

УДК 519.713: 631.411.6

Д. І. ЄМЕЛЬЯНОВА

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

У статті розроблено алгоритмічне забезпечення встановлення рівня екологічності систем навколишнього природного середовища. Надане алгоритмічне забезпечення дозволяє встановити негативні фактори порушення гомеостазу природно-техногенних систем, надати комплексну оцінку екологічної якості природно-техногенних об'єктів. За запропонованим алгоритмом оцінки якості складного системного утворення з використанням MIPS-чисел, ризик-характеристик щодо стану об'єктів і факторів, пов'язаних з порушенням їх екологічності, одержано комплексну оцінку території дослідження (полігон твердих побутових відходів (ПТВВ) у Харківській області (м. Дергачі) і м. Рівне) з визначенням показників напруження і процесів дестабілізації екологічної безпеки. Проведені розрахунки на заданих територіях надали такі результати: за дією хімічних факторів впливу на водні системи відповідно до нормативів стану екологічний ризик на території Дергачівського і Рівненського ПТВВ визначений як прийнятний, чинником дестабілізуючої дії визнано хлориди.

Ключові слова: ризик-аналіз, комплексна оцінка якості, MIPS-аналіз, індекс забруднення водного середовища.

В статье разработано алгоритмическое обеспечение установления уровня экологичности систем окружающей среды. Предложенное алгоритмическое обеспечение позволяет установить негативные факторы нарушения гомеостаза природно-техногенных систем, провести комплексную оценку экологического качества природно-техногенных объектов. По предложенному алгоритму оценки качества сложного системного образования с использованием MIPS-чисел, риск-характеристик состояния объектов и факторов, связанных с нарушением их экологичности, получено комплексную оценку территории исследования (полигон твердых бытовых отходов (ПТБВ) в Харьковской области (г. Дергачи) и г. Ровно) с определением показателей напряжения и процессов дестабилизации экологической безопасности. Проведенные расчеты позволили определить следующие результаты: по действию химических факторов воздействию на водные системы в соответствии с нормативами состояния экологического риска на территории Дергачевского и Ровенского ПТБВ определен как приемлемый, фактором дестабилизирующей действия признаны хлориды.

Ключевые слова: риск-анализ, комплексная оценка качества, MIPS-анализ, индекс загрязнения водной среды.

The article provides an algorithmic support which determines the ecological level of systems of natural environment. The given algorithmic support allows identifying negative factors disturbing the homeostasis of man-made systems, and provides complex ecological quality assessment of man-made objects. Using the proposed algorithm of the quality assessment of a complicated systematic formation based on MIPS-numbers, risk-characteristic as to the conditions of objects and factors connected with ecological state disturbance, we have received a complex assessment of the studied territory (hard domestic waste landfill (HDWL) in Kharkiv region (the town of Dergachi) and Rivne city(Ukraine), with the pressure indices and ecological security destabilization processes being estimated. The calculations at the given territories have shown the following results: by the activity of chemical influence on the water systems according to the standards of conditions, the environmental risk on Dergachi and Rivne HDWL was determined as acceptable; chlorides were recognised as a destabilizing factor.

Keywords: risk analysis, complex quality assessment, MIPS-analysis, water pollution index.

Вступ.

Доцільність розробки комплексної методики оцінки екологічності природно-техногенних систем (ПТС) пов'язана з необхідністю запровадження додаткових аспектів дослідження у функціональність методичного і інформаційного забезпечення існуючих методик з контролю якості моніторингових систем, які дозволяють вирішувати тільки вузькоспеціалізовані завдання відповідно до висновків згідно з аналізом їх функціональності та ефективності.

Мета і постановка задачі дослідження.

Метою роботи є розробка інформаційної і алгоритмічної підтримки розв'язання задачі комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів, що передбачає вирішення таких завдань:

1. Визначення удосконалень для формування комплексної системи методичного забезпечення оцінки екологічності факторів навантаження техногенних систем на стан природної складової об'єктів дослідження;

2. Розробка алгоритмічного забезпечення встановлення рівня екологічності систем навколишнього природного середовища (НПС) з метою визначення негативних факторів порушення гомеостазу ПТС, надання комплексної оцінки екологічної якості об'єктів дослідження;

3. Практична реалізація наданої методики комплексної оцінки екологічності стану техногенно-навантажених об'єктів з метою забезпечення об'єктивності управлінських рішень.

