

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-13-20>

УДК 004.4

## СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ЕКО-ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ (ОБЛАСТІ, РАЙОНУ ТА МІСТА)

Сліпченко В.Г., Полягушко Л.Г., Круш О.Є.

## THE SYSTEM OF COMPLEX ECO-ENERGY-ECONOMIC MONITORING TO OPTIMIZE MANAGEMENT DECISIONS (REGION, DISTRICT AND CITY)

Slipchenko V.G., Poliahushko L.G., Krush O.E.

*У статті розглянуто питання розробки системи комплексного еко-енерго-економічного моніторингу для ефективного прийняття управлінських рішень для забезпечення високої якості життя та здоров'я населення. Система дозволяє проводити моніторинг області, району та міста експертами різного профілю, а саме, еколог, енергетик, економіст, лікар, юрист та аналітик. Такий набір експертів охоплює всі важливі аспекти екологічного, економічного та соціального розвитку населення. Запропонована модульна архітектура системи є універсальною та легкою для модернізації, при додаванні нових функціональних можливостей не вимагає перероблення усього комплексу, а лише одного модуля – розрахункового, інші модулі потребують мінімальних змін або взагалі не змінюються. Отримані результати знайшли своє практичне та наукове застосування під час проведення наукових досліджень та підготовки спеціалістів по комп'ютерним наукам та інформаційним технологіям, а також фахівців по екологічній безпеці.*

**Ключові слова:** комплексний еко-енерго-економічний моніторинг, архітектура системи, програмний модуль, експерт, прийняття рішень.

**Вступ.** Глобальна індустріалізація, урбанізація, транспортні системи, сільське господарство і виробництво енергії створюють величезне навантаження на навколишнє середовище. Стан навколишнього середовища впливає на якість життя та стан здоров'я населення. Для нейтралізації наслідків негативного впливу необхідно здійснювати постійний контроль та аналіз стану довкілля, а також визначати екологічні та медичні ризики з метою забезпечення оптимальних режимів викидів забруднюючих речовин в довкілля, при цьому забезпечуючи економічне зростання промисловості. Цього можна досягти використовуючи сучасні інформаційні технології, а саме системи моніторингу та прогнозування соціальних процесів.

Літературний аналіз показав, що в світі розроблено велику кількість інформаційних систем моніторингу довкілля, які використовуються в якості програмних ресурсів підтримки прийняття рішень в області охорони навколишнього природного середовища в зонах впливу об'єктів підвищеної небезпеки [1]. Всі системи успішно функціонують, є оригінальними та націленими на вирішення конкретного кола задач екологічної та радіаційної безпеки як в Україні так і по всьому світу, але наразі не існує систем для проведення комплексного аналізу стану території за екологічними, економічними, енергетичними та медичними показниками. Тому актуальною задачею є розробка системи комплексного еко-енерго-економічного моніторингу (КЕЕЕМ), що забезпечує роботу експертів у сфері екології, економіки, енергетики, медицини, юриспруденції, оскільки завдяки комплексному підходу можна покращити якість життя та здоров'я населення проживаючого на досліджуваній території.

**Метою роботи** є розробка гнучкої до змін структури системи комплексного еко-енерго-економічного моніторингу, яка враховує потреби різних експертів, що приймають участь у комплексному моніторингу. Архітектура системи повинна забезпечувати легке розширення функціоналу, складатись з блоків, бути легкою у обслуговуванні, забезпечувати відмовостійкість, надійність та масштабованість.

Для вирішення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Аналіз існуючих систем у сфері моніторингу.
2. Визначення набору експертів КЕЕЕМ та їх функцій.

3. Обґрунтування вибору архітектури програмної системи.

4. Опис запропонованої структури системи КЕЕЕМ.

#### **Аналіз існуючих систем у сфері моніторингу.**

У світі використовується велика кількість автоматизованих систем для моніторингу навколишнього середовища та вивчення його впливу на якість життя населення. Усі системи можна умовно поділити на такі групи в залежності від функцій та завдань моніторингу:

- програмні продукти для автоматизації процесів обробки експериментальних даних і формування звітності хіміко-аналітичних лабораторій екологічного контролю. Класичними представниками є: система екологічного моніторингу навколишнього середовища (СЕМНС) [2] та Апаратно-програмний комплекс екологічного моніторингу атмосферного повітря (АКІАМ) [3];

- спеціалізоване програмне забезпечення для проведення розрахунків екологічних показників на основі затверджених методики державними установами країн, наприклад, методики оцінки якості навколишнього природного середовища з урахуванням антропогенного впливу та визначення впливу на стан здоров'я населення, проживаючого чи працюючого на досліджуваній території. Класичними представниками є: ПК «ЭРА» [4], ЕПК «РОСА» [5], ПК «ЕОЛ» [6], УПРЗА «Еколог» [7];

