

**С. В. Качала**  
*Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Проблема організації ефективної системи моніторингу водних об'єктів є важливим питанням сьогодення. Аналіз впливів та дослідження особливостей функціонування гідроекосистеми дозволяє структурувати алгоритм формування мережі моніторингу, що може забезпечити достатній рівень екологічної безпеки водних об'єктів та досягнення чи збереження її доброго стану. Вирішення даного питання дає можливість формулювання та вдосконалення управлінських рішень направлених на ефективне управління водними ресурсами, визначення та прогнозування гідроекологічного ризику.

**Ключові слова:** моніторинг, гідроекологічний ризик, гідроенергетичний об'єкт, басейн ріки, гідроекосистема, водний об'єкт.

Проблема организации эффективной системы мониторинга водных объектов является важным вопросом современности. Анализ воздействий и исследования особенностей функционирования гидроэкологии позволяет структурировать алгоритм формирования сети мониторинга, который может обеспечить достаточный уровень экологической безопасности водных объектов и достижение или сохранение ее хорошего состояния. Решение данного вопроса дает возможность формулировки и совершенствования управленческих решений, направленных на эффективное управление водными ресурсами, определения и прогнозирования гидроэкологического риска.

**Ключевые слова:** мониторинг, гидроэкологический риск, гидроэнергетический объект, бассейн реки, гидроэкология, водный объект.

The problem of the efficient monitoring of water bodies is an important issue today. Analysis of impact and research of the features of functioning of the hydroecosystem allowing to structure a network monitoring and to forming the algorithm that can provide an adequate level of environmental safety of water bodies or maintain its good condition. The solution this issue gives an improvement opportunity of the formulation and management decisions aimed at the efficient water management, identification and forecasting of hydroecological risk.

**Keywords:** monitoring, hydroecological risk, hydropower facility, river basin, hydroecosystem, water bodies.

**Постановка проблеми.** В Угоді про Асоціацію між Україною та Європейським союзом, що є новим етапом у розвитку європейсько-українських договірних відносин в галузі довкілля одним з секторів є якість води та управління водними ресурсами. Враховуючи вимоги водної рамкової директиви ЄС, виникає необхідність створити нову мережу пунктів спостережень та запровадити всі необхідні види моніторингу. Такий підхід є оптимальним та актуальним.

**Аналіз останніх досліджень.** Сектор якості води та управління водними ресурсами включає 6 Директив. Відповідно до державних планів реформування водогосподарської галузі та планів імплементації європейських директив в Україні прийнятий Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом» [1]. При впровадженні закону основними завданнями є створення підзаконних нормативно-правових актів, які введуть водогосподарське районування, виділення меж районів річкових басейнів, суббасейнів, водних масивів, порядок розроблення водогосподарських

балансів та обліку поверхневих водних об'єктів та запровадження нових вдосконалених програм моніторингу якості вод.

Головною метою Водної Рамкової Директиви [4] та Закону України є досягнення доброго екологічного стану масиву поверхневих і підземних вод та доброго екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. Саме тому, при формуванні мережі моніторингу слід також врахувати і такий фактор, як формування водного балансу території, що регулюється «Законом України Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» [1]. Водогосподарські баланси розробляються для оцінки наявності та можливості використання водних ресурсів.

**Метою даної роботи** є обґрунтування вдосконалення системи організації мережі моніторингу водних об'єктів, з метою її оптимізації та підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем.

При складанні водогосподарського балансу необхідно враховувати вирішення таких задач:

- проведення оцінки кількісного та якісного аспекту водних ресурсів;
- визначення величини потреб водокористування та безповоротної втрати води;
- виявлення об'ємів води доступної водокористувачам в природних умовах, а також при запровадженні додаткових заходів з регулювання стоку;
- встановлення вільного об'єму стоку, який лишаються в річці, для використання за межами даної території.

