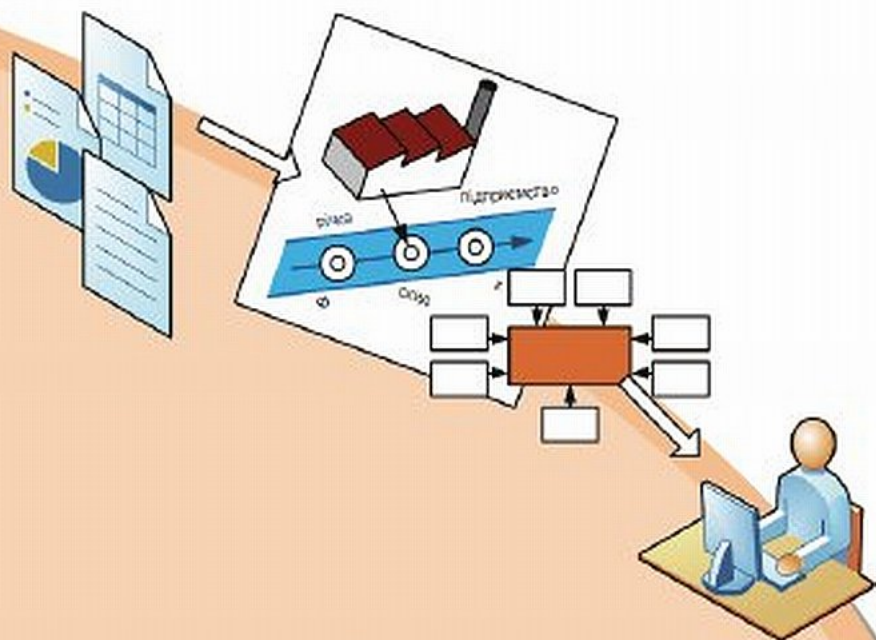


*Мокін В. Б., Яцолт А. Р., Боцула М. П.*



**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ  
ОБРОБКИ ДАНИХ  
СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**В. Б. Мокін, А. Р. Яцолт, М. П. Боцула**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОБРОБКИ  
ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2010

УДК 004.65 : 519.6

ББК 32.97 : 26.22

М 74

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №3 від 29.10.2009 р.).

Рецензенти:

**О. С. Макаренко**, доктор фізико-математичних наук, професор

**Р. Н. Кветний**, доктор технічних наук, професор

**Мокін, В. Б.**

**М74** Інформаційна технологія проектування систем обробки даних спостережень якості вод : монографія / В. Б. Мокін, А. Р. Яцолт, М. П. Боцула. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 203 с.

ISBN 978-966-641-374-4

В монографії представлена технологія проектування інформаційних систем обробки даних спостереження якості вод з форм вхідних та вихідних даних шляхом ідентифікації та ітеративної деталізації складових. Описано комплекс методів, прийомів, алгоритмів та програмного забезпечення, яке було апробовано та впроваджено на практиці для розв'язання важливих прикладних задач у галузі екологічного моніторингу та контролю в Україні. Розрахована на працівників управлінь охорони навколишнього природного середовища та державних екологічних інспекторів, студентів та аспірантів ВНЗ, котрі спеціалізуються в галузі екології.

**УДК 004.65 : 519.6**

**ББК 32.97 : 26.22**

**ISBN 978-966-641-374-4**

© В. Мокін, А. Яцолт, М. Боцула, 2010

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	6
Вступ .....	7
<b>Розділ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД.....</b>	<b>11</b>
1.1. Місце спостереження якості вод у системі моніторингу цієї якості .....	11
1.2. Огляд функціонуючих інформаційних систем спостереження якості вод.....	12
1.3. Аналіз відомих інформаційних технологій для проектування інформаційних систем обробки даних .....	16
1.3.1. Технологія UML-моделей.....	17
1.3.2. Технологія ER-моделей .....	19
1.3.3. Структурні мови програмування .....	20
1.3.4. Технологія автоматизованого створення систем управління базами даних.....	21
1.4. Висновки та постановка задач дослідження.....	31
<b>Розділ 2 РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД.....</b>	<b>33</b>
2.1. Уточнення основних задач .....	33
2.2. Розробка типових моделей елементів узагальненої структури.....	33
2.3. Розробка методу проектування систем з ітеративною деталізацією їх моделей.....	38
2.4. Розробка методу автоматизованого проектування звітної частини інформаційної системи на основі секвенційного підходу.....	49
2.4.1. Аналіз вихідних передумов та постановка задачі .....	49
2.4.2. Аналіз підходів до розв'язання задачі .....	49
2.4.3. Основні положення секвенціального опису інформаційних моделей інформаційних систем .....	50