- програми і програмні пакети для формування актуальних форм екологічної звітності природокористувачів, наприклад, формування статистичних звітів та звіту по виплатах за негативний вплив на навколишнє середовище. Класичними представниками є: окремі модулі ПК «ЭРА» [4] та ЕПК «РОСА» [5], інтернет-додаток «Екозвіт» у складі ПК «ЕОЛ» [6], а також Автоматизована система управління природоохоронною діяльністю (АСУПД) [8];

- геоінформаційні системи в сфері екології, що забезпечують відображення екологічних показників на карти відповідної місцевості. Класичними представниками є: ЕкоГІС як компонент ЕПК РОСА [5], Веб-інформаційна система «Відкрите довкілля» [9], ГІС-екологія [10], універсальні пакети ArcView та ArcINFO [11];

- програмні пакети, призначені для територіальних екологічних служб, що дозволяють реєструвати, зберігати і обробляти інформацію про промислові об'єкти, в тому числі їх екологічну звітність, дозвільну документацію, тощо. Класичними представниками є комплекс програм «ЭКОЛОГИЯ» [12] та ГІС-екологія [10];

- інформаційно-правові системи – це збірники актуальних законів та підзаконних актів, в тому числі в сфері екології, зі зручним інтерфейсом і пошуковою системою. Класичними представниками є: «Парус-Консультант» [13], «ЛІГА ЗАКОН» [14], «Консультант-ПЛЮС» [15] та «Гарант» [16];

- програмні пакети загального (офісні пакети) і загально-інженерного (системи автоматизованого проектування, прикладні математичні пакети) призначення. Класичними представниками є AutoCAD та MS Office.

Це досить умовна класифікація, але вищезазначений розподіл на функціональні групи, дозволяє максимально структурно оцінити існуючий стан справ у сфері автоматизації еколого-соціальних процесів [17].

Отже, сучасний фахівець в області охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення для прийняття управлінських рішень на основі усестороннього комплексного аналізу ситуації повинен користуватися цілим набором програмних продуктів, оскільки немає єдиного комплексу для вирішення прикладних задач у сфері екології, енергетики, медицини, економіки та юриспруденції.

#### **Визначення набору експертів системи, їх функцій та алгоритму взаємодії між собою.**

Система КЕЕЕМ запропонована в рамках виконання науково-технічної програми «Розробка науково-методичних основ системи прогнозування генетичного ризику впровадження нових технологій та забруднення навколишнього середовища «ГРАНІТ», яка розроблена на виконання Указу Президента України від 17 січня 1995 року № 53/95 «Про систему прогнозування генетичного ризику впровадження нових технологій та забруднення навколишнього середовища» [1, 18] та призначена для прийняття ефективних соціальних, екологічних та економічних рішень на рівнях державної, регіональної та місцевої влади, що потребує проведення всебічного моніторингу території фахівцями різних галузей, тому запропонована система забезпечує підтримку робочих місць експертів, що здійснюють спостереження за станом навколишнього середовища, досліджують антропогенний вплив та надають рекомендації щодо мінімізації ризику для здоров'я населення, що потрапило до зони забруднення довкілля шкідливими речовинами. Система КЕЕЕМ забезпечує взаємодію між собою та з системою наступні категорії експертів (рис. 1):

Еколог – забезпечує збір первинної інформації про стан компонентів навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери та літосфери), актуалізує інформацію про забруднювачі довкілля, оцінює рівень небезпеки (зокрема, нормування по гранично-допустимим концентраціям, визначення індексів забруднення тощо), прогнозує розвиток екологічної ситуації в зоні забруднення, формує перелік екологічних заходів для нейтралізації наслідків забруднення.

Лікар – формує базу даних (БД) про стан здоров'я населення, визначає ступень ризику розвитку захворювань в залежності від екологічного стану в контрольованій зоні, прогнозує захворюваності в майбутньому та пропонує комплекс медичних та соціальних заходів щодо профілактики, лікування та реабілітації населення.



Рис. 1. Схема взаємодії експертів системи.

Енергетик – формує базу даних про енергетичне забезпечення населення, проводить енергоаудит, формує зведений та прогнозний енергобаланс, проводить аналіз зони на можливість мінімізації використання природних ресурсів, пропонує заходи для нейтралізації негативного впливу на стан довкілля паливно-енергетичного комплексу.

Економіст – проводить розрахунки збитків від наднормових викидів, скидів, надзвичайних ситуацій, а також визначає оптимальний за вартістю варіант виконання заходів, запропонованих іншими експертами (еколог, лікар, енергетик), на основі відомостей про наявні ресурси у відповідних міністерствах та відомствах.