Отже, водогосподарський баланс є відображенням складної взаємодії водних ресурсів, формування яких зумовлене природними і антропогенними факторами, з потребами у воді людського суспільства, які визначаються економічними, технологічними і соціальними факторами.

На відміну від діючої в Україні системи моніторингу водних ресурсів, у Водній Рамковій Директиві запроваджено принцип багаторівневого моніторингу, що суттєво відмінний за своїми цілями і включає в себе три типи моніторингу.

Контрольний моніторинг (Surveillance) передбачає надання інформації про довгострокові зміни хімічного складу поверхневих вод у непорушених умовах, що відбуваються внаслідок типових для регіону процесів (виробництво, тощо). Фіксація змін у природних умовах є особливо важливою, якщо йдеться про референційні умови, ті що відповідають збалансованому функціонуванню гідроекосистеми. Такі довгострокові зміни актуально визначати для об'єктів "відмінного" та "доброго" стану, так як наведені зміни, як правило, є незначними і поступовими та можуть бути зафіксовані вчасно.

Операційний (Operational) моніторинг проводиться для гідроекосистем, що визначаються як ті, що піддаються антропогенному впливу та для визначення зміни стану водних об'єктів, до яких застосовується програма водоохоронних заходів. Тобто, операційний моніторинг використовується для визначення чи підтвердження стану об'єкту, що підпадає під ризик. Такий тип моніторингу базується на найбільш показових параметрах або тих, що є чутливими до певного екологічного тиску.

Дослідницький (Investigative) моніторинг здійснюється у випадку коли причини перевищення норм є невідомими, або при необхідності визначення масштабів та ступеня аварійних впливів [2].

**Виклад основного матеріалу.** Об'єкти гідроенергетики та їх водосховища чинять суттєвий вплив на навколишнє середовище. Взаємодія гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем являє собою досить складний динамічний процес, залежний від ряду природних і техногенних факторів, що ускладнює прогнозування його наслідків. У зв'язку з цим можливе виникнення непередбачуваних надзвичайних ситуацій, які несуть загрозу безпеці гідроенергетичних об'єктів, населення та навколишнього середовища.

Сьогодення вимагає організації системи ефективного управління взаємодією гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, основою якої є моніторинг, що включає в себе:

- формування системи спостереження, збору, обробки, зберігання, передачі й аналізу інформації про взаємодію гідроенергетичного об'єкта, водоймища й навколишнього середовища;
- екологічну оцінку стану навколишнього природного середовища території локалізації об'єкта;
- визначення прогнозів зміни стану навколишнього середовища при впровадженні та експлуатації об'єкта;
- визначення відповідності параметрів об'єкту й гідроекосистеми нормативним вимогам, проектних параметрів і критеріїв безпеки, потенційної загрози здоров'ю населення;
- оцінку розвитку процесів та супутньої небезпеки;
- розробка управлінських рішень щодо уникнення виникнення, локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Найважливішою ціллю моніторингу є своєчасне виявлення небезпечного розвитку процесів і формування управлінських рішень, що включають розробку рекомендацій по запобіганню розвитку прогнозованих негативних тенденцій, заходів локалізації або мінімізації негативних наслідків взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем.

Моніторинг водних екосистем повинен ґрунтуватись на засадах комплексного, системного, басейнового підходу, що ведеться безперервно та сценарно, що сприятиме:

- вивченню компонентів гідроекосистеми у взаємозв'язку й взаємодії з навколишнім середовищем;
- дослідження взаємодії гідроенергетичного об'єкта з навколишнім середовищем, як комплексної ієрархічної структури з визначеною проблематикою функціонування;
- проведення безперервних спостережень, що забезпечить накопичення необхідного обсягу моніторингової інформації;
- застосування різних підходів до прогнозування сценаріїв розвитку, шляхом моделювання та покомпонентної зміни показників, що характеризують стан гідроекосистеми.

Моніторинг стану гідроекосистеми повинен здійснювати оцінку стану навколишнього середовища до початку впровадження об'єктів гідроенергетики і її зміну в процесі будівництва й експлуатації об'єкта.

