

УДК 004.62:621.317

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДБОРУ І ОБРОБКИ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ

© Галина Микитин, 2014

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра захисту інформації,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013

Розроблено концептуальну модель оцінки екологічного ризику на основі інтеграції інформаційних технологій (ІТ) відбору параметрів води, яка згідно зі структурою комплексного моніторингу “програма – ІТ-методологія” дає змогу: оцінювати якість води як технологічного ресурсу енергоактивних об’єктів, а також питної; прогнозувати технічний стан агрегатів; приймати рішення про комплексне управління структурою “техногенна система – екосистема”.

Разработана концептуальная модель оценки экологического риска на основании интеграции информационных технологий (ИТ) отбора параметров воды, которая согласно структуре комплексного мониторинга “программа – ИТ – методология” позволяет: оценивать качество воды как технологического ресурса энергоактивных объектов, а также питьевой; прогнозировать техническое состояние агрегатов; принимать решение о комплексном управлении структурой “техногенная система – экосистема”.

A conceptual model of ecological risk based on information selection technology and processing of water parameters, as a technological resource of energo-active objects was designed, based on complex monitoring structure “program – IT-methodology” allows: evaluate water quality, as a technological resources of energy active objects and also drinking water; predict the technical conditions of units; make decisions regarding the structure management “manmade system – ecosystem”.

Актуальність. Концепція взаємодії екобіотехнічних систем “фізичне поле – екобіооб’єкт – ІТ” є підставою для: комплексного дослідження системи параметрів води; прогнозування техногенного впливу на екологію навколишнього середовища, зокрема теплових електростанцій (ТЕС); прийняття рішення про управління техногенними об’єктами, які працюють в умовах, наближених до граничних [1, 2, 3]. У системний аналіз водної екосистеми на рівні спостереження і експерименту входить інформаційна програма моніторингу води та методологія оцінювання системи параметрів її якості в межах моделі системи управління навколишнім середовищем на основі нормативно-правового забезпечення за техногенного впливу енергоактивних об’єктів (ДСТУ ISO 14001-97) [4, 5]. Ця модель об’єднує комплексне визначення параметрів води як технологічного ресурсу агрегатів теплової та ядерної енергетики, а також природного ресурсу для соціуму на основі відповідних математичних моделей.

Розвиток інфраструктури енергетики пов’язаний з проблемою забезпечення міцності та довговічності конструкційних матеріалів, агрегатів та елементів енергетичного обладнання. У зв’язку з цим особливу

роль відіграє моніторинг техногенних об’єктів на предмет оцінювання екологічних параметрів води як технологічного ресурсу агрегатів та прогнозування ресурсу їх безпечної експлуатації. Під впливом експлуатаційних середовищ водню і кисню змінюються параметри води як технологічного ресурсу обладнання енергетики, що відповідно призводить до: зниження фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів, водяної деградації, водневої корозії, зміни напружено-деформованого стану (НДС) матеріалів, руйнування металоконструкцій, старіння обладнання. Точний відбір та оцінювання екологічних параметрів води як технологічного ресурсу, а також питної на основі ІТ є підґрунтям для забезпечення безпечного функціонування обладнання енергоактивних об’єктів та безпеки користування питною водою.

Стан проблеми. Проблема оцінки екологічного ризику аварій на техногенних об’єктах енергетичної інфраструктури та небезпеки природного водокористування питною водою є комплексною, оскільки потребує системного аналізу на рівнях: моніторингу води як технологічного ресурсу, а також питної на

основі ІТ відбору і обробки параметрів води; створення методик оцінювання екологічних параметрів; визначення роботоздатності матеріалів енергетичного обладнання на основі ІТ відбору даних, створення методик оцінювання технічного стану об'єктів та методик прогнозування їх залишкового ресурсу; прийняття рішення про комплексне управління техногенними та екологічними об'єктами.

Питання безпеки промислових об'єктів енергетичної інфраструктури України у контексті застосування ІТ як головного інструментарію забезпечення безпечного функціонування техногенних систем і, на цій основі, оцінки ризику, розвивають два сегменти наукових шкіл Києва, Харкова та Львова: визначення параметрів роботоздатності елементів конструкцій енергоактивного обладнання, зокрема параметрів НДС матеріалів; моніторинг води (технологічної, питної).