Юрист – формує нормативно-законодавчу базу в сфері екологічного моніторингу та соціального захисту населення, надає пропозиції щодо покарання порушників екологічного законодавства та підтверджує законність запропонованих заходів іншими експертами.

Аналітик – особа, що приймає рішення щодо формування плану проведення комплексу заходів на основі аналізу рекомендацій інших експертів (еколог, енергетик, лікар, економіст), проводить аналіз сформованої ситуації і надає остаточні рішення.

Адміністратор – забезпечує функціонування бази даних, актуалізацію та захист інформації.

**Функціонування КЕЕЕМ здійснюється за таким алгоритмом:**

1. Експерт-аналітик реєструє задачу у системі, визначає на карті регіон, який охоплює задача, зберігає її назву та опис (рис. 2).

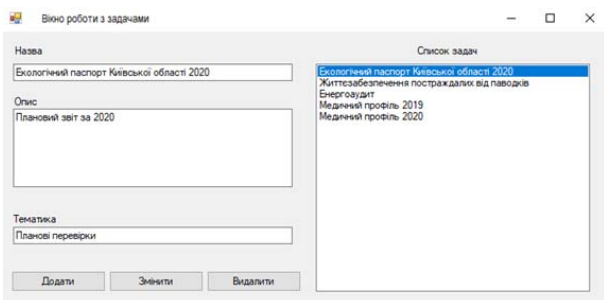


Рис. 2. Реєстрація задачі експертом аналітиком.

2. Юрист прикріплює до задачі законодавчі документи, які регламентують обов'язкові заходи (рис. 3).

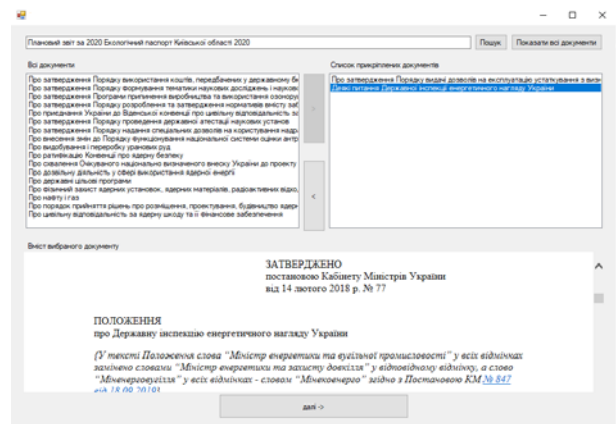


Рис. 3. Додання законодавчих документів до заходу

3. Еколог, лікар, енергетик, економіст збирають всі необхідні параметри, наносять на карту (або обирають на карті) об'єкти, які відносяться до задачі (підприємства, точки збору інформації, області забруднення тощо) (рис. 4) і проводять розрахунок показників-маркерів (рис. 5), спираючись на дані один одного. При цьому набір формул для розрахунку формується відповідно до актуальної методики та вибраного експерта, який проводить розрахунки.

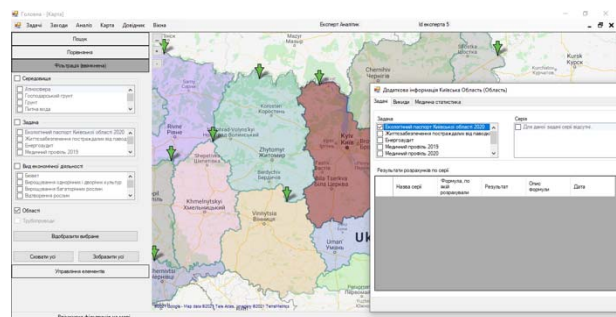


Рис. 4. Візуалізація об'єктів на карті

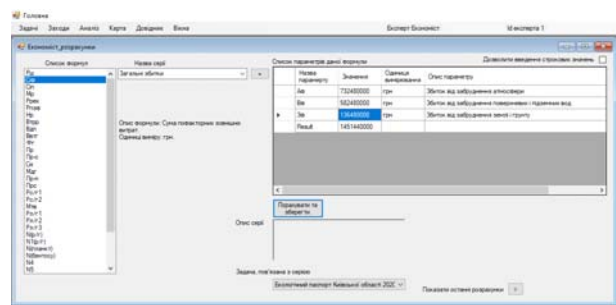


Рис. 5. Проведення розрахунків по задачі

Всі експерти, крім аналітика, на основі отриманої інформації про задачу та проведеного аналізу пропонують заходи для покращення екологічної ситуації та мінімізації негативного впливу на стан здоров'я населення (рис. 6).

