

DOI 10.15589/jnn20150614

УДК 004.7:556.11

Т41

DEVELOPMENT OF COMPUTER MONITORING NETWORK
FOR THE QUALITY OF SURFACE WATERS OF THE DNIEPER-BUG
ESTUARY NAVIGABLE CHANNELT

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ
ЗА ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД АКВАТОРІЇ СУДНОХІДНОГО
БУЗЬКО-ДНІПРОВСЬКОГО ЛИМАННОГО КАНАЛУ

Inna V. Tymchenko

timchenko_inni@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1956-10655

Victoria S. Motyhina

vikams@inbox.ru

ORCID: 0000-0002-0914-4671

Andrew S. Kaliuzhyn

ORCID:

I. В. Тимченко

канд. техн. наук, доц.

В. С. Мотигіна

асп.

А. С. Калюжин

студ.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. The article presents the results of research in ecological danger Dnieper-Bug estuary channel allowing for the processes and nature of pollution sources. Explored the general structure of the computer system of working of information for ecological monitoring of superficial waters. Definition of processes and key factors of environmental hazards that are typical for limited marine areas. Offered the algorithm computer network supervision over the quality of surface waters navigable waters of the Dnieper-Bug estuary channel. The results of computer processing of the data is represented as elements of the database and application of geo-information system. Presented the results of calculation of the optimal number and placement of alignment.

Key words: environmental safety; seaport water areas; computerized monitoring system; pollution.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования уровней экологической опасности Бугско-Днепровского лиманского канала. Предложен алгоритм компьютерной сети наблюдений за качеством поверхностных вод акватории судоходного Бугско-Днепровского лиманского канала. Представлены результаты расчетов оптимального количества створов и их размещения.

Ключевые слова: экологическая безопасность; акватория; мониторинг; компьютерная сеть наблюдений; загрязнения.

Анотація. В статті представлено результати дослідження рівнів екологічної небезпеки Бузько-Дніпровського лиманного каналу з урахуванням особливостей технологічних процесів та характеру джерел забруднення. Запропоновано алгоритм комп'ютерної мережі спостережень за якістю поверхневих вод акваторії суднохідного Бузько-Дніпровського лиманного каналу. Представлено результати розрахунків оптимальної кількості створів та їх розміщення.

Ключові слова: екологічна безпека; акваторія; моніторинг; комп'ютерна мережа спостережень; забруднення.

REFERENCES

- [1] Ryzhkov S. S., Tymchenko V. L., Girzheva O. L., Tymchenko I. V. *Alghorytm vyznachennja kateghoriji ekologichnoji nebezpeky pryberzhnykh diljanok akvatoriji lymannogho kanalu* [The determination algorithm of environmental hazard category of the water areas estuaty waterside]. *Visnyk Ljvivs'kogho derzhavnogho universytetu bezpeky zhyttjedijalnosti*. [Bulletin of the Lviv State University of Life Safety], 2013, issue 7, pp. 203–209.
- [2] Ryzhkov S. S., Tymchenko V. L., Tymchenko I. V., Ghirzheva O. L. *Baghatofaktornyj analiz rivniv ekologichnoji nebezpeky pryberzhnykh rajoniv akvatoriji lymannogho kanalu* [Multivariate analysis of levels of environmental hazards coastal waters estuary channel]. *Zakhyst navkolysnjogho pryrodnogho seredovyshha. Energhooshhadnistj. Zbalansovane pryrodokorystuvannja : tez. 2-j mizhn. Konghresu* [Proc. Of the 2nd Int. Congress «Protection of the environment. Energy-saving. Balanced Nature»]. Lviv, 2012, pp. 19.