Ризик аварій на об'єктах енергетики, що контактують з технологічною водою. В атомній енергетиці використовуються реактори з водою-охолоджувачем під тиском або його аналог – водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР) на збагаченому урані, в якому теплоносієм і сповільнювачем є звичайна вода. Під час експлуатації найбільше пошкоджень зазнають матеріали реакторів, парогенераторів, трубопроводів та інших конструкційних елементів першого контуру реакторів ВВЕР [6]. Корпуси реакторів виготовляють з різних типів сталі, які мають відповідні властивості (механічні, фізико-механічні, корозійні, корозійно-механічні, технологічні та інші), що зумовлюють розрахунковий ресурс енергетичного обладнання. Але за підвищених параметрів експлуатації елементів ядерних установок змінюються характеристики та параметри матеріалів обладнання та агрегатів, відбувається їх деградація (поверхнева корозія; корозійне розтріскування; термічна та корозійна втома; повзучість, термічне старіння), зменшується ресурс енергоактивних об'єктів.

Важливим елементом у забезпеченні ресурсу довготривалої безпечної експлуатації агрегатів енергетики є водопідготовка та організація водного режиму енергоблоків, що відповідно потребує вимірювання концентрації розчиненого кисню у живильній і котловій воді та концентрації розчиненого у воді водню тощо (РД 24. 032.01-91) [7]. Тому необхідний безперервний моніторинг параметрів технологічної води – солемісту, лужності, прозорості, жорсткості та інших, який здійснюється сучасними приладами і

системами автоматичного контролю за відповідними методичними рекомендаціями щодо класу об'єктів [8]. Для забезпечення оптимальних параметрів міцності й довговічності матеріалів в умовах дії водню, технологічної води, механічного навантаження, зміни температури робочого середовища наукові дослідження проводяться у взаємопов'язаних напрямках: застосування відомих і створення нових ІТ відбору даних про стан матеріалів та параметрів технологічної води; створення новітніх матеріалів для обладнання енергетики та застосування відновлювальних технологій води [9].

Підходи до визначення ступеня деградації матеріалів обладнання енергетики сьогодні розробляють у напрямках: корозійного моніторингу в експлуатаційних умовах; неруйнівного контролю конструкційних матеріалів; моніторингу водно-хімічного режиму енергетичних агрегатів. Термін експлуатації елементів енергетичного обладнання ТЕС (труб екранів барабанних котлів, корпусів, пароперегрівників, паропроводів, теплообмінників, деталей парових турбін, деталей насосів, кріпильних елементів, труб пароперегрівачів тощо) визначається: маркою сталі; впливом робочих параметрів системи “метал – робоче середовище”, зокрема “метал – технологічна вода”; причинами виникнення пошкодження та їх характером; імовірними підходами щодо уникнення пошкоджень. Дослідження впливу температури, тиску водню, навантаження, технологічної води на зміну структури фізико-механічних властивостей та характеристик тріщиностійкості дає підстави для: створення методичних рекомендацій щодо запобігання утворенню пошкоджень енергообладнання; застосування матеріалів з параметрами безпечної експлуатації; модифікації хімічного складу матеріалів для покращення їх експлуатаційних характеристик, що загалом зменшує ризик відмов та аварій. Основними пошкодженнями елементів теплового енергетичного обладнання є: розрив труб з утворенням злутин для екранних та пароперегрівальних труб; утворення термовтомних тріщин (внутрішні поверхні кип'ятільних труб); високотемпературна газова корозія у відновлювальному середовищі (екранні труби барабанних котлів); лужна крихкість (барабани і камери); міжкристалічна корозія (труби, які контактують з конденсатом); парова корозія, водневе окрихчування (труби нижньої радіаційної зони мазутних котлів) тощо.