Матеріали досліджень.

Розробка нових підходів у формуванні методичного забезпечення для розв'язання задач якості обумовлена зверненням до нового уявлення про структурно-функціональний стан об'єкта дослідження, який визначається як системне об'єднання для досягнення мети сталого розвитку. В межах ПТС необхідно врахувати природні, техногенні, соціальні процеси, тісно пов'язані з екологічною і соціальною складовими об'єкта дослідження, який має характерні системні властивості:

1) внутрішня єдність і цілісність складових - кожна властивість і елемент залежать від їхнього місця і призначення у функціонуванні системного об'єкта;

2) різноспрямованість взаємозв'язків з навколишнім середовищем (НС) - зовнішній негативний вплив розглядається як навантаження на компоненти НПС і здоров'я населення;

3) складна структура - окремі складові підпорядковуються цілому і являють собою підсистеми.

Таким чином, у розробці комплексної системи

методичного забезпечення оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів запропоновані та обґрунтовані такі удосконалення.

По-перше, відповідно до задач сталого розвитку вагомим завданням стає визначення регулюючих механізмів внутрішньої самоорганізації систем або підтримки цих процесів. Звідси необхідність для аналітичної системи «стан об'єкта – процес взаємодії з НС – стан стаціонарності/дестабілізації – процеси саморегулювання – кінцевий стан об'єкта» пропозиції щодо розгляду різномірних етапів з оцінки відповідності функціям якості, які повинні зазначати розв'язання окремих завдань, загального завдання з досягнення екологічності і безпечності у стані об'єкта.

Таким чином, отримані на кожному послідовному етапі оцінювання відповідності зазначені ціллю функціонування складових систем об'єкта, що у кінцевому результаті є основою для надання комплексної характеристики якості, яка становить мету з управління екологічністю і безпечністю системних природно-техногенних утворень. Дослідження на рівні цільових функцій дозволить виявити негативні фактори дестабілізації і порушення стійкості об'єкта при існуючих вимогах щодо стаціонарності і послідовного розвитку окремих систем і об'єкта в цілому.

По-друге, акцентується увага на комплексності у підході формування математичного забезпечення для об'єкта дослідження. У існуючих методиках здебільше декомпозиція об'єкта являє собою диференціювання цілого за окремими властивостями, критеріями, що приводить до отримання результату у вигляді інтегрованої кількісної оцінки.

У запропонованому методичному забезпеченні усувається аспект інтегральності з переведенням змісту визначень на комплексне урахування складових системного об'єкта відповідно до цілі і мети дослідження.

По-третє, в кінцевій оцінці зазначаються кількісні загальні характеристики. У відповідності до вище названих двох аспектів необхідності розробки комплексної методики слід звернути увагу на надання загальної оцінки стану і процесів внутрішнього характеру, пов'язаних зі стабілізацією і загальною детальною оцінкою факторів, показників відповідно до цілі регулювання системи і об'єктів.

Згідно з проаналізованими удосконаленнями у статті пропонується розробити алгоритм комплексної оцінки екологічності ПТС для компоненту водного середовища НПС. Екологічність ПТС за MIPS-аналізом визначається на основі MI-чисел і показників кількості продукції. MI-числа є характеристиками загальної кількості природної сировини (у кг або т), яка необхідна для виробництва або утилізації 1 кг (т) основного продукту:

$$MIPS_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n MI_i \cdot C_i \cdot x_j}{S_j}$$

де MI_i – матеріальна інтенсивність i -ї забруднюючої речовини для водного середовища;

C_i – концентрація i -ї забруднюючої речовини у водному середовищі;

x_j – загальна кількість викидів для j -го об'єкта дослідження;

S_j – результати діяльності у вигляді продуктивності систем, кількості виготовленої продукції тощо [2].

MIPS-оцінка визначає негативні фактори впливу на ПТС за трьома складовими: екологічною (ресурси), економічною (технологія), соціальною (вплив на людину).