2.4.4. Операції над секвенціями інформаційних моделей інформаційних систем.....	55
2.4.5. Програмна реалізація секвенцій моделей інформаційних систем та шляхи її автоматизації .....	56
2.5. Висновки .....	57
<b>Розділ 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНИХ ОСНОВ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ.....</b>	<b>59</b>
3.1. Алгоритм розробки моделей класів вхідних та вихідних даних реальної системи на основі типових моделей.....	59
3.2. Створення програмного забезпечення для автоматизації процесу проектування класів вхідних та вихідних даних системи на основі типових моделей.....	64
3.2.1. Вибір програмного середовища.....	64
3.2.2. Інтерфейс розробленого програмного забезпечення та алгоритм роботи з ним.....	65
3.2.3. Рекомендації щодо роботи із розробленим програмним забезпеченням .....	68
3.2.4. Застосування розробленого забезпечення на реальному прикладі .....	69
3.3. Застосування розробленої технології проектування інформаційної системи для спостереження якості вод держкоінспекціями України .....	71
3.4. Алгоритм застосування розробленої технології для проектування реальних систем.....	89
3.5. Висновки .....	90
<b>РОЗДІЛ 4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ РЕАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД РЕГІОНІВ УКРАЇНИ.....</b>	<b>92</b>
4.1. Проектування інформаційної системи екоінспекційного контролю стану вод та скидів усіх областей України, АР Крим, м. Київ та м. Севастополь .....	92
4.2. Проектування інформаційної системи моніторингу поверхневих вод Вінницької області .....	108

4.3. Проектування інформаційної системи підтримки прийняття рішень для управління водними ресурсами басейну річки Південний Буг.....	109
4.4. Висновки .....	111
<b>Висновки .....</b>	<b>113</b>
ДОДАТОК А Основи уніфікованої мови моделювання (UML) структури складних інформаційних систем .....	129
А.1. Основні поняття UML.....	129
А.2. Моделі класів .....	130
А.3. Програмні пакети для побудови UML-моделей та поняття CASE-засобів .....	132
ДОДАТОК Б Основи ER-моделей.....	134
ДОДАТОК В Основна термінологія .....	137
ДОДАТОК Г Види спостережень суб'єктів контролю за довіллям .....	138
ДОДАТОК Д Основні поняття секвенційного апарату проектування технічних систем управління.....	141
ДОДАТОК Е Приклади розроблених форм інформаційної системи моніторингу поверхневих вод.....	145
ДОДАТОК Ж Приклади розроблених форм інформаційної системи підтримки прийняття рішень для управління водними ресурсами басейну річки Південний Буг .....	154
ДОДАТОК И опис підсистеми «Вода та скиди» АСУ «ЕкоІнспектор» .....	168

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БД	— банк даних
БУВР	— басейнове управління водними ресурсами
БУВР ПБ	— Басейнове управління водними ресурсами річки Південний Буг
ВНТУ	— Вінницький національний технічний університет
ВО	— Вінницька область
ГДК	— гранично допустима концентрація
ГДС	— гранично допустимий скид
ГІС	— географічна інформаційна (геоінформаційна) система
ГІС-технологія	— геоінформаційна технологія
ГІАС	— геоінформаційна аналітична система
ГІАС ДМВ	— ГІАС державного моніторингу вод
ГІАС МПВ	— ГІАС державного моніторингу поверхневих вод
ДЕІ	— Державна екологічна інспекція
ДСМД	— державна система моніторингу довкілля
ДУ ОНПС	— обласне держуправління охорони навколишнього природного середовища
ДУ ОНПС ВО	— Держуправління охорони навколишнього природного середовища у Вінницькій області
МВВ	— методика(и) виконання вимірювань
Мінприроди	— Міністерство охорони навколишнього природного середовища України
МОЗ	— Міністерство охорони здоров'я України
МНС	— Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи
ПГХЛ	— пересувні гідрохімічні лабораторії
ПСЕКМ	— програмна система екологічного контролю та моніторингу
СУБД	— система управління базою(ами) даних