Ризик небезпеки водокористування за техногенного впливу. У контексті взаємозв'язку промис-

лових техногенних об'єктів з природними екосистемами, зокрема водною, актуальним є безперервний моніторинг системи параметрів питної води за умов впливу техногенних факторів. Застосування відповідних методів і засобів відбору проб питної води, зокрема автоматизованих систем контролю природних вод (АСК ПВ), дає змогу визначати стан системи екологічних параметрів, оцінювати їх, порівнюючи з прийнятими нормативами [2, 5].

Інформаційні технології у проблемі оцінки екологічного ризику. Інформаційні технології відбору параметрів води [10] та ІТ відбору даних про НДС матеріалів [11] є підґрунтям для комплексної оцінки екологічного ризику в контексті: виявлення забруднювачів та їх ідентифікації відповідно до класів, оцінювання стану якості як технологічної, так і питної води, прогнозування природного ресурсу води, застосування відновлювальних технологій; виявлення дефектів, ідентифікації їх відповідно до класифікації, оцінювання технічного стану промислових об'єктів, прогнозування залишкового ресурсу обладнання, розроблення технологій модифікації матеріалів енергетичного обладнання; комплексного управління проблемною ситуацією у межах взаємодії техногенної та природної систем.

Постановка задачі. Пошкодження та дефекти енергетичних агрегатів утворюються, зокрема, за зміни параметрів видів води як технологічного ресурсу – хімічно очищеної, конденсату, живильної, котлової. Відповідно це потребує оперативного контролю водно-хімічного режиму енергетичного обладнання під тиском шляхом автоматизованого безперервного моніторингу якості води, зокрема живильної для водотрубних та газотрубних котлів, а отже, створення та застосування ІТ відбору параметрів технологічної води. Для комплексного оцінювання та встановлення відповідності нормативам, запобігання ризику відмов/ аварій на об'єктах енергетики, а також уникнення екологічних збитків та небезпеки під час споживання питної води, що зумовлено взаємодією техногенної та природної систем, необхідно розробити концептуальну модель оцінки екологічного ризику на основі ІТ відбору і обробки параметрів води та створити комплексну структуру моніторингу: програма – ІТ – методологія.

Концептуальна модель оцінювання екологічного ризику на основі інтеграції інформаційних

технологій відбору параметрів води. Щоб запобігти розгортанню сценаріїв надзвичайних техногенних та природних ситуацій та прийняти рішення про управління проблемними ситуаціями, розглянемо концептуальну модель оцінки екологічного ризику на основі інтеграції ІТ відбору та обробки параметрів води з урахуванням ієрархічної структури “вода – техногенний об'єкт ↔ вода – людина: екологія” [12, 13].

Надзвичайна ситуація техногенного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті унаслідок транспортної аварії (катастрофи), пожежі, вибуху, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин, раптового руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічних аварій тощо [14]. Екологічний ризик – імовірність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, які спричиняють необоротну деградацію екосистем (ДСТУ 2156-93).

Система параметрів технологічної води впливає на стан матеріалів техногенних об'єктів, що відповідно зумовлює ресурс їх безпечної експлуатації. Водночас технологічна вода впливає на природні води річок, озер, морів, що на рівні соціуму визначає стан якості питної води, відповідно стан екосистем загалом. У контексті визначення екологічних параметрів води та оцінювання стану її якості актуальним є упровадження у практику екологічного моніторингу відновлювальних технологій [15].

Структура “вода – техногенний об'єкт ↔ вода – людина: екологія” є основою для концептуальної моделі оцінки екологічного ризику на засадах поєднання ІТ відбору параметрів води як ресурсу техногенних об'єктів, а також питної води, яка має нормативне забезпечення на рівні відповідних методів, засобів та методик оцінювання її якості [16, 17, 18]. Це є підставою для відстежування взаємопов'язаних техногенних та природних процесів та прийняття рішення про управління проблемними ситуаціями. Концептуальна модель оцінки екологічного ризику на основі інтеграції ІТ відбору й обробки параметрів води – це стратегічна інформаційно-керована структура, спрямована на забезпечення безпеки експлуатації об'єктів енергетики та безпеки водокористування за допомогою

комплексного оцінювання параметрів якості води за впливу системи природно-техногенних факторів (рис. 1).