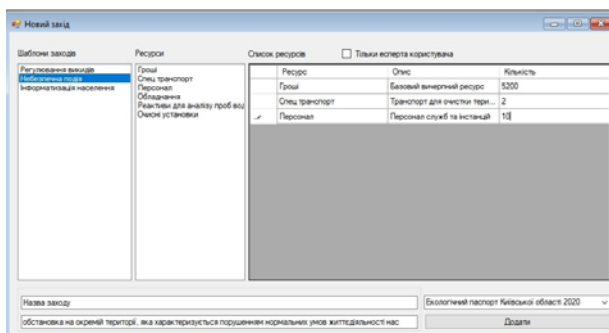


Рис. 6. Додання заходів для покращення ситуації

4. Юрист розглядає кожен запропонований захід на відповідність законодавству України, підтверджує законність та додає до заходу нормативно-правові документи, на основі яких було винесене відповідне рішення (рис. 7).

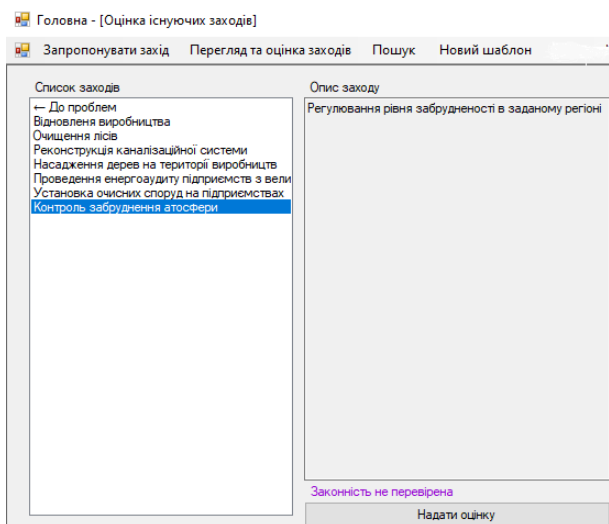


Рис. 7. Підтвердження законності заходу

5. Аналітик формує програму вирішення поставленої задачі, на основі запропонованих експертами заходів, оцінки законності, наявності необхідних ресурсів, вартості виконання заходів, їх пріоритету та оцінки ефективності (рис. 8).

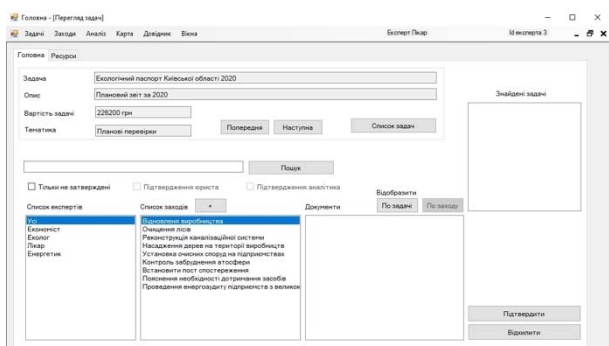


Рис. 8. Перегляд аналітиком запропонованих заходів по задачі

Запропонований перелік експертів дозволяє охопити всі важливі аспекти екологічного, економіч-

ного та соціального розвитку громади та забезпечити ефективне прийняття управлінських рішень для сталого розвитку території та покращення стану здоров'я населення.

### Обґрунтування вибору архітектури програмної системи.

Існуючі програмні системи орієнтуються на кращі архітектурні рішення у сфері проектування програмного забезпечення і тому складаються з набору модулів або підсистем, але основна мета більшості систем – це інформаційне забезпечення екологічних підрозділів підприємств (розрахунки викидів забруднюючих речовин, екологічні звіти тощо) та окремих відділів державних установ у сфері охорони довкілля (видача дозволів, паспортизація викидів та небезпечних об'єктів тощо). Саме тому основний архітектурний принцип існуючих систем можна описати такою формулою «методика розрахунку або аналізу = модуль або підсистема».

Крім того, існуючі системи орієнтуються на одну окрему підсистему—моніторингу, а саме, моніторинг якості повітря, моніторинг стану вод суші, моніторинг прибережних вод, моніторинг стану ґрунтів, моніторинг радіаційного випромінювання.

Для більшого розуміння описаного підходу, розглянемо декілька програмних систем та особливості їх модульної архітектури. «Екологічний програмний комплекс РОСА» (ЕПК РОСА) містить такі модулі (вибрано лише декілька різномірних модулів): Котельная, Нефтепродукт, Автотранспорт, Лесные пожары [19]. Програмний комплекс ЕОЛ (ПК ЕОЛ) містить такі модулі: Еол 2000, Утиліта «Показник ризику», Інтернет-додаток «Екозвіт», Еол (ГАЗ) 2000, Еол 4.3 + ФОН [20]. Обидва програмних комплекси працюють у підсистемі моніторингу якості повітря.