Організація ведення моніторингу передбачає ряд етапів. На первинному етапі визначаються фонові характеристики навколишнього середовища в районі розміщення об'єкту гідроенергетики, виявляють особливості функціонування природної гідроекосистеми, серйозні екологічні й соціальні проблеми.

На підставі паспорту проекту об'єкту гідроенергетики формується програма й проект моніторингу, який включає, основні напрямки роботи, вихідну інформацію, рекомендовані методи аналізу й інтерпретації результатів, обґрунтування організації мережі спостережень, оцінку взаємодії об'єкту гідроенергетики з гідроекосистемою і її станом, розробку рекомендацій зі збереження оптимального стану гідроекосистеми. При цьому гідроекосистема включаючи в себе об'єкт гідроенергетики розглядається як єдиний об'єкт, оптимальний стан якого характеризується сприятливою соціальною й екологічною обстановкою в зоні його впливу, зі збереженням нормативних параметрів навколишнього природного середовища. Така система моніторингу має на меті забезпечувати інформування місцевої влади та населення про реальний стан гідроекосистеми включаючи питання безпеки гідроенергетичних та гідротехнічних споруд.

Моніторинг водних об'єктів, що функціонують з об'єктами гідроенергетики складається з моніторингу гідротехнічних споруд, соціального середовища і

гідроекологічного моніторингу території й проводиться в межах гідровузла, водосховища й у зонах їх впливу на прилеглий території й у нижньому б'єфі.

Функціональна схема організації моніторингу гідроекосистеми наведена на рисунку 1 передбачає моніторинг гідротехнічних споруд, гідрометеорологічних умов і гідрологічного режиму, водних екосистем, якості води, наземних екосистем, ландшафтів, санітарно-гігієнічних умов та соціально-економічних умов проживання людей [3].



**Рис. 1. Функціональна схема організації моніторингу гідроекосистеми**

Формування остаточного алгоритму системи моніторингу відбувається залежно від масштабу та параметрів об'єкту гідроенергетики та його водосховищ, природних та соціально-економічних умов, включаючи ступінь освоєності території розміщення об'єкту, масштабу прогнозованих впливів на гідроекосистему.

Таким чином, для великих об'єктів гідроенергетики з великими водосховищами на урбанізованих територіях варто впровадити практично всі види моніторингу. При цьому в

кожному з них виділяються процеси, що загрожують можливістю небезпечного розвитку сценарію.

Що стосується моніторингу водного тіла, на якому функціонує гідроенергетичний об'єкт, то найважливішим є раціональне визначення характеру режимів досліджуваних процесів в умовах складних функціональних систем та багатофакторних впливів.

Основними завданнями моніторингу, які можуть бути вирішені комплексністю підходу є:

- аналіз динаміки змін гідрографічної мережі в басейні рік, визначення інтенсивності й масштабів процесів ерозії й абразії берегів водоймищ, змін ландшафтів, переформування русел рік, заростання гирлових зон і заболочення заплав рік;

- визначення динаміки сніготанення, оцінку масштабів затоплення територій під час весняної повені й літніх паводків, контроль коливань рівнів води, підтоплення територій;

- оцінка екологічного стану водних об'єктів – виявлення ділянок виходу й поширення по акваторії джерел забруднень, контроль за динамікою поширення забруднень водним об'єктом.

Контроль стану безпеки гідротехнічних споруд є важливою складовою моніторингу водного об'єкту. Аналіз їхнього стану проводиться за допомогою автоматизованих систем, сучасних технологій та математичних моделей. Такий процес передбачає перевірку таких параметрів:

- відповідність фактичного стану й параметрів гідротехнічних споруд нормативним вимогам і загальним критеріям екологічної безпеки;

- достатність пропускну здатності водоскидних споруд, перевищення гребеня споруд над підпірним рівнем, виходячи з уточнених у процесі експлуатації гідрологічних і водогосподарчих показників діючих норм;

- ефективність і безперебійність роботи, систем автоматичної передачі, опрацювання й аналізу результатів спостережень.