Сьогодні в наукових дослідженнях актуальними є аспекти синергетичного впливу на екосистеми, зокрема на воду, як комплексного впливу кількох чинників, за якого загальний ефект виявляється іншим, ніж за впливу кожного чинника окремо (ДСТУ 2156-93) [19]. Парк засобів моніторингу екологічних параметрів води та відповідних технологій відновлення їх властивостей є дуже різноманітним за фізичними методами, засобами, алгоритмами відбору й обробки інформації. Серед ІТ, призначених для екологічного моніторингу води, ефективно використовуються АСК ПВ, лазерні вимірювальні інформаційні системи (ВІС) тощо [20, 21]. Інтеграція ІТ відбору й обробки параметрів води, комплексування вимірювальної інформації та обґрунтований вибір технологій відновлення властивостей є підставою для коректного прийняття рішення щодо управління станом води як технологічним ресурсом об'єктів енергетики, так і природних екосистем [2].

Комплексна структура моніторингу води: програма – інформаційна технологія – методологія.
Моніторинг води – це спостереження за станом

природної води та його оцінювання (ДСТУ 3041 – 95). Технологія системного дослідження відповідної екосистеми передбачає експеримент, основою якого є: моніторинг, відбір параметрів (реєстрація/ вимірювання), оцінювання екологічних характеристик води (ДСТУ ISO 14004:2006). Для оцінювання системи параметрів води як технологічного ресурсу, а також питної розроблено комплексну структуру моніторингу (рис. 2) [10].

Оцінювання параметрів води – ресурсу техногенних об'єктів. Підхід до оцінювання якості води як ресурсу енергетичних агрегатів охоплює такі положення:

- Система стандартів: РД 24.032.01-91, ОСТ 108.034.03-81, РД 34.37-303, РД 24.031.121-2007, РД 34.37.528-94, РД 34.37.308-90, РД 34.37.523.7-88, РД 34.37.523.8-88, РД 34.37.523.9-88, РД 34.37.523.10-88, ОСТ 34.70.953.1-88, ОСТ 34.70.953.4-88, РД 34.11323-89, РТМ 108.030.114-77, РД 34.37.302, ОСТ 34-70-953.2-88
- Умови проведення експерименту:
 - урахування системи факторів впливу на воду – хімічно очищена, конденсат, живильна, котлова, пара;
 - відбір проб води, транспортування, зберігання.
- Методологія: метод, засіб, методика.

