

---

УДК 504.064.3(477.54)

І.О. Ушакова, К.І. Попов

*Харківський національний економічний університет, Харків*

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

*Обґрунтована необхідність вирішення завдання моделювання та прогнозування рівня забруднення водних ресурсів, що виникає у результаті діяльності промислових підприємств. Розглянута класифікація методик, які використовуються для оцінки якості водних ресурсів, а також методів, що дозволяють спрогнозувати стан водних ресурсів на майбутній період. Проводиться аналіз існуючих моделей та методик оцінки якості води, пропонується концепція моделювання оцінки рівня забруднення водних ресурсів.*

*Ключові слова:* створи, забруднюючі речовини, гранично допустима концентрація (ГДК), моделювання.

### Вступ

В умовах нарощування антропогенних навантажень на природне середовище та бурхливого розвитку промисловості і внаслідок забруднення навколишнього природного середовища, виникає необхідність оцінки якості водних ресурсів, особливо в останній час, коли кількість населення зростає швидкими темпами, що призводить до збільшення обсягів виробництва та видобутку великої кількості корисних копалин, виникла необхідність контролювати стан навколишнього природного середовища, проводити постійний моніторинг, особливо це стосується великих промислових міст.

На сьогоднішній час важливою проблемою оцінки якості води є те, що отримані дані щодо забруднення водних ресурсів і їх аналіз не є актуальними,

внаслідок того що формуються вони за попередній проміжок часу, і як наслідок, складно оцінити актуальний стан водних ресурсів, тим паче спрогнозувати його на майбутній період, що дозволило б вчасно прийняти заходи щодо покращення екологічного стану води.

**Огляд літературних джерел.** Питанням екологічного моделювання (в першу чергу, математичного) присвячена велика кількість робіт [6, 7, 10]. Однак немає єдиного суворого підходу до класифікації математичних моделей, що розрізняються за призначенням, використовуваної інформації, технології конструювання тощо, хоча версій таких класифікацій існує досить багато [8, 9]. Роботи наведених авторів присвячені проблемам екологічного моделювання розповсюдження забруднюючих речовин, проте відстежується єдиний підхід – всі моделі стосу-

ються лише окремих випадків розсіювання та перемішування забруднювачів у водному середовищі [12]. Практичне застосування найбільш досконалих моделей, призначених для оцінки та регуляції якості навколишнього середовища, стримується в основному тим, що не розвинена інфраструктура їх використання. Також не має достатньої кількості даних для повноцінного моделювання та відсутня інформаційна інфраструктура, яка могла б забезпечити доступ до вихідних даних і дозволила б налагодити ефективний обмін інформацією.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз існуючих методик оцінки якості води та обґрунтування вибору моделі для оцінки якості води, як складових системи дослідження та прийняття оперативних рішень щодо покращення стану водних ресурсів за даними еколого-економічного моніторингу.

Для вирішення задачі моделювання оцінки якості водних ресурсів необхідно виконати наступні задачі:

- проведення OLAP-аналізу даних, отриманих в результаті моніторингу, для структурування даних;
- обґрунтування вибору методу для побудови прогнозу стану водних ресурсів;
- оцінку рівня забруднення на основі побудованої моделі;
- аналіз отриманих результатів рівня забруднення та оцінку рівня забруднення водних ресурсів.

Об'єктом дослідження в даній роботі є процес моделювання оцінки рівня забруднення водних ресурсів, їх фізико-хімічних показників внаслідок викидів стічних вод промисловими підприємствами, на основі яких прийняти рішення щодо стабілізації їх стану.

Предметом дослідження являються методи та моделі оцінювання якості водних ресурсів, впливу роботи промислових підприємств на стан водного середовища.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

уточненні основних понять відносно сутності забруднюючих речовин;

виявленні переваг та недоліків існуючих методик розрахунку оцінки рівня забруднення водних ресурсів;

OLAP-аналіз показників забруднення на постах спостереження;

обґрунтування для вибору моделі прогнозування стану водних ресурсів на майбутній період;

оцінювання рівня забруднення на основі побудованої моделі для Запорізької області;

аналізування отриманих результатів рівня забруднення;

розроблення рекомендації щодо покращення стану водних ресурсів.