Охорона і раціональне водокористування представляє особливий інтерес для комплексної оцінки екологічного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формується цей стан. Розробка та впровадження превентивних природоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволить значно покращити екологічну ситуацію, що склалася в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення якості поверхневих вод та стану гідроекосистеми в цілому, є впровадження в водоохоронну практику комплексної системи оцінки екологічного стану водних екосистем, що включає в себе базові параметри, регулювання стоку, показники стоку, ступінь показники фрагментації та блокування басейну та основні умови функціонування водного об'єкту.

При експлуатації ГЕС, особливої уваги потребують ділянки ріки, на якій вона розташована, тому пункти спостереження за водним об'єктом в мережі моніторингу слід встановлювати спираючись на дані про наявність об'єктів гідроенергетики.

Гідроекологічний моніторинг водних екосистем, включає в себе різносторонню, комплексну екологічну оцінку стану й змін, що відбуваються внаслідок екзо- та ендегенних процесів природного та техногенного походження.

Гідроекологічний моніторинг проводиться в динаміці, в розрізі року, включаючи аналіз впливу природних та антропогенних факторів, водозабір та водовідведення, скид стічних вод, прогнозування змін у гідроекосистемі та розробку управлінських рішень та рекомендацій. Важливим є прогнозування процесів, що спричиняють небажані надзвичайні ситуації, що можуть нести загрозу населенню, погіршити санітарно-гігієнічний стан, порушити стан гомеостазу гідроекосистеми. В такому випадку можуть використовуватись автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи контролю компонентів гідроекосистеми, що дозволяють характеризувати та інтерпретувати динаміку зміни основних параметрів та процесів в гідроекосистемі.

При дослідженні басейнів великих рік, доцільним є поділ на ділянки, що адаптує систему моніторингу до певних умов та дозволяє скоротити витрати на недоцільні дослідження в частині басейну, що знаходиться в доброму стані, за умов більш детального спостереження на іншій ділянці того ж басейну, стан якої не відповідає вимогам.

У взаємозв'язку з моніторингом стану поверхневих вод проводиться й моніторинг іхтіофауни, що досліджує динамку її зміни, чисельність, ареал, видовий склад, що супроводжується порівняльним аналізом з аналогічними гідроекосистемами. Досліджується вплив природних та антропогенних факторів на рідкісні та ендемічні види риб. Особлива увага даному сектору приділяється при наявності в зоні впливу гідроекосистеми гідроенергетичних об'єктів різного масштабу. Виконується прогноз та виявлення тенденції змін, формуються рекомендації щодо оптимізації режиму експлуатації водних об'єктів та заходи, що направлені на покращення умов проживання й охорону унікальних природних комплексів.

Оцінка стану наземних екосистем, займає важливе місце у системі моніторингу. Враховуючи зміни навколишнього середовища, необхідно здійснювати регулярні спостереження за тваринним та рослинним світом, ґрунтовим покривом в межах впливу гідроекосистеми для вчасного визначення закономірностей та тенденцій розвитку, а також для збереження видового різноманіття, раціонального ресурсокористування. Вивчаються та враховуються особливості формування й життєдіяльності фауністичних комплексів і рослинних угруповань, до складу яких входять ендемічні, субендемічні й раритетні види, виявляються негативні впливи та розробляються рекомендації до прийняття управлінських рішень направлених на покращення стану гідроекосистеми.

Важливим також є вплив змін у гідроекосистемі на умови проживання людей. Так, наприклад, потрібно враховувати зміни соціально-економічних умов, навколишнього природного середовища, санітарно-епідеміологічної обстановки, які виникли внаслідок функціонування чи впровадження об'єктів гідроенергетики. У випадку змін у функціонуванні гідроекосистеми проводиться аналіз процесу адаптації системи до нових умов. Для уникнення небажаних наслідків може бути рекомендовано впровадження заміни контрольного моніторингу на операційний до завершення процесу адаптації гідроекосистеми. Такі умови вимагають інтегральної оцінки стану басейнової екосистеми.