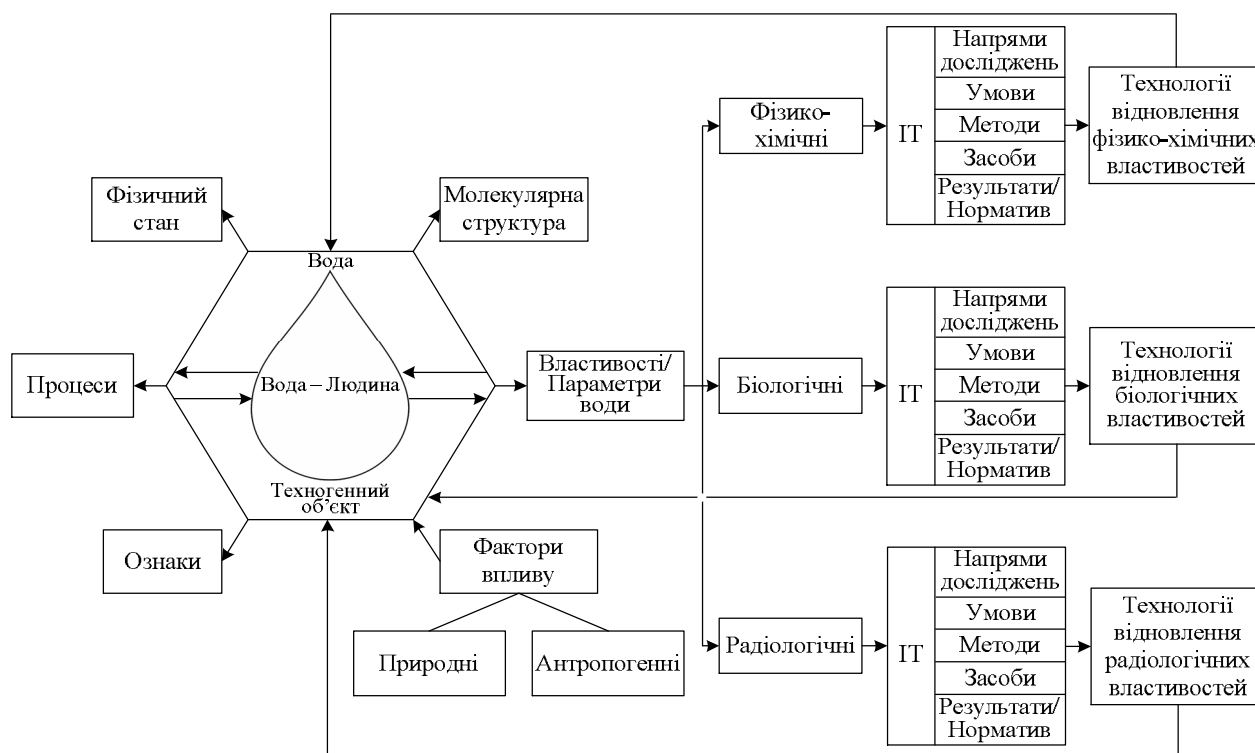


Рис. 1. Концептуальна модель оцінки екологічного ризику на основі інтеграції ІТ відбору й обробки параметрів води