## Основна частина

Для розуміння того, як правильно вирішити певну задачу, необхідно побудувати модель, яка б представляла цю задачу у вигляді системи як сукупності взаємодіючих робіт або функцій. Найбільш зручною мовою моделювання в цьому випадку є нотація IDEF0.

Нотація IDEF0 пропонує побудову ієрархічної системи діаграм – одиничних описів фрагментів системи. Спочатку проводиться опис системи в цілому і її взаємодії з оточенням (контекстна діаграма), після чого проводиться функціональна декомпозиція – система розбивається на підсистеми, й кожна підсистема описується окремо (діаграми декомпозиції). Потім кожна підсистема розбивається на більш дрібні й так далі до досягнення потрібного ступеня детальності.

Концепція моделювання оцінки рівня забруднення водних ресурсів в нотації IDEF0 була виконана за допомогою інструментального засобу Ramus у вигляді контекстної діаграми та першого рівня декомпозиції (рис. 1, 2). Модель в Ramus розглядається як сукупність робіт, кожна з яких оперує з деяким набором даних.

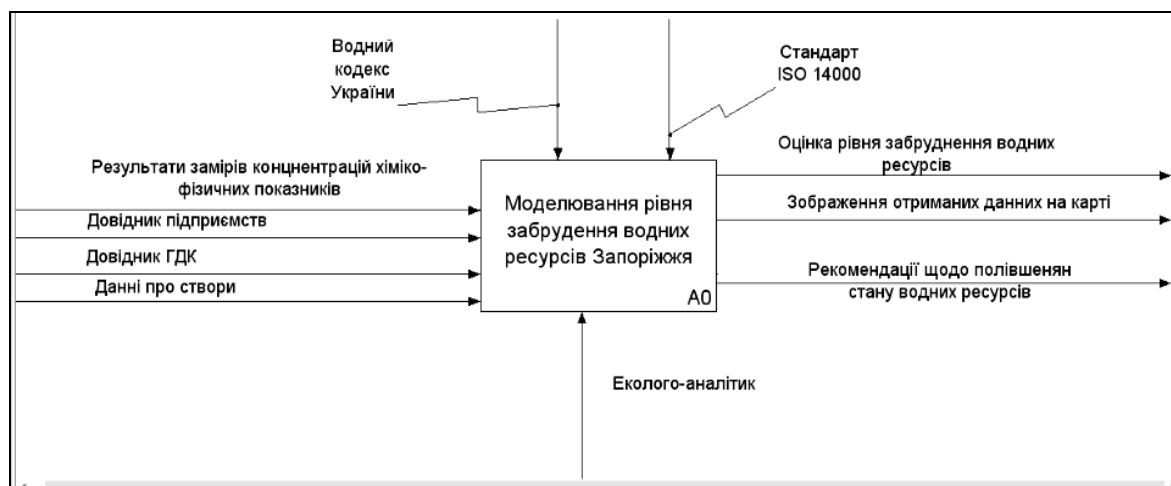


Рис. 1. Контекстна діаграма моделювання оцінки стану водних ресурсів

Вхідними даними є:  
результати замірів концентрацій у водоймищі;  
дані про підприємства;  
довідник ГДК;  
дані про створи.

На основі цих даних проводиться OLAP аналіз для структурування даних та їх подальшого використання.

Вихід: оцінка рівня забруднення водних ресурсів; зображення отриманих даних на карті; рекомендації щодо поліпшення стану водних ресурсів.

Для прогнозування стану водних ресурсів об'єктом є однофакторну поліноміальну модель, побудовану за допомогою методу регресійного аналізу, що дозволить спрогнозувати якісні хіміко-фізичні показники на майбутній період.

Вхідними даними для даної моделі будуть данні отримані в результаті проведення OLAP аналізу.