Частота відбору проб води в системі моніторингу водних об'єктів є важливим аспектом, так як концентрація та вміст забруднюючих речовин є динамічною і сезонною. Частота розміщення створів та частота відбору проб води визначає рівень достовірності та надійності отриманих результатів дослідження. Частота моніторингових спостережень на пряму залежить від варіабельності інгредієнтів та типу і функцій водного об'єкту. У Водній Рамковій Директиві [4] рекомендується лише мінімальна частота проведення контрольного моніторингу раз на 3 місяці, проте при необхідності частота може бути адаптована для окремих водних об'єктів. Проте при визначенні частоти спостережень (особливо при її скороченні) слід враховувати, що при визначенні екологічного стану перехідних та прибережних вод, результати можуть бути недостатньо інформативними у зв'язку з більшою природною гетерогенністю та динамічності умов у цих водах. До прикладу, якщо відбір проб проводиться лише в зимовий період, природна варіабельність біогенних елементів може бути зниженою, в зв'язку з тим, що в цей період вміст гідробіонтів, що їх споживають є мінімальним. Вказана мінімальна частота визначення стану водойми, яка рекомендована для контрольного моніторингу може застосовуватись і для операційного моніторингу, проте з врахуванням особливостей функціонування гідроекосистеми допустиме як збільшення, так і зменшення частоти відбору проб.

Повторюваність досліджень в системі виконання завдань операційного моніторингу повинна забезпечувати оцінку екологічної ситуації в гідроекосистемі з відповідною достовірністю. Для підвищення ефективності при розробці управлінських рішень, що спрямовані на покращення стану гідроекосистеми обов'язковим аспектом дослідження є аналіз статистичної інтерпретації результатів спостереження. У випадку

сталого, планомірного покращення стану конкретної гідроекосистеми, що відбулось після застосування ряду заходів, частоту відбору проб можна змінювати, або скасувати проведення операційного моніторингу.

Таким чином визначення сталої частоти спостережень за станом гідроекосистеми є неможливим. Тому програми моніторингу повинні формулюватись відповідними установами для кожного конкретного об'єкту, враховуючи ряд аспектів, які можуть чинити вплив на територію дослідження. Так, наприклад, наявність об'єктів гідроенергетики чи промислових об'єктів, можуть суттєво змінювати як програму моніторингу так і частоту відбору проб, що свідчить про гнучкість та ефективність запропонованої системи моніторингу.

**Висновки.** Національна система моніторингових спостережень за водними ресурсами є недосконалою. Моніторинг є підґрунтям для визначення екологічних цілей, екологічного статусу водних об'єктів та розробки програми заходів по визначенню та мінімізації гідроекологічного ризику. В даному дослідженні обґрунтовано вдосконалення системи організації мережі моніторингу водних об'єктів, запропоновано алгоритм багаторівневого моніторингу для гідроекосистеми відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Обґрунтовано види моніторингових досліджень та частоту їх проведення.

### Література

1 Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом» [Електронний ресурс] // ВРУ. – 2015. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1380-19>.

2 Про затвердження методичних рекомендацій по впровадженню системи моніторингу у сфері поводження з твердими побутовими відходами (Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 02.10.08 №295 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.uazakon.com/documents/date\\_33/pg\\_gnceob.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_33/pg_gnceob.htm).

3 Kachala S.V. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S.V. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, Apr 29, 2017.

4 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення [Електронний ресурс] // Консорціумом компаній RODECOVERSeau. – 2006. – Режим доступу: <http://dbuwr.com.ua/docs/Waterdirect.pdf>.

© С. В. Качала

*Надійшла до редакції 17 травня 2017 р.  
Рекомендувала до друку  
докт. тех. наук Л. М. Архипова*