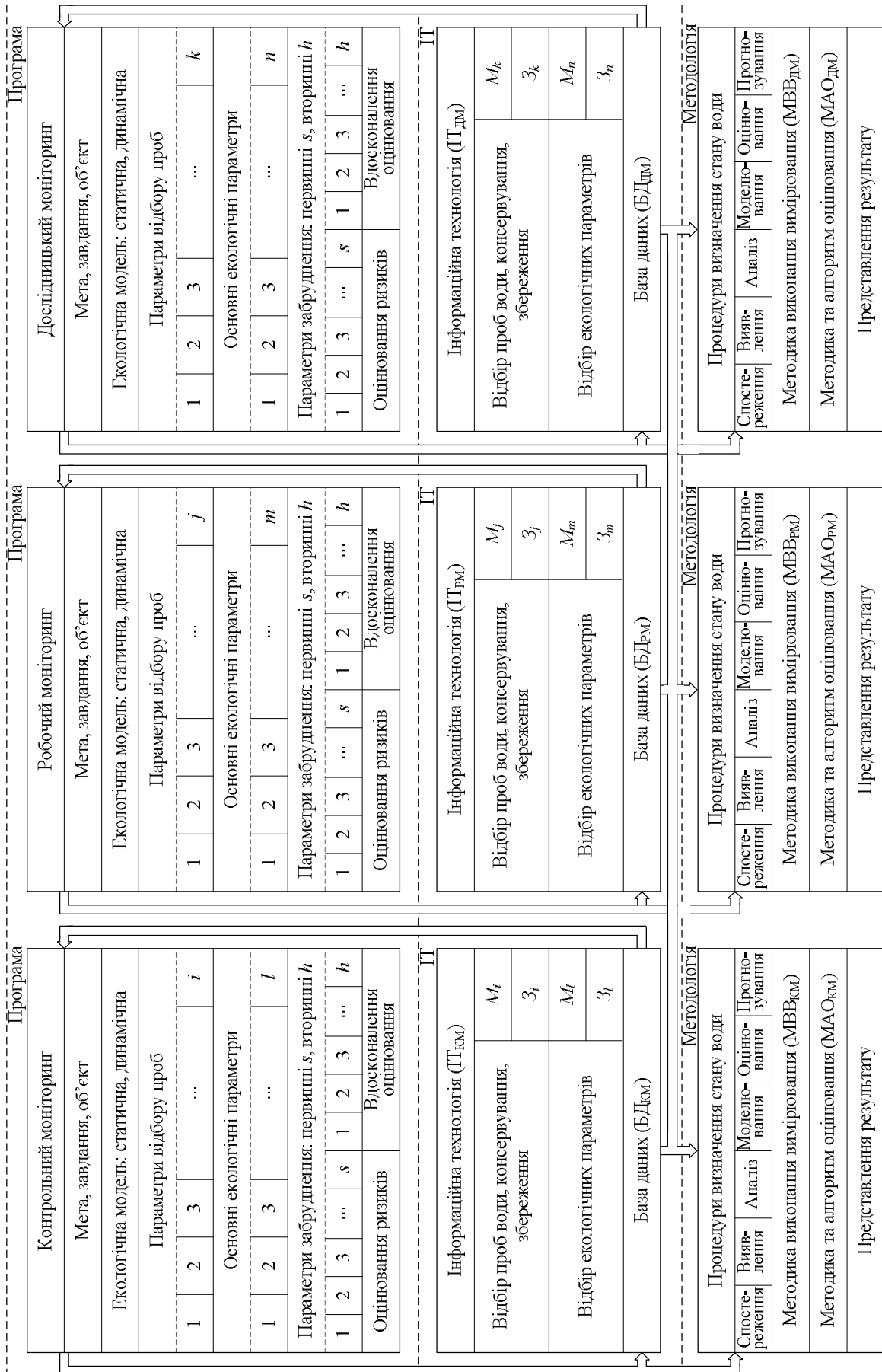


Рис. 2. Комплексна структура моніторингу: програма – ІТ – методологія оцінювання якості води

- вимірювання параметрів якості води, обробка, представлення;
 - методи та засоби відбору параметрів води;
 - результат вимірювання $N \rightarrow$ норматив: вид води, тип агрегату;
 - точність: поріг чутливості методу, засобу.
- Технології обробки води як технологічного ресурсу агрегатів енергетики.

Для контролю якості води (живильної, котлової), пари, конденсату у контексті безпечного функціонування енергетичних агрегатів вимірюють показники якості цих водних середовищ, які перебувають під різним надлишковим тиском, мають різну температуру, відрізняються за вмістом різних домішок. Для визначення параметрів води, пари і конденсату використовують відповідні методи і засоби аналізу їх складу. Найпоширенішими методами аналізу якості води є різновиди електрохімічного, оптичного і теплового.

Для контролю параметрів води як технологічного ресурсу використовують кондуктометричні аналізатори рідини, які залежно від градування шкали вторинного приладу та умов вимірювання поділяють на: кондуктометри – для вимірювання питомої електропровідності води в промислових агрегатах; солеміри – для вимірювання показників якості, що характеризують вміст солей у парі, конденсаті та живильній воді парових котлів; концентратоміри – для вимірювання концентрацій розчинів солей, кислот, лугів [22]. Найбільшу небезпеку становить кисень, оскільки призводить до корозії металу внутрішніх поверхонь водяних і парових трактів енергетичних агрегатів.

Для кожного типу технологічного агрегату встановлюються регламентні норми концентрації окремих компонентів газового середовища у воді й парі. Залежно від концентрації кисню у воді використовують фотоколориметричні, електрохімічні й кондуктометричні методи. Наприклад, фотоколориметричні методи ґрунтуються на визначенні прозорості (оптичної щільності) води, інтенсивність фарбування якої залежить від концентрації у воді кисню. Кондуктометричний метод використовується також для визначення вмісту водню у живильній воді та парі парових котлів на ТЕС. Відбір проб води, методи і засоби визначення відповідних параметрів регламентуються системою стандартів відповідно до кожного виду технологічної води, зокрема на ТЕС і атомних електростанціях (АЕС).

Живильна, котлова вода, а також вода водонагрітих установок та інші види технологічної води характеризуються значеннями: рН, електропровідності, лужності, жорсткості, концентрації відповідних газів. Для забезпечення якості води як технологічного ресурсу промислових агрегатів використовують сучасні технології автоматичного контролю її параметрів. Наприклад, аналізатори води *LWA (Loos Water Analyser)* (Австрійська компанія Loos International), які забезпечують аналіз і контроль параметрів води. Їх використовують для вимірювання: жорсткості свіжої води після пом'якшувальної установки; концентрації кисню в живильній воді та конденсаті; значення рН живильної та котлової води і конденсату.