Кожен окремий модуль реалізує одну визначену методику розрахунку, автоматизує екологічну звітність підприємства та має вузьке наповнення, оскільки орієнтована на кінцевого користувача, яким є підприємство у визначеній галузі. Такі модулі не дозволяють оцінити ситуацію комплексно для прийняття ефективного рішення на рівні міста, району чи області.

Комплексний же підхід потребує зовсім іншого архітектурного принципу. Архітектура системи комплексного моніторингу повинна враховувати велику кількість різномірних підсистем, гнучкий набір експертів та необхідність проведення розрахунків за різними методиками. У такому випадку розбиття на структурні одиниці повинно бути за принципом «завдання або блок моніторингу = модуль або підсистема» та «загальні функції програмної системи = модуль або підсистема».

Під завданням моніторингу у даному контексті будемо розуміти такі поняття:

- спостереження за факторами впливу на навколишнє середовища;

- оцінювання фактичного стану довкілля (за різними напрямками, а не за одним критерієм);
- прогнозування стану навколишнього середовища і його оцінювання;
- визначення обсягу антропогенної дії на навколишнє середовище;
- встановлення факторів і джерел забруднення навколишнього природного середовища;
- виявлення критичних та екстремальних ситуацій, що порушують екологічну безпеку;
- оцінка якості життя населення та визначення ризиків для здоров'я.

Під блоками моніторингу будемо розуміти: «Спостереження за довкіллям», «Оцінювання фактичного стану довкілля», «Прогнозування стану довкілля», «Оцінювання прогнозованого стану довкілля» [21].

У даному випадку немає розділення на методики розрахунку або підсистеми моніторингу, оскільки, наприклад, завдання «оцінювання фактичного стану довкілля» передбачає, що задіяні усі підсистеми моніторингу.

Такий підхід дозволяє проводити комплексний моніторинг стану довкілля та без значних доопрацювань коду додавати нових експертів та розрахункові, аналітичні, моделюючі модулі в систему.

#### Опис структури системи комплексного моніторингу.

Для реалізації системи КЕЕЕМ було запропоновано особливий модульний підхід, що відповідає принципам гнучкості коду та уніфікованості структури, а також дозволяє швидко та легко додавати нових експертів та модулів в систему.

Загальна структура КЕЕЕМ складається з двох типів модулів (рис. 9):

- модулі загального користування (відповідають формулі «загальні функції програмної системи = модуль або підсистема»);
- спеціалізовані модулі (відповідають формулі «завдання або блок моніторингу = модуль або підсистема»).

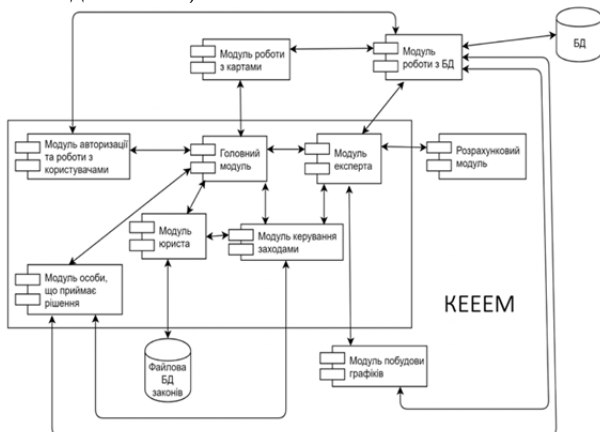


Рис. 9. Модульна структура системи КЕЕЕМ

До модулів загального користування відносять:

- головний модуль по суті є контейнером, для усіх вікон системи та організує інтерфейс взаємодії з користувачем через пункти меню;
- модуль авторизації та роботи з користувачами дозволяє адміністратору реєструвати нових користувачів та актуалізувати їх дані, забезпечує вхід користувача до системи та відкриття робочого місця відповідно до типу та прав експерта;
- модуль роботи з БД реалізує функції взаємодії з базою даних, тобто збереження, редагування, видалення та вибірка даних (модуль не орієнтується на конкретну структуру та формат БД);
- модуль експерта організує загальний інтерфейс роботи експерта з набором розрахункових формул та їх параметрів, він не проводить розрахунки, а лише дозволяє для поточного експерта обирати формули з набору формул та вводити дані, необхідні для розрахунків. Модуль зв'язаний з розрахунковим модулем, оскільки передає введені дані для розрахунку та відображає отримані результати. Додавання нової методики або нового різновиду експерту у систему не вимагає перероблення цього модулю.