- [3] Saaty T. *Prynjatye reshenyj — metod analiza yerarkhij* [Adoption of solutions — analysis method of hierarchy]. 1993, pp. 278.
- [4] Timchenko I. V., Motyhina V. S., Kaliuzhyn A. S. *Alghorytm formuvannja komp'juternoji merezhi sposterezhenj za jakistju poverkhnevyykh vod akvatoriji Buz'ko-Dniprovs'kogho lymannogho kanalu* [Algorithm formation of computer monitoring network for surface water quality waters of the Dnieper-Bug estuary channel]. *Tezisy IX Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv* [Prod. of the IX Ukrainian scientific conference of young scientists and students]. Kyiv, 2015, pp.141–142.
- [5] Tymchenko I. V. *Vdoskonalennja systemy komp'juteryzovanogho ekologhichnogho monitorynghu perevantazhennja shkidlyvykh ridyn v akvatorijakh morskyykh portiv: avtoref. dys. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tekhn. nauk. Avtoreferat Diss.* [Improvement of computerized environmental monitoring overload harmful liquids in the waters of seaports]. Mykolaiv, 2010, pp. 21.
- [6] Mokin V. B., Prysiazhniuk O. M., Konovaliuk Yu. M. *Novyj pidkhid do optymizaciji sposterezhoji merezhi jakosti poverkhnevyykh vod za p'jatjma kryterijamy* (The new supervisory approach to optimizing the network of surface water quality on five criteria). *Bibliotechnyi Visnyk — Library Bulletin*, 2006. Available at: http://www.eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/zb_m/0003_zb_m_1VZE.pdf.
- [7] *Orghanizacija ta zdijsnennja sposterezhenj za zabrudnennjam poverkhnevyykh vod (v systemi minekoresursiv) KND 211.1.1.106* [Organization and carrying out observations of pollution of surface waters in Ukraine Ministry carried out in accordance with the «Guiding regulations»]. *Ministerstvo ekologhiji ta pryrodnykh resursiv Ukrainy* — Ministry of Ecology of Ukraine. Available at: <http://www.ecobank.org.ua/NB/DocLib/1.5.26.pdf>.
- [8] *Reghionaljna dopovidj pro stan navkolyshnjogho pryrodnogho seredovyshhi v Mykolajivskij oblasti u 2013 r.* [The regional report on the state of the environment in the Mykolaiv region in 2013]. *Derzhavne upravlinnja okhoroony navkolyshnjogho pryrodnogho seredovyshha v Mykolajivskij oblasti* — State Department of Environmental Protection in the Mykolaiv region. Available at: http://dovkillia.in.ua/pdf/regreports/mykolayiv_2013.pdf.
- [9] *Rozrobka avtomatyzovanykh system monitorynghu dovkilija* [Development of the automated systems of environmental monitoring]. *Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy* — Ministry of Ecology of Ukraine Available at: <http://euaeco.com/?automated-monitoring-system/ua>.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення об'ємів транспортних перевезень та перевантаження вантажів, в тому числі небезпечних, через портові комплекси Бузько-Дніпровського лиманного каналу (БДЛК) призводить до значних забруднень водних акваторій та виникнення аварійних ситуацій з значними наслідками для навколишнього середовища.

Результати постійного контролю основних показників забруднення акваторії (нафтопродуктів, сульфатів, хлоридів, аміаку, нітратів, заліза, цинку, нікелю, хрому, фенолу, марганцю, фосфатів, хлорорганічних пестицидів) в пунктах спостереження БДЛК, затверджених програмою моніторингу, показують перевищення їх гранично допустимих концентрацій [4].

Процес контролю передбачає збір та обробку великої кількості даних, на основі яких формуються відповідні рішення щодо запобігання забруднення та відтворення водних екосистем. При цьому часто виникають складності пов'язані з неможливістю отримання достовірної інформації про джерела забруднення, невизначеністю деяких контрольних показників, непередбачуваністю динаміки зміни параметрів забруднення. Крім того виникає необхідність в оперативному отриманні інформації для вчасної локалізації можливих наслідків. Це все потребує

впровадження ефективної та якісної системи екологічного моніторингу з застосуванням сучасних інформаційних технологій.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В роботах [3, 5, 9] наведено методики організації моніторингу поверхневих вод, які включають розробку автоматизованих систем моніторингу, критерії оптимізації спостереження та прийняття рішень. Однак, подальше удосконалення системи екологічного моніторингу портових вод, зокрема мереж спостереження та оцінки даних на сьогодні залишається актуальною задачею, через необхідність врахування характерних умов обмежених морських акваторій та особливостей технологічних процесів й режимів судноплавства.