Визначення ризиків негативного техногенного впливу на НПС встановлюється через зв'язок індексів забруднення компонентів природного середовища із встановленим (прийнятним) рівнем екологічного ризику [3, 4]:

$$Risk_j = a \cdot \exp[b \cdot (1 - I_j)],$$

де $Risk_j$ – екологічний ризик за j -м видом забруднення (дослідженні забруднення водного середовища);

a, b – константи екологічної сталості для України ($a = 4,99 \cdot 10^{-6}$, $b = -7,557$);

I_j – індекс забруднення, наданий за j -м видом забруднення (у дослідженні забруднення водного середовища):

$$I_j = \exp\left\{-\left[\exp(1,135 - 3,293 \cdot 10^{-1} \cdot IZV)\right]\right\},$$

де IZV – індекс забруднення водної системи, розрахований за формулою

$$IZV = \frac{C_i}{GDK \cdot K_i},$$

де C_i – концентрація у водному об'єкті i -го інгредієнта;

GDK – гранично допустима концентрація у водному об'єкті i -го інгредієнта;

K_i – клас небезпеки i -го інгредієнта для водного середовища (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація якості води за показником ІЗВ

Клас якості	Значення ІЗВ	Характеристика якості
I	$\leq 0,3$	чиста
II	$> 0,3-1,0$	відносно чиста
III	$> 1,0-2,5$	помірно забруднена
IV	$> 2,5-4,0$	забруднена
V	$> 4,0-6,0$	брудна
VI	$> 6,0-10,0$	дуже брудна
VII	$> 10,0$	надзвичайно брудна

Оцінка рівня екологічного ризику здійснюється відповідно до прийнятих допустимих його значень (табл. 2) [5].

Таблиця 2. Класифікація рівнів екологічного ризику на об'єкти НПС

Рівень ризику	Значення ризику
Неприйнятний	$>10^{-6}$
Прийнятний	$10^{-6}-10^{-8}$
Безумовно прийнятний	$<10^{-8}$

Таким чином, послідовність комплексного використання MIPS-аналізу та визначення ризик-параметрів впливу на об'єкти НПС з визначенням небезпечних факторів дестабілізації стану НПС здійснюється відповідно до запропонованого алгоритму (рис. 1).