До спеціалізованих модулів відносять:

- модуль роботи з картами забезпечує взаємодію користувача з картою, відображення елементів та нанесення нових об'єктів на карту (модуль також не має прив'язки до конкретного експерту, типу карти, а містить набір загальних функцій для всіх можливих дій над картами) – цей модуль використовується на всіх етапах моніторингу, зв'язаних з візуалізацією зібраних даних та результатів розрахунку;
- модуль побудови графіків дозволяє відобразити інформацію на різних типах графіків за гнучким набором показників в залежності від потреб експерта – як елемент аналізу є незамінним інструментом під час оцінки стану довкілля (модуль також немає прив'язки до експерту або методики, він містить набір різноманітних можливостей статистичного графічного аналізу);
- модуль керування заходами дозволяє користувачу додавати нові заходи та актуалізувати інформацію про існуючі;
- розрахунковий модуль забезпечує проведення аналізу ситуації в залежності від наявного аналітичного функціоналу кожного експерта – цей єдиний елемент системи, що потребує значних змін при додаванні нових експертів або нової методики розрахунків, але для простоти внесення змін він також розділений на модулі, кожен з яких реалізує одну методику або набір методик для одного експерта;
- модуль юриста є спеціалізованим модулем, який включає в себе не тільки стандартні механізми пошуку по законодавчій базі (функція юридичного супроводження експертів), а й механізми прив'язки законодавчих документів до задачі та юридичну оцінку законності запропонованих заходів;

• модуль аналітика (особи, що приймає рішення) дозволяє користувачу проаналізувати заходи та сформувати програму вирішення задачі.

Перевагою вищеописаного підходу до побудови структури проекту заключається в тому, що наприклад для додання нового експерту нам необхідно лише додати інформацію про експерта в таблицю експертів та додати розрахунки по методикам в розрахунковий модуль, всі інші модулі, наприклад, модулі для роботи з картою, проведення розрахунків та відображення результатів, побудова графіків та додавання заходів, залишаються незмінними.

**Висновки.** У роботі розроблена система комплексного еко-енерго-економічного моніторингу для ефективного прийняття управлінських рішень для забезпечення високої якості життя та здоров'я населення і сталого розвитку району, міста й області. Система КЕЕЕМ дозволяє проводити моніторинг експертами різного профілю, а саме, еколог, енергетик, економіст, лікар, юрист та аналітик. Такий набір експертів охоплює всі важливі аспекти екологічного, економічного та соціального розвитку населення. Запропонована модульна архітектура системи є універсальною та легкою для модернізації, при додаванні нових функціональних можливостей не вимагає перероблення усього комплексу, а лише одного модуля – розрахункового, інші модулі потребують мінімальних змін, або взагалі не змінюються. Отримані результати знайшли своє практичне та наукове застосування під час проведення наукових досліджень та підготовки спеціалістів по комп'ютерним наукам та інформаційним технологіям, а також фахівців по екологічній безпеці.