МЕТОЮ САТТІ є розробка комп'ютерної мережі спостережень за якістю поверхневих вод акваторії БДЛК, яка є складовою системи комп'ютерного екологічного моніторингу.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Підприємства морської портової інфраструктури характеризуються складністю та різноманітністю технічних об'єктів та технологічних процесів й багатофакторністю негативних впливів на природне та соціальне середовище. Тому побудова елемен-

тів комп'ютерних систем екологічного моніторингу потребує комплексного підходу до аналізу основних технологічних процесів.

Портові комплекси БДЛК характеризуються наступними технологічними процесами:

- P0 — очищення лляльних вод на станції очистки;
- P1 — перевантаження металів;
- P2 — перевантаження зерна;
- P3 — перевантаження рослинних масел;
- P4 — перевантаження риби;
- P5 — перевантаження м'яса;
- P6 — перевантаження вугілля;
- P7 — перевантаження деревини;
- P8 — перевантаження наливних вантажів;
- P9 — перевантаження калійних добрив;
- P10 — перевантаження бокситів.

Сформовано основні фактори екологічної небезпеки:

- забруднення шкідливими рідинними речовинами з суден (A1);
- забруднення нафтовмісними водами при бункеруванні (A2);
- забруднення шкідливими речовинами при перевантажувальних операціях (наливні вантажі) (A3);
- забруднення при скиді неочищених стічних вод з міста (A4);
- аварійні забруднення при скиді лляльних вод (A5);
- осадження пилу при перевантаженні (A6);
- забруднення твердими речовинами (при втраті вантажу) (A7).

При управлінні будь-якими динамічними об'єктами або складними технологічними процесами виникає необхідність прийняття найкращих рішень для підвищення ефективності функціонування даних об'єктів та процесів. Процес прийняття рішень може проходити в обмежений період часу при існуванні надзвичайних або аварійних ситуацій, найчастіше в умовах невизначеностей та ризику, які значно підвищують ймовірність помилкових рішень.

Тому в роботі для ефективного процесу екологічного моніторингу використано методику розробки систем підтримки прийняття рішень (СППР).

Інформаційна база даних, яка необхідна для функціонування такої системи включає отримання наступних даних з використанням відповідних методів ідентифікації:

- температури повітря (автономна гідрометеорологічна станція);
- температури води (автономна гідрометеорологічна станція);
- швидкості вітру (автономна гідрометеорологічна станція);
- напрямку вітру (автономна гідрометеорологічна станція);
- хвилювання (автономна гідрометеорологічна станція);

– швидкості течії (автономна гідрометеорологічна станція);

- ідентифікації забруднень (датчик контролю);
- концентрації розчиненої органіки (лабораторний аналіз, вимірювальні пристрої);
- концентрації розчинених нафтопродуктів (лабораторний аналіз, вимірювальні пристрої);
- концентрації фенолу, формальдегіду (лабораторний аналіз, вимірювальні пристрої);
- концентрації іонів (хлориду, флориду, амонію, міді, марганцю) (лабораторний аналіз, вимірювальні пристрої);
- каламутність (лабораторний аналіз, вимірювальні пристрої).

В якості інформаційно-вимірювальних приладів пропонується використання автоматичних пристроїв контролю (сигналізаторів), серед яких найбільш розповсюдженні прилади, засновані на методі флуоресценції (зокрема типу Remote Oil Watcher — Stainless Steel), а також автономної метеорологічної станції.

Людина-оператор при здійсненні екологічного моніторингу взаємодіє з системою підтримки прийняття рішень, яка дозволяє формувати відповідні рекомендації:

- розмір збитків навколишньому середовищу;
- систему параметрів аварійної ситуації;
- перелік природоохоронних заходів по запобіганню забруднення;
- перелік заходів з ліквідації забруднення;
- перелік природоохоронних заходів з відтворення екологічної рівноваги.

При критично небезпечній ситуації включається інтерактивний канал з зовнішніми експертами для корегування рішень.