Дані складаються з пар значень залежної змінної (змінної відгуку) і незалежної змінної (пояснюючої змінної), такими значеннями виступатимуть дата виміру та показник моніторингу фізико-хімічних показників. Регресійна модель є функцією незалежної змінної і параметрів з доданою випадковою змінною. Параметри моделі налаштовуються таким чином, що модель найкращим чином наближається до фактичних даних. Критерієм якості наближення (цільовою функцією) зазвичай є середньоквадратична помилка: сума квадратів різниці значень моделі і залежною змінною для всіх значень незалежної змінної як аргумент.

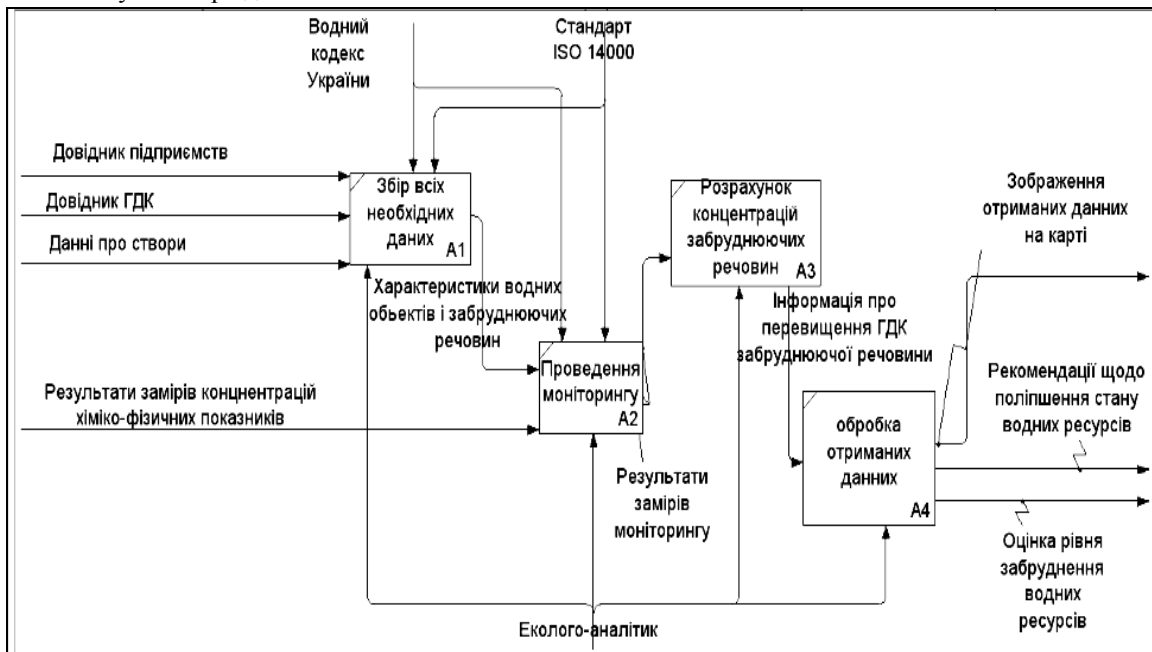


Рис. 2. Перший рівень декомпозиції моделювання оцінки стану водних ресурсів

Після отримання прогнозних значень застосовують існуючі методики для оцінки якості водних ресурсів.

Таких методик існує 3 типи:

фізико-хімічні;  
біологічні;

що використовують біологічні та фізико-хімічні показники.

Для оцінки якості водних ресурсів будемо використовувати перший тип – фізико-хімічний метод.

У фізико-хімічних методах аналізу визначають зміни фізичних властивостей системи (коефіцієнту заломлення світла, поглинання світла, електропровідності), які відбуваються в результаті хімічних або електрохімічних реакцій.

Переваги фізико-хімічних методів:

точна оцінка забруднення води конкретного забруднювача;

облік сумісного впливу забруднюючих речовин;

можливість класифікації якості води;

відносна простота методу порівняно з іншими.

Для оцінки якості води використовуємо метод ІЗВ – індекс забруднення води.

Розрахунок індексу забруднення води здійснюється за наступною формулою:

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

де N – кількість розглянутих речовин.

Для оцінки якості вод розрахунки ведуть для n = 6...7 забруднюючих речовин, включаючи: O<sub>2</sub>, БПК, СПАР, рН.