## ВСТУП

У наш час, коли все актуальнішою стає проблема створення інформаційних систем для моделювання, прогнозування та прийняття рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища, багато досліджень спрямовано на розробку методів та технологій для автоматизованого проектування інформаційних систем. [13–17, 52, 46, 70, 72, 78, 89, 96–98, 100, 113, 114, 122, 146, 147]. Нині відомо чимало прикладів, коли інформаційні системи у галузі моделювання та прогнозування стану довкілля давали можливість швидко і своєчасно внести зміни та обмеження у діяльність людей та відвернути екологічне лихо. Досить відомими є Автоматизована інформаційно-вимірювальна система «Тиса» (АІВС «Тиса»), Урядова інформаційно-аналітична система з надзвичайних ситуацій України, автоматизовані системи моніторингу довкілля Інформаційно-аналітичного центру Мінприроди України, інформаційна система моніторингу якості вод Держводгоспу та інші системи, створені та впроваджені колективами вчених Інституту кібернетики НАН України (Сергієнко І. В., Скопецький В. В. та ін.), Інституту проблем математичних машин та систем НАН України (Железняк М. Й. та ін.), Українського державного гідрометеоінституту НАН України та МНС України (Осадчий В. І. та ін.), Інституту проблем реєстрації інформації НАН України (Додонов О. Г. та ін.), Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України та МНС, Київського національного університету ім. Тараса Шевченка (Самойленко В. М. та ін.), Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України (Трофимчук О. М., Красовський Г. Я. та ін.), Донецького національного технічного університету (Аверін Г. Д. та ін.), Вінницького національного технічного університету, НДЦ технологій стійкого розвитку Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського, ЗАТ «ЕКОММСО» (м. Київ), Компанії «RGdata» (м. Київ), ЗАТ «Софтлайн» (м. Київ), Комунального науково-виробничого підприємства «ЕКОЦЕНТР» (м. Запоріжжя) (Головін В. В.). Подібними дослідженнями займаються вчені Грегорі Бечер із Мерілендського університету, Джон Браден з Іллінойського центру водних ресурсів, Девід Галад із університету Міссурі тощо [49, 68, 69, 73, 101, 138]. Основною проблемою існуючих систем є те, що вони працюють лише з результатами обробки первинних даних спостережень. Питанням реєстрації умов відбору проб, виконання інструментально-лабораторних вимірювань, обчисленню похибки вимірювань увага, як правило, не приділяється. При цьому відомо, що процес обробки первинних даних спостережень є кропітким, містить типові рутинні операції і піддається алгоритмізації та автоматизації. Отже, ак-



туальним є створення інформаційних систем обробки даних спостереження якості вод, оскільки саме водні ресурси контролюються найбільш ретельно та в будь-якій місцевості. Для того, щоб створити інформаційні системи спостереження якості вод, треба, перш за все, створити методи, алгоритми та прийоми обробки даних, на основі яких розробляється структура цих систем та об'єднати їх в єдину інформаційну технологію проектування.

В будь-якій інформаційній системі дуже важливою є звітна частина інформаційної системи, оскільки саме оперативний аналіз даних є основою для вироблення оптимальних управлінських рішень. Тому актуальним є вдосконалення процесу формування звітів на основі інформаційної системи з відомою структурою.

Отже, виникає потреба у розробці нової технології інформаційних систем спостереження якості вод та розробці алгоритмічного та програмного забезпечення для її застосування на практиці.

В книзі викладено технологію проектування інформаційних систем обробки даних спостереження якості вод по формах вхідних та вихідних даних шляхом ідентифікації та ітеративної деталізації їх складових. Для цього розроблено комплекс методів, прийомів, алгоритмів та програмного забезпечення, який був апробований та впроваджений на практиці для розв'язання важливих прикладних задач у галузі екологічного моніторингу та контролю в Україні.

Практична цінність одержаних результатів полягає в тому, що розроблена технологія дозволяє більш точно та швидко спроектувати структуру та стандартизований інтерфейс (форми бази даних) інформаційної системи спостереження якості вод на основі паперових форм вхідних та вихідних даних. На відміну від існуючих технологій, проектування може здійснити фахівець з предметної галузі (еколог), який не має спеціальних знань з об'єктно-орієнтованого програмування, UML та реляційних баз даних.

Розроблене теоретичне, алгоритмічне та програмне забезпечення автоматизованої ідентифікації параметрів команд для вибірки даних для складних звітів інформаційної системи на основі секвенціального підходу дозволяє автоматизовано формувати складні звіти, які містять дані із декількох пов'язаних між собою таблиць, не вимагаючи від користувача спеціальних знань про реляційні бази даних.