Важливим елементом такої системи для здійснення якісного екологічного моніторингу є комп'ютерна мережа спостережень, що включатиме оптимальну схему розташування створів та компоновку вимірювальними пристроями.

Запропоновано алгоритм формування комп'ютерної мережі спостережень за якістю поверхневих вод акваторії БДЛК (рис.1) [4]. Слід зазначити, що результати комп'ютерної обробки отриманих даних представляється у вигляді елементів бази даних та додатків гео-інформаційної системи.

Аналіз літератури [7] дозволив сформулювати рекомендації щодо існуючих систем моніторингу розташування створів.

На водотоках при наявності локального джерела забруднення встановлюють наступні створи спостережень (пункти відбору проб):

- фоновий створ (встановлюється вище джерела забруднення);
- контрольний створ (встановлюється нижче джерела забруднення);

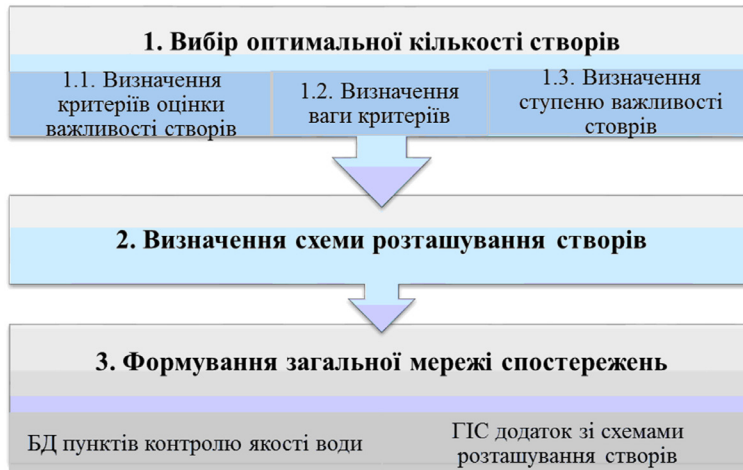


Рис. 1. Блок-схема алгоритму формування комп'ютерної мережі спостережень за якістю поверхневих вод акваторії БДЛК

– довільний створ.

При цьому обов'язковим є урахування умов водообміну водою.

На водотоках за умови відсутності безпосереднього впливу локальних джерел забруднення встановлюють один створ спостережень з урахуванням характеру ділянки акваторії та джерел забруднень.

Слід зазначити, що розташування довільних створів чітко не визначене, тому пропонується методика визначення їх раціонального розташування за критерієм економічної доцільності при забезпеченні необхідної точності результатів.

Для оптимізації мережі спостережень, а саме визначення раціональної кількості довільних створів та їх розташування в акваторії БДЛК сформовано критерії [1]. Визначення їх пріоритетів (w) та градації й оцінки у вигляді балів (p) здійснено методом аналізу ієрархій.

Критерій 1. Характеристика акваторії ($w - 4$):

- штучні конструкції та портові споруди ($p - 1$),
- скально-глибові навали ($p - 2$),
- мілкопіщані пляжі ($p - 3$),
- крупнопіщані пляжі ($p - 4$),
- піщане-галькові пляжі ($p - 5$),
- гравійні та щебені пляжі, кам'яна насип ($p - 6$),
- підсихаюча мілина ($p - 7$),
- плоскі гравійно-піщані пляжі з крупними валами водоростей та трав ($p - 8$),
- захищений підсихаючий берег ($p - 9$),
- заростаючі заболочені землі ($p - 10$).

Критерій 2. Місця скиду стічних вод ($w - 6$):

- ні ($p - 0$),
- очищені ($p - 1$),
- частково очищені ($p - 5$),
- Неочищені ($p - 10$).

Критерій 3. Небезпечні об'єкти (затонулі судна та ін., скальні виступи) ($w - 3$):

– так ($p - 10$),

– ні ($p - 0$).

Критерій 4. Батиметричні умови району (відстань від берега, км) ($w - 1$):

- до 5 ($p - 10$),
- 5,1–10 ($p - 8$),
- більше 10 ($p - 7$).