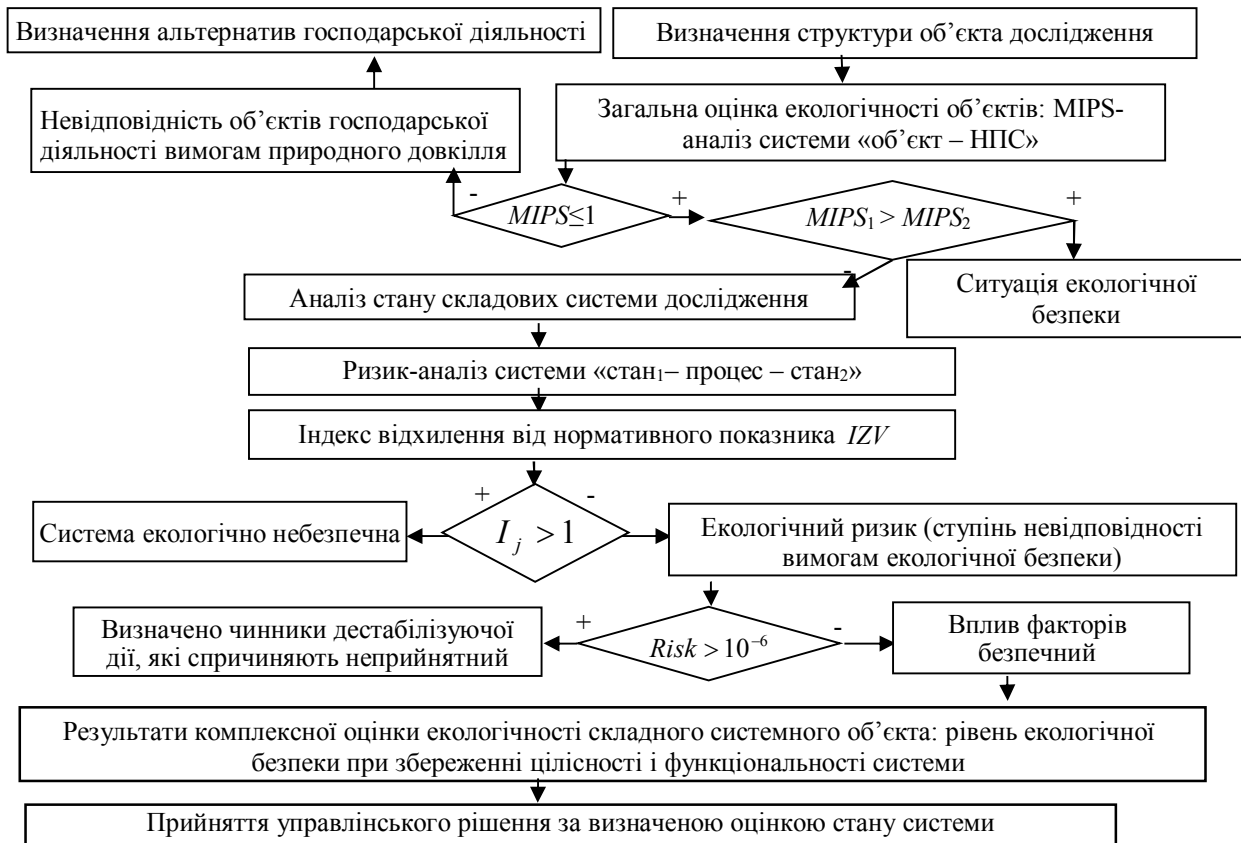


Рис. 1. Алгоритм комплексної оцінки екологічності системних об'єктів

Реалізація методики комплексної оцінки екологічності природно-техногенних систем проводилась на основі даних екологічного моніторингу діяльності полігонів твердих побутових відходів (ПТПВ) у Харківській області (м. Дергачі) (рис. 2, а) і м. Рівному (рис. 2, б).

Основні характеристики ПТПВ надані у таблиці 3.

Таблиця 3. Загальна характеристика Дергачівського і Рівненського ПТПВ

Характеристики	Рівненський ПТПВ	Дергачівський ПТПВ
Рік заснування	1959	1975
Кількість ТПВ за рік, т	80,000	120,000
Площа, га	18,0	5
Глибина, м	20-30	30
Кількість накопичених ТПВ (млн. т)	3-4	5,9

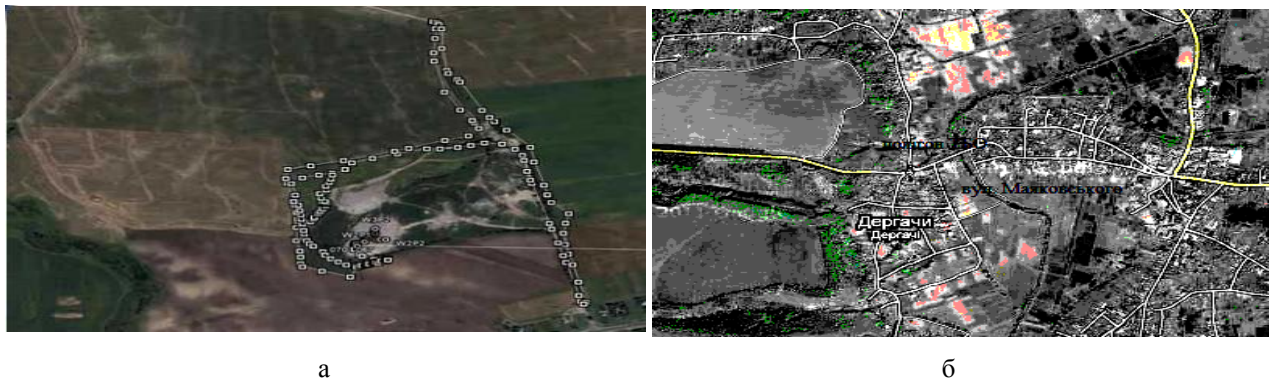


Рис. 2. Карта територій дослідження: а – Рівненський ПТПВ; б – Дергачівський ПТПВ.

За наданим вище алгоритмом оцінки якості складного систем-системного утворення з використанням MIPS-чисел, ризик-характеристик щодо стану об'єктів і процесів, пов'язаних з

порушенням їх екологічності, одержано комплексну оцінку території дослідження з визначенням показників напруження і процесів дестабілізації екологічної безпеки (табл. 4, табл. 5).