Книга містить чотири розділи.

В першому розділі описані місця спостереження якості вод у системі моніторингу, зроблено огляд сучасних інформаційних систем обробки даних спостереження якості вод регіонального та загальнодержавного рівня та аналізуються сучасні інформаційні технології для проектування інформаційних систем.

В другому розділі розглянуто теоретичні основи технології проектування, розроблено типові моделі, методи для проектування інформаційної системи спостереження якості вод та автоматизованої ідентифікації параметрів команд для синтезу складних звітів інформаційної системи на основі секвенційного підходу та метод автоматизованої ідентифікації параметрів команд для синтезу складних звітів за інформацією з реляційної бази даних інформаційної системи, який дозволяє автоматизовано провести вибірку та обробку заданого набору вхідних та вихідних даних для формування звіту.

У третьому розділі наведено алгоритми розробки моделей класів вхідних та вихідних даних реальної системи на основі типових моделей.

У четвертому розділі наведено приклади застосування розробленої технології проектування інформаційних систем спостереження якості вод.

Текст книги написаний, переважно, А. Р. Яшолтом з матеріалів його кандидатської дисертації, де використано результати наукових досліджень д. т. н., професора В. Б. Мокіна. Також робота доповнена результатами досліджень к. т. н., доцента М. П. Боцули. Постановка задачі та наукове керівництво дослідженнями здійснювалось професором В. Б. Мокіним.

Відзиви, зауваження і побажання просимо надсилати за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, кафедра моделювання та моніторингу складних систем Вінницького національного технічного університету.

Автори висловлюють подяку:

– ректору ВНТУ, акад. НАПНУ, д.т.н., проф. Б. І. Мокіну, який протягом 2000–2009 рр. був науковим керівником науково-дослідної лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу ВНТУ, де виконано усі дослідження, та задавав напрямок досліджень даної роботи;

– завідувачу лабораторіями кафедри моделювання та моніторингу складних систем (ММСС) ВНТУ Н. М. Гончар за цінні коментарі та пропозиції у предметній галузі;

– старшому викладачу кафедри ММСС ВНТУ Є. М. Крижановському за допомогу у розробці БД та ГІС-забезпечення створених інформаційних систем;

– колективу кафедри ММСС за допомогу у створенні інформаційних систем та в оформленні книги;

– за цінні поради, ідеї та консультації у предметній галузі досліджень:

- заступнику начальника Басейнового управління одними ресурсами річки Південний Буг Ю. С. Гаврикову;

- начальнику управління інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Мінприроди України А. І. Волоховій;

- начальнику відділу поверхневих та зворотних вод інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Мінприроди України О. Г. Калетинській;

- голові Неурядової громадської організації «Зелений світ Поділля» О. Г. Яворській.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД

### 1.1. Місце спостереження якості вод у системі моніторингу цієї якості

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу вод довкілля» [65]: "Державний моніторинг вод здійснюється з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів".

Схема обробки даних моніторингу, наведена на рис. 1.1.

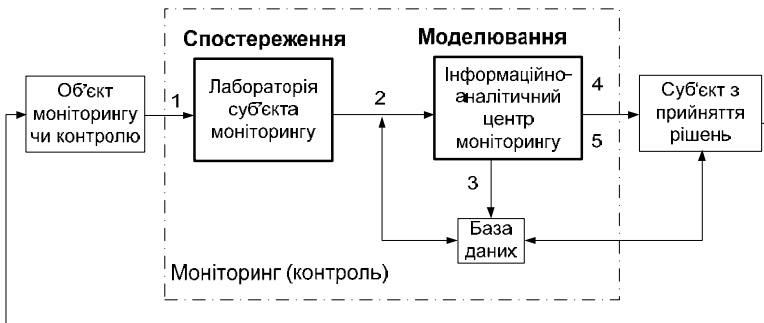


Рис. 1.1. Схема етапів моніторингу вод в Україні:

1 – відбір проб; 2 – передавання; 3 – збереження; 4 – оцінювання, аналіз, контроль, моделювання; 5 – прогнозування, вироблення рекомендацій

Спочатку проводиться відбір проб води, далі відібрані проби доставляються до лабораторій, де проводять аналізи і визначають якість вод. Використовуючи різні типи методик працівники лабораторії визначають показники якості вод із вказанням похибок вимірювання і складають протокол за результатами вимірювань [41, 64]. Уся інформація аналізується аналітичним центром моніторингу (контролю) і накопичується в спеціальних базах даних. Основною задачею, яка стоїть перед аналітичним центром моніторингу, є оцінювання якості вод і тенденції її зміни та надання відповідних рекомендацій суб'єктам, що приймають рішення [65].

