар, 1999. – Т. 1. – 352 с., Т.2. – 346 с., Т.3. – 286 с.

10. Панасюк В.В. Фізико-хімічна механіка конструкційних матеріалів: здобутки та перспективи. – В кн. Сучасне матеріалознавство XXI ст. – К.: Наук. думка, 1998. – С. 565 – 589.

11. Охорона техноприродних екосистем від техногенного забруднення / В.Г. Старчак, І.Д. Крайнов, С. Д. Цибуля та ін. // Фальцфейнівські читання. – Херсон: МОНУ, ХДУ, ІП, 2009. – С.339-342.

12. Екологічна безпека техноприродних екосистем в умовах техногенного впливу важких металів / В.Г. Старчак, О.М. Бондар, І.Д. Пушкарьова та ін. // Фіз.-хім. механіка матер. – 2010. – Спецвип. № 8. – Т. 2. – С.815 – 821.

**RESOURCES**

1. Shmandi V.M., Nekos V.Yu. Ecological safety. – Ch., ChNU, 2008. – 436p. [In Ukrainian]  
 2. Rudko G.I., Adamenko O.M. Constructive geocology: scientific fundamentals and practical use. – K.: Maclaut, 2008. – 320p. [In Ukrainian]  
 3. Ecological safety and environment protection (edited by O.I. Bondar, G.I. Rudko). – K.: ЕКМО, 2004. – 423p. [In Ukrainian]  
 4. Chilchevski V.K. Water supply and drainage. Hydrology aspects. – K.: BC “KU”, 1999. – 319p. [In Ukrainian]  
 5. Ecological management / V.Ya. Shevchuk, Yu.M. Satalkin, G.O. Bilyavski a.o.) – K.: Libid, 2004. – 432p. [In Ukrainian]  
 6. Davidova S.L., Tagasov V.I. Heavy metals as super toxicants XXI century. – M.: RUDN, 2002. – 140p. [In Russian]  
 7. Starchak V.G. The influence of corrosion on ecosystems state // Special and construction and erection works. – 1992. – №10. – P.11, 12. [In Russian]  
 8. Starchak V.G. Natural science knowledge conceptions as fundamental of present technology. – Chernigiv: ChTI, 1997. – 18p. [In Ukrainian]  
 9. Fracture mechanics of materials and structural strength. – Lviv: Kamenyar, 1999. – T.1. – 352p., T.2. – 346p., T.3. – 286p. [In Ukrainian]

10. Panasyuk V.V. Physical-chemical mechanics of construction materials. Achievements and perspectives. – in book Modern science of materials in the XXI th century. Nauk. Dumka, 1998. – P.565 – 589. [In Ukrainian]

11. Technonatural ecosystem protection from technogenous contamination / V.G. Starchak, I.P. Kraynov, S.D. Tscibulya a.o. // Faltchfeinivski readings. – Cherson, MONU, ChDU, IP, 2009. – P.339-342. [In Ukrainian]

12. Ecological safety of technonatural ecosystem on conditions of technogenous heavy metal influence / V.G. Starchak, O.I. Bondar, I. Pushkaryova a.o. // Phys-

ico-chemical mechanics of materials. – 2010. – Spec. issue №8. – Т.2. – P.815 -821. [In Ukrainian]

Стаття надійшла 15.10.2010 р.

Рекомендовано до друку д.г.-м.н., проф.  
Адаменком О.М.

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА В АНАЛИЗЕ И УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

*Старчак В.Г., д.т.н., проф.*

*Черниговский национальный педагогический университет им. Т.Г. Шевченко*

*ул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, г. Чернигов, Украина*

*E-mail: [starchak@mail.ru](mailto:starchak@mail.ru)*

*Цыбуля С.Д., к.т.н., доц., Иваненко К.Н., к.т.н., Буяльская Н.П., к.т.н., доц.*

*Черниговский государственный технологический университет*

*ул. Шевченко, 95, 14027, г. Чернигов, Украина*

*E-mail: [tscibula@yandex.ru](mailto:tscibula@yandex.ru)*

*Пушкарьова И.Д., ст. преп., Государственная экологическая академия последипломного образования и управления Минприроды Украины*

*ул. Урицкого, 35, 03035, г. Киев, Украина*

*E-mail: [Iryninet@mail.ru](mailto:Iryninet@mail.ru)*

Приведены результаты анализа интегральной оценки экосостояния техноприродных экосистем (ТПЭС), в которую, кроме суммарных коэффициентов опасности загрязнения воздуха, воды, почвы, растений выбросами, сбросами, отходами производств, введены показатели коррозионной стойкости конструкционных материалов и характеристики эксплуатационной надёжности технических сооружений в загрязненной, особенно тяжелыми металлами, природной среде, помогающие предотвратить техногенные аварии, экологические катастрофы и управлять экологической безопасностью.

Ключевые слова: техноприродные экосистемы, техногенно-экологическая безопасность, тяжелые металлы, интегральная оценка состояния ТПЭС и их защита.

## INTEGRAL ESTIMATE ON ANALYSIS AND MANAGEMENT BY THE REGIONAL ECOLOGICAL SAFETY

*Starchak V.G., doc., prof.*

*Chernigiv National Educational Universiny named T.G. Shevchenko*

*st. Getmana Polubotka, 53, 14013, Chernigiv, Ukraine*

*E-mail: [starchak@mail.ru](mailto:starchak@mail.ru)*

*Tcibula S.D., cand., Ivanenko K.M., cand., Buyalska N.P., cand.*

*Chernigiv State Technological University*

*st. Shevchenko, 95, 14027, Chernigiv, Ukraine,*

*E-mail: [tscibula@yandex.ru](mailto:tscibula@yandex.ru)*

*Pushkaryova I.D., sen. teach.*

*State Ecological Academy*

*st. Urickogo, 35, 03035, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: [Iryninet@mail.ru](mailto:Iryninet@mail.ru)*

There are presented results of analysis of integral estimate ecostate of the technonatural ecosystem (TNEC), in which, beside of the summing coefficients of air, water, soil, plants contamination danger by disposal of waste waters, blow-out, waste production, the corrosion resistance indexes of the construction materials and characteristics of the engineering reliability on the contaminated, especially by heavy metals, environment have been inputed. They help to prevent technogenous damages, ecological catastrophes and to regulate by the ecological safety.

Key words: technonatural ecosystem, technogenous-ecological safety, heavy metals, integral estimate of state TNES and their protection.