### Л і т е р а т у р а

- Моніторинг та прогнозування генетичного ризику в Україні (матеріали наукових досліджень за програмою «ГРАНІТ» 1999 року) / В. Г. Сліпченко та ін.; За заг. ред. В. Г. Сліпченка. 2-ге вид., випр. і доповн. К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2005. 408 с.
- Система екологічного моніторингу оточуючої середовища «СЭМОС». *Веб-сайт* ООО *Предприятие «ЛиДа инж.»*. URL: <http://ligaoao.ru/eco/semos> (дата звернення: 04.03.2021).
- Апаратно-програмний комплекс моніторингу «АКІАМ». *Веб-сайт* Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації. URL: <http://www.uinpei.kiev.ua/transfer/offer.php?slang=ua&offid=1302> (дата звернення: 04.03.2021).
- Програмные продукты. *Веб-сайт* НПП «Логос-Плюс». URL: <https://lpp.ru/catalog/> (дата звернення: 04.03.2021).
- Екологічний програмний комплекс РОСА. *Веб-сайт* ООО *Предприятие «ЛиДа инж.»*. URL: <http://www.ecolida.ru/product.html> (дата звернення: 04.03.2021).
- Караєва Н. В., Підберезна О. Ю. Інформаційні засоби аналізу еколого-економічної діяльності підприємств енергетичної галузі. *Сучасні підходи до управління підприємством*: збірник наукових праць VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, 23 квітня 2015 р. Черкаси : видавець Чабаненко Ю. А., 2014. С. 97-102.
- Програмные средства серии «Эколог». *Веб-сайт* НПП «АТМОСФЕРА». URL: <http://www.atmosferanpk.ru/page6.htm> (дата звернення: 04.03.2021).
- Компьютерные программы для экологов. *Веб-сайт* научно-производственное предприятие «ЛОГУС». URL: <http://www.logus.ru/catalog/index.php> (дата звернення: 04.03.2021).
- Всю екологічну інформацію в Україні буде зведено в єдину електронну базу «Відкрите довкілля». *Офіційний портал* міністерства захисту довкілля та природних ресурсів. URL: <https://mepr.gov.ua/news/32870.html> (дата звернення: 04.03.2021).
- ГИС-экология. Паспортизация и мониторинг. *Веб-сайт* группы компаний «НЕОПЛАНТ». URL: <http://www.neolant.ru/gis-ecology/> (дата звернення: 04.03.2021).
- Капустин В. Г. ГИС-технологии в географии и экологии: ArcView GIS в учебной и научной работе (практическое руководство для студентов и преподавателей географо-биологического факультета). Учебное пособие. 2-е изд. Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2012. 202 с.
- Комплексы программ «Экология». *Веб-сайт* ОАО «Конструкторское бюро системного программирования». URL: <http://www.kbsp.by/applications3.html> (дата звернення: 04.03.2021).
- Правова підтримка бізнесу. *Веб-сайт* групи компаній «ПАРУС». URL: <http://parus.ua/ua/267/> (дата звернення: 04.03.2021).
- Экология. *Веб-сайт* ТОВ «ЛІГА ЗАКОН». URL: Режим доступу: <https://jurliga.ligazakon.net/sfery-praktiki/ekologicheskoe-pravo> (дата звернення: 04.03.2021).
- КонсультантПлюс. *Веб-сайт* групи компаній «ПАРУС». URL: <http://www.consultant.ru/> (дата звернення: 04.03.2021).
- ГАРАНТ – Законодательство. *Веб-сайт* групи компаній «ПАРУС». URL: <http://www.garant.ru/> (дата звернення: 04.03.2021).
- Богомолов В. Ю., Козачек А. В., Хорохорина И. В., Суворова Ю. А., Копылова Е. Ю. Информационные технологии в сфере экологической безопасности: учебное пособие под науч. ред. канд. пед. наук, доцента А. В. Козачека. Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. 88 с.
- Про систему прогнозування генетичного ризику впровадження нових технологій та забруднення навколишнього середовища: Указ Президента України від 17.01.1995 № 53/95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53/95#Text> (дата звернення: 04.03.2021).
- Модули расчета по методикам. *Веб-сайт* бази даних *kurs.znate.ru*. URL: <https://kurs.znate.ru/docs/index-149876.html?page=2> (дата звернення: 04.03.2021).
- Перелік програмних продуктів в галузі охорони атмосферного повітря. *Офіційний портал* Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів. URL: <https://mepr.gov.ua/content/perelik-programnih-produktiv-v-galuzi-ohoroni-atmosfernogo-povityrva.html> (дата звернення: 04.03.2021).
- Екологічний моніторинг: підручник / В. Г. Сліпченко, О. В. Коваль, Л. Г. Полягушко, О. Є. Круш, О. М. Беспала. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 304 с.