Відомо, що автоматизація процесів має місце на двох головних етапах моніторингу — під час спостереження та під час аналізу і моделювання даних про якість вод [13, 48, 50, 55, 79, 140–143].

Операції цього етапу в Україні є чітко стандартизованими. Існують відповідні стандарти та методики (ТУ – технічні умови, ДСТУ – державні стандарти України, КНД – керівні нормативні документи, ISO – стандарти Міжнародної організації стандартизації (з англ. – International Organization for Standardization), СанПіН, ОБРВ – орієнтовно безпечні рівні впливу, ГДК – граничнодопустимі концентрації, МВВ – методики виконання вимірювань та ін.), які регламентують усі процеси відбору проб, вимірювання їх параметрів, оброблення, збереження та передавання в інші служби чи підрозділи [41, 46, 64, 89, 93, 94, 118]. Необхідність цього обумовлена тим, що з результатів спостережень та їх порівняння з відповідними нормативними значеннями нараховуються штрафи за забруднення навколишнього природного середовища. Наявність єдиного нормативно-методичного та метрологічного забезпечення у галузі моніторингу вод в Україні дає підстави стверджувати, що є можливою розробка технології автоматизованого створення інформаційних систем спостереження за якістю вод, основана на використанні уніфікованого типового математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення.

З участю авторів в Україні створена та постійно удосконалюється єдина автоматизована система спостережень за якістю вод на базі Інформаційно-аналітичного центру моніторингу довкілля Мінприроди та окремих міністерств та відомств – Держводгоспу, Державної екологічної інспекції, МОЗ, МНС та ін.

## **1.2. Огляд функціонуючих інформаційних систем спостереження якості вод**

Зробимо огляд інформаційних систем спостереження якості вод, які реально функціонують та використовуються в екологічних установах усіх регіонів країни.

Основними функціями інформаційних екологічних систем спостереження якості вод є збирання, накопичення, обробка даних природних та стічних (зворотних) вод та їх передавання у відділи, які займаються аналізом та прогнозуванням стану моніторингу довкілля, а також контролем за джерелами забруднення, що впливають на зміну екологічної рівноваги довкілля.

Серед найбільш відомих впроваджених в усіх регіонах України системи можна виділити такі основні системи:

1. Система Інформаційно-аналітичного центру моніторингу довкілля Мінприроди (ІАЦ Мінприроди) (розробник - ТОВ «ЕР-ДЖІ-ДЕЙТА», м. Київ) з підсистемами регіонального рівня (розробник - НДІ «ЕДЕМ» Вінницького національного технічного університету): автоматизовані робочі місця регіональних ІАЦ держуправлінь охорони навколишнього природного середовища та суб'єктів регіональних систем моніторингу довкілля, випробувані в шести областях України.

2. Єдина автоматизована система Державної екологічної інспекції та підрозділів аналітичного контролю територіальних органів Мінприроди із отриманням результатів вимірювань стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналізування (АСУ «ЕкоІнспектор»). АСУ «ЕкоІнспектор» має три основні підсистеми: «Вода та скиди», «Ґрунти та відходи» та «Викиди», які успішно апробовані і впроваджені в обласних підрозділах Державної екологічної інспекції Мінприроди, у т. ч. в Києві, Севастополі та Автономній Республіці Крим.

Система забезпечує автоматизацію виконання вимірювання згідно з атестованими методиками, визначення похибки вимірювання, формування основних розпорядчих (акт відбору проб, протокол вимірювання, журнали) та звітних документів інформаційно-вимірювальних підрозділів Державної екологічної інспекції про стан забруднення довкілля України та результати інспекційної діяльності.

3. Система моніторингу якості вод Держводгоспу (НДІ проблем математичних машин та систем НАН України).

Система забезпечує збереження, аналіз та обробку даних спостережень якості води, які проводять усі басейнові управління водних ресурсів та деякі облводгоспи Держводгоспу.

4. Інформаційні системи гідрометеомоніторингу Держгідрометслужби.

Станом на березень 2008 року з даних Державної гідрометеорологічної служби України регулярні гідрометричні спостереження проводяться майже на 450 гідрологічних постах на річках, озерах і водосховищах України. Майже на 400 створах, що розташовані на річках України, ведуться спостереження за хімічним забрудненням води [39].