Таблиця 4. Розрахунок показників комплексної оцінки екологічності на території Рівненського ПТПВ

Показники мг/дм ³	Значення	ГДК мг/л	MI	MIPS	K	IЗВ	I	RISK
pH	10,5	8,5	–	–	–	1,24	0,13	1,3·10 ⁻⁵
Хлориди	3533	350	100,9	0,3565	3	3,36	0,36	7,5·10 ⁻⁵
Сульфати	240	500	4,1	0,001	3	0,16	0,05	7,4·10 ⁻⁶
Аміак	н/в	2	10,11		4	–	–	7·10 ⁻⁶
Нітриди	5,15	3,3	93,2	0,0005	2	0,78	0,09	9,9·10 ⁻⁶
Нітрати	29	45	58,01	0,0017	3	0,22	0,05	7,6·10 ⁻⁶
Азот загальн	2100	0,4	33,18	0,0697	3	1750	1	0,0095
Фосфор загальн	39	0,2	–	–	4	48,75	1	0,0095
Фториди	0,026	1,5	7,92	2·10 ⁻⁷	3	0,0058	0,04	7·10 ⁻⁶
Ціаніди	0,007	0,1	167,36	1·10 ⁻⁶	2	0,035	0,05	7·10 ⁻⁶
Свинець	0,39	0,1	15,6	6·10 ⁻⁶	1	3,9	0,42	12·10 ⁻⁵
Мідь	0,00091	0,01	85,51	8·10 ⁻⁸	3	0,03	0,04	7·10 ⁻⁶
Нікель	0,00032	0,1	233,34	7·10 ⁻⁸	2	0,0016	0,04	7·10 ⁻⁶
Ртуть	0,013	0,0005	–	–	1	26	0,99	0,009
Хром загальн	2,3	0,05	221,36	0,0005	3	15,33	0,98	0,008
Залізо	65,5	0,3	193,76	0,0127	4	54,58	1	0,009
Алюміній	1335	0,5	539,21	0,7198	4	667,5	1	0,009
Фенол	0,78	0,005	18,72	10 ⁻⁵	2	78	1	0,009
Вуглеводороди	3,5	0,1	28,23	10 ⁻⁴	2	17,5	0,99	0,008
Галоген органічні сполуки	0,065	0,001	87,55	6·10 ⁻⁶	2	32,565	0,99	0,009

Таблиця 5. Розрахунок показників комплексної оцінки екологічності НПС для Дергачівського ПТПВ

Показники мг/дм ³	Значення	ГДК мг/л	MI	MIPS	K	IЗВ	I	RISK
Хлориди	3500	350	100,9	0,3532	3	3,33	0,35	7,25·10 ⁻⁵
Сульфати	1000	500	4,1	0,0041	3	0,67	0,08	9,3·10 ⁻⁶
Аміак	20	2	10,11	0,0002	4	2,5	0,26	3,43·10 ⁻⁵
Нітриди	30	3,3	93,2	0,0028	2	4,55	0,5	21·10 ⁻⁵
Нітрати	450	45	58,01	0,0261	3	3,33	0,35	7,25·10 ⁻⁵
Свинець	0,01	0,03	15,6	2·10 ⁻⁷	2	0,167	0,05	7,11·10 ⁻⁶
Мідь	0,0002	0,01	85,51	2·10 ⁻⁸	3	0,077	0,05	7·10 ⁻⁶
Нікель	0,0002	0,1	233,3	5·10 ⁻⁸	2	0,00115	0,04	6,99·10 ⁻⁶

Розрахований екологічний ризик на території Дергачівського і Рівненського ПТПВ за дією

хімічних факторів впливу на водні системи відповідно до нормативів стану (табл. 1) визначений

як прийнятний, чинниками дестабілізуючої дії визнано хлориди, азот, ртуть, фосфор, хром, залізо, алюміній (табл. 4); хлориди, нітрити, нітрати (табл. 5). Отримані результати порівнювалися з наявними оцінками стану даних територій за екологічним моніторингом [6, 7].

Висновки. У роботі розроблено інформаційне і алгоритмічне забезпечення розв'язання задачі комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів, що дозволило отримати такі результати:

1) визначені удосконалення для формування комплексної системи методичного забезпечення оцінки екологічності факторів навантаження

техногенних систем на стан природної складової об'єктів дослідження;

2) надано алгоритмічне забезпечення визначення рівня екологічності систем НПС з метою визначення негативних факторів порушення гомеостазу ПТС на основі MIPS- аналізу і ризик-оцінки (рис. 1);

3) показана перспективність реалізації комплексного підходу для розв'язання практичних задач екологічної безпеки на прикладі оцінки рівня безпеки функціонування полігонів твердих побутових відходів в межах різних адміністративних районів (рис. 2, табл. 4, 5).