Широко практично застосовують аналізатори газів компанії *HACH Ultra (Orbisphere)* (Швейцарія) – для вимірювання концентрації кисню, водню, вуглекислого газу, азоту та інших газів у робочих середовищах процесів енергетичної промисловості. Ефективно використовують мікропроцесорні портативні аналізатори *МАРК* (компанія “Альфа Класс”, Російська Федерація) для: визначення концентрації розчиненого у воді кисню та водню; вимірювання електропровідності, солевмісту та температури водних середовищ; контролю параметрів водно-хімічних режимів на об'єктах теплової та атомної енергетики. Для хімічного аналізу води на практиці використовується обладнання приладобудівної компанії *Shimadzu*, зокрема рідинні хроматографи, хроматомаспектрографи тощо. Процеси корекційної обробки технологічної води впливають на зміну параметрів природної води, зокрема питної, яка також підлягає моніторингу в межах концептуальної моделі оцінки екологічного ризику.

Оцінювання параметрів питної води за техногенного впливу. Підхід до оцінювання фізико-хімічних, біологічних властивостей питної води за техногенного впливу охоплює такі положення:

- Система стандартів: ГОСТ 2474-82, ГОСТ 27384-2002, ДСТУ 4808:2007, ДСТУ 3831-98, ДСТУ 10260:2007, ГОСТ 8.556-91, ГОСТ Р 52180-2003, ГОСТ Р 52181-2003, ГОСТ 18294-2004, ГОСТ Р 52406-2005.
- Умови проведення експерименту:
 - урахування системи факторів впливу на воду;
 - відбір проб води, транспортування, консервування, зберігання.
- Методологія: метод, засіб, методика [2].
- вимірювання параметрів води, обробка, представлення;

- методи та засоби відбору фізико-хімічних та біологічних параметрів води;

- методи: селективний, багатокомпонентний (атомно-емісійний, рентгенівський, спектральний аналіз, хроматографія) тощо;

- засоби: кондуктометри, рН-метри, іонометри, ОВП-метри, фотоелектроколориметри, газові хроматографи, АСК ПВ;

- лазерні ВІС тощо;

- результат вимірювання $N \rightarrow$ нормативи:

- гранично допустима концентрація шкідливої речовини у воді ($ГДК_w$);

- гранично допустимі концентрації ($ГДК$);

- гранично допустимі викиди ($ГДВ$);

- гранично допустимі скиди ($ГДС$);

- похибка Δ , межі Δ_n , Δ_g ; P :

- для фізико-хімічних: $P = 0,95$, для біологічних: $P = 0,9$;

- точність: $C_n + \Delta_g < ГДК$, C_n – поріг чутливості засобу.

- Технології відновлення властивостей води [12]:

- фільтри, активатори, магнітогідродинамічні системи, біотехнології тощо.

У контексті прогнозування техногенного впливу факторів експлуатації ТЕС та АЕС на екосистеми довкілля розроблено підхід, у структуру якого входять такі елементи: системний аналіз водної екосистеми; інформаційна модель впливу природно-техногенних факторів на середовище; моделювання екологічних процесів; методологія відбору базової інформації від екосистеми на основі процедур вимірювання і контролю; системне подання цільових інформаційних ресурсів за структурою “об’єкт \rightarrow вплив \rightarrow реакція”; ІТ відбору і обробки параметрів води; методологія оцінювання точності відбору параметрів води і прогнозування стану екосистеми [2].

Висновки. У межах системи управління навколишнім середовищем розроблено концептуальну модель оцінки ризику відмов/аварій енергетичного обладнання та запобігання ризику небезпеки природного водовикористання на основі інтеграції ІТ відбору параметрів води, яка є підставою для комплексного оцінювання параметрів якості води; забезпечення безпечної експлуатації енергоактивних об’єк-

тів та безпечного користування питною водою згідно із системою стандартів. Створено структуру комплексного моніторингу води “програма – ІТ – методологія” для: визначення стану якості технологічної води; оцінювання параметрів питної води за техногенного впливу; оцінювання технічного стану агрегатів; прийняття рішення на комплексне управління безпекою структури “техногенна система – екосистема”.

1. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / Р.А. Бунь, М.І. Густі, В.С. Дачук [та ін.]; за ред. Р.А. Бунь. – Львів: Українська академія друкарства, 2004. – 376 с. 2. Інформаційні технології дослідження взаємодії фізичних полів і екобіооб’єктів / Б.В. Дурняк, В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, Л.С. Сікора. – Львів: Українська академія друкарства. – 2012. – 268 с. 3. Постанова Президії Національної академії наук України “Про виконання цільової комплексної програми наукових досліджень “Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин” від 24.02.2010 р. № 54 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1041.43322.0> 4. Розпорядження Президії Національної академії наук України “Про затвердження концепції Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища” від 03.02.2010 р. № 31 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazon.ua/l_doc2.nsf/link1/MUS13748.html 5. Микитин Г.В. Системний аналіз та концептуальна модель прогнозування природно-техногенного впливу на водну екосистему / Г. В. Микитин // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. С. Пухова НАН України. – 2011. – № 61. – С. 145–157. 6. Конструкційні матеріали енергетичного обладнання / Р.К. Мелехов, В.І. Похмурський – К.: Наукова думка, 2003. – 384 с. 7. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: справочник / Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254 с. 8. Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды / А.В. Примак, В.В. Кафаров, К.И. Качиашвили; отв. ред. А.Н. Щербань. – АН

- УССР. Ин-т техн. теплофизики. – К.: Наук. думка, 1991. – 360 с. 9. Системна модель визначення параметрів напружено-деформованого стану конструкційних матеріалів / Г.В. Микитин, Л.С. Сікора, Я.Л. Іваницький // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. С. Пухова НАН України. – 2010. – № 58. – С. 134–141. 10. Микитин Г.В. Методологія оцінювання якості води / Г.В. Микитин, Л.С. Сікора, В.Б. Дудикевич // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України. – 2011. – № 60. – С. 150–161. 11. Микитин Г. В. Методологічні засади для інформаційної технології відбору даних про напружено-деформований стан конструкційних матеріалів / Г.В. Микитин // Вимірювальна техніка і метрологія. – 2010. – № 71. – С. 45–51. 12. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС / В.В. Бадаев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с. 13. Микитин Г.В. До проблеми побудови інформаційних технологій / Г.В. Микитин // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України. – 2012. – № 63. – С. 142–157. 14. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій. Наказ Держспоживстандарту України від 11.10.2010 р. № 457. ДК 019:2010. Чинний від 01.01.2011 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osf.kiev.ua/include/DK%20019%202010.pdf> 15. Новая концепция обеспечения населения качественной питьевой водой / В.В. Гончарук // Химия и технология воды. – 2008. – 30, № 3. – С. 239–252. 16. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде / Г.П. Беспмятное, К.К. Богущевская, А.В. Беспмятнова, Ю.А. Кротов, Л.А. Зеленская, В.Ф. Плехоткин, Г.Г. Смирнов. – 2-е изд., пер. и доп. – Л.: Химия, 1975. – 456 с. 17. Биотестирование в комплексном мониторинге природных сред / В.П. Дмитриков // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – № 6. – 2008. – С. 63–66. 18. Биотехнология в подготовке питьевой воды / В.В. Гончарук, А.С. Гордиенко, Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 2003. – 25, № 4. – С. 363–374. 19. Стойко С.М. Синергічний антропогенний-техногенний вплив на життєве середовище та оборотні і необоротні можливості подолання його наслідків // Екологія та ноосферологія, 2011. – Т. 22. – № 3–4. – С. 19–27. 20. Погребенник В.Д. Гідрохімічні дослідження Шацьких озер. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2007. – 63 с. 21. Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів. – Львів: Сполом, 2011. – 280 с. 22. Вимірювання в енергетиці / А.І. Глюценко, В.І. Туяхов, С.М. Саф’янц. – Донецьк, 2007. – 340 с.