## References

- Monitoring and forecasting of genetic risk in Ukraine (materials of scientific research under the program "GRANIT" in 1999) / V. G. Slipchenko and others; For the general ed. V. G. Slipchenko. 2nd ed. K.: IPC Publishing House "Polytechnic", 2005. 408 p.
- SEMOS environmental monitoring system. *Website of LiDa Eng.* URL: <http://ligaoao.ru/eco/semos> (access date: 04.03.2021).
- AKIAM hardware and software monitoring complex. *Website of the Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information.* URL: <http://www.uintai.kiev.ua/transfer/offer.php?slang=ua&offid=1302> (access date: 04.03.2021).
- Software products. *Logos-Plus NPP website.* URL: <https://lpp.ru/catalog/> (access date: 04.03.2021).
- ROSA environmental software package. *Website of LiDa Eng.* URL: <http://www.ecolida.ru/product.html> (access date: 04.03.2021).
- Karaeva N. V., Pidberezna O. Y. Information tools for analyzing the environmental and economic activities of energy companies. *Modern approaches to enterprise management: a collection of scientific papers of the VI All-Ukrainian scientific-practical conference with international participation, April 23, 2015.* Cherkasy: publisher Chabanenko Yu. A., 2014. P. 97-102.
- Software series "Ecologist". *Website of NPK "ATMOSPHERE".* URL: <http://www.atmosferanpk.ru/page6.htm> (access date: 04.03.2021).
- Computer programs for environmentalists. *Website of the research and production enterprise "LOGUS".* URL: <http://www.logus.ru/catalog/index.php> (access date: 04.03.2021).
- All environmental information in Ukraine will be consolidated into a single electronic database "Open Environment". *Official portal of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources.* URL: <https://mepr.gov.ua/news/32870.html> (access date: 04.03.2021).
- GIS ecology. Certification and monitoring. *Website of the NEOPLANT group of companies.* URL: <http://www.neoplant.ru/gis-ecology/> (access date: 04.03.2021).
- Kapustin VG GIS-technologies in geography and ecology: ArcView GIS in educational and scientific work (practical guide for students and teachers of the Faculty of Geography and Biology). Textbook. 2nd ed. Ural.gos.ped.un-t. Yekaterinburg, 2012. 202 p.
- Complex of programs "Ecology". *Website of JSC "System Bureau of System Programming".* URL: <http://www.kbsp.by/applications3.html> (access date: 04.03.2021).
- Legal support of business. Website of the PARUS group of companies. URL: <http://parus.ua/ua/267/> (access date: 04.03.2021).
- Ecology. *Website of LIGA ZAKON LLC.* URL: Access mode: <https://jurliga.ligazakon.net/sfery-praktiki/ekologicheskoe-pravo> (access date: 04.03.2021).
- ConsultantPlus. *Website of the PARUS group of companies.* URL: <http://www.consultant.ru/> (access date: 04.03.2021).
- GUARANTOR - Legislation. *Website of the PARUS group of companies.* URL: <http://www.garant.ru/> (access date: 04.03.2021).
- Bogomolov V. Yu., Kozachek A. V., Khorokhorina I. V., Suvorova Yu. A., Kopylova E. Yu. Information technologies in the field of ecological safety: a textbook under. scientific ed. Cand. ped. Sciences, Associate Professor A. V. Kozachek. Tambov: Publishing Center FGBOU VO "TSTU", 2019. 88 p.
- On the system of forecasting the genetic risk of the introduction of new technologies and environmental pollution: Decree of the President of Ukraine of 17.01.1995 № 53/95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53/95#Text> (access date: 04.03.2021).
- Calculation modules by methods. URL: <https://kurs.znate.ru/docs/index-149876.html?page=2> (access date: 04.03.2021).
- List of software products in the field of air protection. *Official portal of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources.* URL: <https://mepr.gov.ua/content/perelik-programnih-produktiv-v-galuzi-ohoroni-atmosfernogo-povityria.html> (access date: 04.03.2021).
- Ecological monitoring: textbook / VG Slipchenko, OV Koval, LG Polyagushko, OE Krush, OM Bospala. Kyiv: Igor Sikorsky KPI, Publishing House "Polytechnic", 2018. 304 p.

**Slipchenko V.G., Poliahushko L.G., Krush O.E. The system of complex eco-energy-economic monitoring to optimize management decisions (region, district and city)**

*The article described the issue of creating the system of complex eco-energy-economic monitoring for effective management decisions to ensure a high quality of life and health of the country's population. The development of this system is relevant because the complex monitoring of the region will allow assessing and minimizing the adverse health effects of the population who live near contaminated sites and may be exposed to chemical and / or radiological pollutants. The system allows monitoring the region, district, and city by experts of different profiles, namely, ecologist, power engineer, economist, doctor, lawyer, and analyst. So, the system allows to explore a complete picture of the situation in the region, regardless of its scale. In article considered the functionality and the algorithm of interaction between themselves and with the system of proposed set of experts. This set of experts covers all important aspects of the ecological, economic, and social development of the country's population.*

*An analysis and classification depending on the functional of the modern software used in the field of environmental monitoring and its impact on the economic and social condition of the person was carried out. The proposed architecture of the system is created by principle of modularity and flexibility that are fundamental when developing modern software. The principle of splitting modules can be described by such rules: "Task or monitoring unit = module or subsystem" and "General functions of a software system = module or subsystem". Therefore, when we need to add new functionality, it does not require the modification of all complex system, but only one module - the calculation module, the rest of the modules (working with the map, displaying calculation results, building graphs, working with events and resources etc.) undergo minimal changes or remain unchanged at all.*

*The results obtained are practical and scientific application in conducting scientific research and training specialists in computer science and information technology, as well as specialists in environmental safety of the country.*

**Key words:** complex eco-energy-economic monitoring, system architecture, software module, experts, decision-making.

**Сліпченко Володимир Георгійович** – д.т.н., проф., професор кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем теплоенергетичного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ) [ddpolytechnic2016@gmail.com](mailto:ddpolytechnic2016@gmail.com)

**Полягушко Любов Григорівна** – к.т.н., доцент кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем теплоенергетичного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний ін-

ститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ) [liubovpoliagushko@gmail.com](mailto:liubovpoliagushko@gmail.com)

**Круш Ольга Євгенівна** – провідний інженер кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем теплоенергетичного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ), [segroupccte@gmail.com](mailto:segroupccte@gmail.com)

Стаття подана 23.05.2021.