Список літератури: 1. Козуля Т. В. Комплексна екологічна оцінка природно-техногенних комплексів на основі MIPS- і ризик-аналізу. / Т. В. Козуля, Д. І. Ємельянова, М. М. Козуля // Восточноєвропейський журнал передових технологій – Харків, 2014 – №3 (69). – С.8–14. 2. Wernick I K. Material Flows Accounts – A Tool for Making Environmental Policy, WRI Report / I. K. Wernick, F. H. Irwin. // World Resource Institute: Washington, DC, USA, 2005. – 246 p. 3. Статюха Г. О. Системний підхід до оцінювання ризиків при проектуванні промислових об'єктів / Г. О. Статюха, Т. В. Бойко, А. О. Абрамова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 14 (56). – С. 8–12. 4. Бойко Т. В. Оцінка ризику промислового підприємства на стадії проектування в рамках стратегії сталого розвитку / Т. В. Бойко, В. І. Бендюг, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 2, 14 (56). – С. 13–17. 5. Качинский А. Б. Структурный анализ системы обеспечения экологической и природно-техногенной безопасности Украины / А. Б. Качинский, Н. В. Агаркова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2013. – № 1. – С. 7–15. 6. Солоха М. О. Методологія оцінки впливу стихійних звалищ на екологічний стан (на прикладі Дергачівського району) / М. О. Солоха, Е. О. Кочанов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Сер.: Екологія. – 2011. – №. 6 – С. 73-76. 7. Лико Д. В. Проблемні питання щодо поводження з відходами та їх утилізації в Рівненській області / Д. В. Лико, І. В. Гушук // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 47-49

Bibliography (transliterated): 1. Kozulia T. V., Emelianova D. I., Kozulia M. M. Kompleksna ekologichna ocinka pryrodno-tehnogennykh kompleksiv na osnovi MIPS- i ryzyk-analizu. Vostochnoevropejskyj zhurnal peredovykh tehnologiy – Har'kov, 2014 – №3 (69). – S.8–14. 2. Wernick I K. Material Flows Accounts – A Tool for Making Environmental Policy, WRI Report / I. K. Wernick, F. H. Irwin. // World Resource Institute: Washington, DC, USA, 2005. – 246 p. 3. Statyukha G. O., Boyko T. V., Abramov A. O. (2013). System approach to risk assessment in the design of industrial objects. Kharkiv, Ukraine: Eastern-European Journal of enterprise technologies, Vol. 2, № 14 (56), 8–12. 4. Boyko T., Bendyuh V., Komarysta B. (2012). Risk assessment of industrial objects in the design stage as part of a sustainable development strategy. Kharkiv, Ukraine: Eastern-European Journal of enterprise technologies, 2, 14 (56), 13–17. 5. Kachinskiy A. B., Agarkova N. V. (2013). Structural analysis systems for environmental and natural-technogenic safety of Ukraine. Kyiv, Ukraine: System research & information technologies, 1, 7-15. 6. Solokha M. O., Kochanov E. O. (2011). Methodology of dumps impact assessment on the ecological state (for example Dergachivsky district Kharkov region). Kharkiv, Ukraine: Vestnik KhNU Karazina, 944, 6, 73-76. 7. Liko D. V., Huschuk I. V. (2008) Problematic issues of waste management and recycling in Rivne. Kyiv, Ukraine: Ecology Environment and Life Safety, 5, 47-49.

Поступила (received) 17.05.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Розробка комплексної методики оцінки екологічності природно-техногенних систем / Д. І. Ємельянова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.– Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 19(1191). – С. 44–48. – Бібліогр.: 7 назв. –ISSN 2220-4784.

Разработка комплексной методики оценки экологичности природно-техногенных систем / Д. И. Емельянова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.– Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 19(1191). – С. 44–48. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2220-4784.

Natural and man-made systems complex ecological assessment methodology development / D. I Emelyanova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 19 (1191). – p. 44–48. Bibliog.:7 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ємельянова Дар'я Ігорівна – аспірант кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХПІ»; тел. (097) 877-89-41; e-mail: sone4ko-2008@yandex.ua.

Ємельянова Дар'я Ігорівна – аспірант кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХПІ»; тел. (097) 877-89-41; e-mail: sone4ko-2008@yandex.ua.

Daria Emelyanova – post-graduate student of computer monitoring and logistics National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; tel. (097) 877-89-41; e-mail sone4ko-2008@yandex.ua.