Наведемо класифікацію якості вод по ІЗВ у табл. 1.

Таблиця 1

## Класифікація якості вод

Класифікація якості води	ІЗВ
Дуже чиста	До 0,2
Чиста	0,2-1
Помірно забруднені	1-2
Забруднена	2-4
Брудна	4-6
Дуже брудна	6-10
Надзвичайно брудна	Більше 10

Переваги даного методу:  
простота визначення,  
облік різнорідних параметрів,  
порівнянність результатів.

## Висновки

На даний момент існує велика кількість методик для оцінки якості води, але всі вони не дають можливості вчасно відреагувати на стан водних ресурсів, тому є необхідність використовувати модель структурування даних, отриманих за результатами моніторингу, використати модель для прогнозу фізико-хімічних показників води.

Таким чином, внаслідок використання даних моделей можна розрахувати стан водних ресурсів на майбутній період, що дозволить вчасно прийняти управлінське рішення щодо покращення водних ресурсів, та мінімізувати їх забруднення внаслідок діяльності промислових підприємств.

## Список літератури

1. Водний кодекс України від (213/95-ВР) 6 червня 1995 р. // Відомості Верховної Ради України, 1995, № 24. – 189 с.
2. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. (із наступними

змiнами і доповненнями) // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – С. 546.

3. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеиздат, 2009. – 15 с.

4. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Утв. Главрыбводхоз Минрыбхоза СССР 09.08.90 г. № 12-04-11. – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 10 с.

5. Анохин Ю.А. Математическое моделирование и мониторинг окружающей среды / Ю.А. Анохин, А.Х. Острогомольский. – Обнинск: Изд. ВНИИГМИ – МЦД, 1980. – 37 с.

6. Аргучинцев В.К. Модели и методы для решения задач охраны атмосферы, гидросферы и подстилающей поверхности: монография / Под ред. В.В. Буфала. – Иркутск: Иркутский госуниверситет, 2001. – 115 с.

7. Буравльов С. Методика розв'язання екологічних проблем / С. Буравльов // Вісн. АН України. – 2003. – № 10. – С. 58-60.

8. Васенко О.Г. Концепція екологічного нормування / О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко, А.В. Гриценко та ін.. – К.: Центр навчальної літератури, 2000. – 56 с.

9. Кавун С.В. Охорона оточуючого середовища: теоретичні та практичні аспекти: монографія / С.В. Кавун, І.О. Ушакова, О.С. Рудаки та ін. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2012. – 276 с.

10. Линейная регрессия и корреляция. Оценка параметров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://ekonometred.ru/bilety-k-ekzameni-ekonometrika/52-linejnaya-regressiya-i-korrelyaciya-ocenka-parametrov.html>.

11. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Надійшла до редколегії 26.06.2013

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук Г.Д. Коваленко, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, Харків.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК  
ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

И.О. Ушакова, К.И. Попов

Обоснована необходимость решения задачи моделирования и прогнозирования уровня загрязнения водных ресурсов, возникающей в результате деятельности промышленных предприятий. Рассмотренная классификация методов, используемых для оценки качества водных ресурсов, а также методов, позволяющих спрогнозировать состояние водных ресурсов на предстоящий период. Проводится анализ существующих моделей и методик оценки качества воды, предлагается концепция моделирования оценки уровня загрязнения водных на основе OLAP анализа и прогнозирования уровня загрязнения водных ресурсов.

**Ключевые слова:** створы, загрязняющие вещества, предельно допустимая концентрация (ПДК), WEB-технологии, CASE-инструменты.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS EVALUATION  
OF QUALITY OF WATER RESOURCES

I.O. Ushakova, K.I. Popov

The necessity of solving the problem of modeling and predicting the level of water pollution that occurs as a result of industrial activities. Considered classification methods are used to assess the quality of water resources and methods which allow to predict the state of water resources for the future. The analysis of existing models and methodologies for assessing water quality modeling concept proposed assessment of water pollution based OLAP analysis and prediction of pollution of water resources

**Keywords:** settlements observation, contaminants, maximum permissible concentration (MPC) modeling.