Критерій 5. Точки водозабору ($w - 9$):

- так ($p - 10$),
- ні ($p - 0$).

Критерій 6. Населенні райони (кількість населення, осіб) ($w - 4$):

- ні ($p - 0$),
- до 500 ($p - 1$),
- 500-1000 ($p - 3$),
- 1000-2000 ($p - 6$),
- >2000 ($p - 8$);

Критерій 7. Промислові об'єкти ($w - 3$):

- так ($p - 10$),
- ні ($p - 1$).

Критерій 8. Категорія ділянки водного об'єкту ($w - 7$):

- господарсько-побутового використання ($p - 4$),
- питного водокористування ($p - 6$),
- рибогосподарського використання II категорії ($p - 7$),
- рибогосподарського використання I категорії ($p - 8$),
- рибогосподарського використання вищої категорії ($p - 10$).

Критерій 9. Ступінь природоохоронності або рекреаційності прибережної території ($w - 8$):

- немає ($p - 0$),
- рекреаційна територія ($p - 2$),
- резерват ($p - 4$),
- заказники ($p - 6$),
- національні (народні і природні) парки ($p - 8$),

– заповідники ($p - 10$).

Критерій 10. Характеристика забрудненості вод ($w - 8$):

- відносно чисті ($p - 1$),
- слабо забруднені ($p - 3$),
- помірно забруднені ($p - 6$),
- брудні ($p - 8$),
- дуже брудні ($p - 10$).

Критерій 11. Стоянка суден (кількість) ($w - 6$):

- ні ($p - 0$),
- до 3 ($p - 3$),
- 3–5 ($p - 5$),
- 5–10 ($p - 8$),
- більше 10 ($p - 10$).

Категорія важливості створу, R , розраховується як:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N w_i p_i}{\max p_i \cdot w_i} \cdot 10,$$

де p_i — оцінка важливості; w_i — ваговий коефіцієнт критерію; $\max p_i$ — максимальний рівень важливості створу за i -тим критерієм.

Відповідно до всіх рекомендацій щодо розташування створів, а саме контрольного, фонового та довільного, в таблиці 1 наведено результати розрахунків раціональної кількості створів за наведеною методикою.

При цьому визначено таку кількість створів: контрольних створів — 13, фонових створів — 11, довільних створів — 12.

На рис. 2 наведено приклад розташування контрольних, фонових та довільних створів для 6–9 причалів Миколаївського морського торговельного порту (Ділянка II).

Таблиця 1

Об'єкт БДЛК	Контрольний створ	Фоновий створ	Довільний створ
0 Причал		+	
1	+		+
2		+	
3	+	+	+
4	+		+
5	+		+
6		+	+
7	+		
8	+		+
9	+	+	+
10		+	
11	+		+
12		+	
13	+		+
14	+	+	
Нафтобаза	+	+	+
Ніка-гера	+	+	+
Октябрьськ	+	+	+

ВИСНОВОК. Запропонований алгоритм формування комп'ютерної мережі спостережень в комплексі комп'ютерної системи екологічного моніторингу дозволяє формувати рекомендації при спостереженні за якістю поверхневих вод акваторії суднохідного Бузько-Дніпровського лиманного каналу, а саме раціональну схему розташування довільних створів (їх кількість, координати), необхідну інформаційну базу та засоби обробки даних на основі визначених еколого-економічних критеріїв при забезпеченні необхідної точності результатів та економічної доцільності.

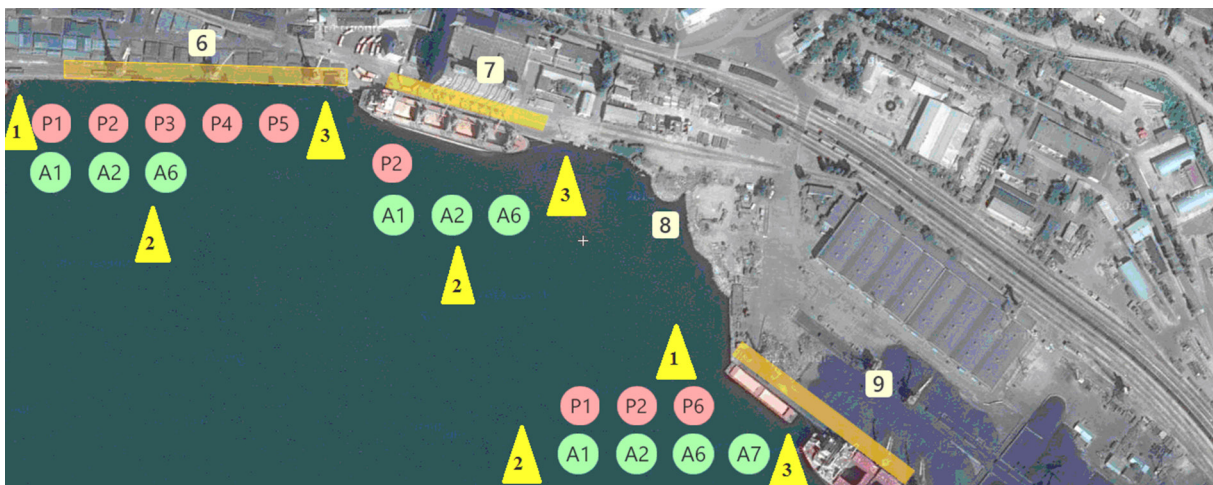


Рис. 2. Причали 6–9 Миколаївського морського торговельного порту (1 — фоновий створ, 2 — довільний створ, 3 — контрольний створ)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Рижков, С. С.** Алгоритм визначення категорії екологічної небезпеки прибережних ділянок акваторії лиманного каналу [Текст] / С. С. Рижков, В. Л. Тимченко, І. В. Тимченко // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. — 2013. — № 7. — С. 203–209.
- [2] **Рижков, С. С.** Багатофакторний аналіз рівнів екологічної небезпеки прибережних районів акваторії лиманного каналу [Текст] / С. С. Рижков, В. Л. Тимченко, І. В. Тимченко, О. Л. Гіржева // Захист навколишнього природного середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : тез. 2-й міжн. Конгресу. — Львів, 2012. — С. 19.
- [3] **Саати, Т.** Принятие решений — метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с.
- [4] **Тимченко, І. В.** Алгоритм формування комп'ютерної мережі спостережень за якістю поверхневих вод акваторії Бузько-Дніпровського лиманного каналу [Текст] / І. В. Тимченко, В. С. Мотигіна, А. С. Калюжин // Тези доповіді ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів, 15 квітня 2015 р. — Київ : Національний авіаційний університет. — 2015. — С. 141–142.
- [5] **Тимченко, І. В.** Вдосконалення системи комп'ютеризованого екологічного моніторингу перевантаження шкідливих рідин в акваторіях морських портів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. [Текст] / І. В. Тимченко. — М., 2010. — 21с.
- [6] **Мокін, В. Б.** Новий підхід до оптимізації спостережної мережі якості поверхневих вод за п'ятьма критеріями [Електронний ресурс] / В. Б. Мокін, О. М. Присяжнюк, Ю. М. Коновалюк // Міжнародна науково-практична конференція «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів» : збірник матеріалів. — 2006. Режим доступу : http://www.eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/zb_m/0003_zb_m_1VZE.pdf.
- [7] Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі мінекоресурсів) КНД 211.1.1.106 — 2003 [Електронний ресурс] // Міністерство екології та природних ресурсів України. — Режим доступу: <http://www.ecobank.org.ua/NB/DocLib/1.5.26.pdf>.
- [8] Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2013 році [Електронний ресурс] // Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Миколаївській області. — Режим доступу: http://dovkillia.in.ua/pdf/regreports/mykolayiv_2013.pdf.
- [9] Розробка автоматизованих систем моніторингу довкілля [Електронний ресурс] // Міністерство екології та природних ресурсів України. — Режим доступу: <http://euaeco.com/?automated-monitoring-system/ua>.

© І. В. Тимченко, В. С. Мотигіна, А. С. Калюжин

Надійшла до редколегії 19.11.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. С. С. Рижков