Зокрема, створена, впроваджена та постійно використовується в роботі Державної гідрометеорологічної служби МНС України та Центральної геофізичної обсерваторії МНС України багатоцільова комп'ютерна інформаційно-аналітична система (ІАС) "Хімічний склад та якість поверхневих вод України" (Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут НАН України (УкрНДГМІ), м. Київ, директор — член-кор. НАН України, д.геогр.н. В. І. Осадчий) (рис. 1.2).

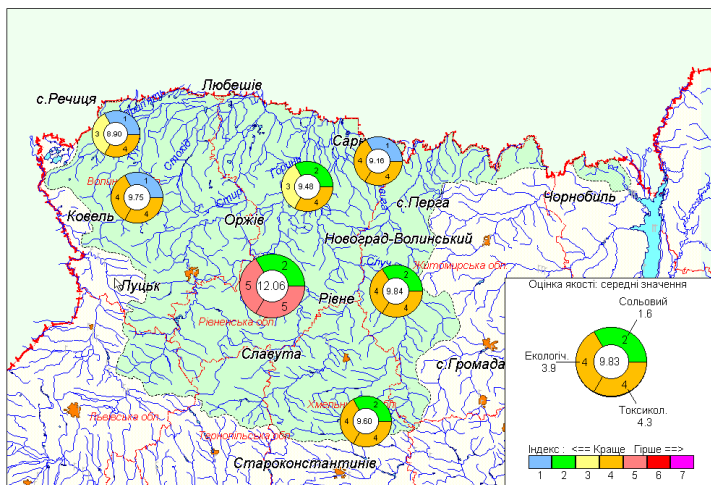


Рис. 1.2. Фрагмент карти екологічного стану поверхневих вод за даними Держгідрометслужби (розробник: УкрНДГМІ)

5. Система «Гідросфера» Мінприроди (УкрНДІ екологічних проблем Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, м. Харків).

На основі експертно-аналітичної оцінки стану існуючої системи моніторингу навколишнього природного середовища розроблені із застосуванням ГІС ArcView та впроваджені в Мінприроді бази даних оснащеності мереж спостережень Мінприроди «Атмосфера» і «Гідросфера» (керівник проекту — к. т. н. Є. М. Варламов, УНДІЕП, Харків). Програмно-інформаційний комплекс цих баз дозволяє оцінювати сучасний стан та оптимізувати застосування ЗВТ мереж спостережень навколишнього природного середовища і приймати своєчасні управлінські рішення, в тому числі для оперативного реагування в штатних та надзвичайних ситуаціях і підвищення рівня екологічної безпеки.

6. Система 2-ТП «Водгосп» (УкрНВЦ ДП «Укрводсервіс»).

Одна з найдавніших комп'ютерних інформаційних систем України, створена ще для IBM AT 286 під MS-DOS. У 2007 році з'явилась перша Windows-версія системи. Система забезпечує введення, аналіз та систематизацію даних водокористування, у т. ч. даних про якість стічних та зворотних вод, в усіх басейнових управліннях водних ресурсів та деяких облводгоспах Держводгоспу.

Аналіз показав, що, на жаль, усі ці системи не позбавлені таких основних недоліків:

1. Відсутня автоматизація процесів супроводження відбору проб та вимірювань — вносяться лише результати вимірювань.

2. Не обчислюються похибки вимірювань, при тому, що вимірювання одних і тих же показників у різних областях здійснюється різними приладами та, часто, за різними методиками.

3. Не підтримується ведення первинних даних спостереження згідно із затвердженими формами.

Кращі результати дає використання автоматичних станцій спостереження стану вод, які використовуються для моніторингу стану природних вод в Закарпатській області. В басейні р. Тиса протікає велика кількість малих гірських річок, головні з яких (річки Тиса, Латориця, Уж) мають транскордонний статус. В останні роки ряд техногенних аварійних ситуацій (в Румунії та Україні) призводила до випадків локального забруднення річок і передачі його на територію сусідніх країн. Також актуальною для Закарпаття залишається проблема паводків та повеней, які, формуючись у цьому регіоні, погіршують якість води та наносять великої шкоди господарству країн, розташованих нижче за течією р. Тиси. Тому тут діють власні програми моніторингу доквілля, автоматичні станції спостережень та активно проводяться міжнародні (Румунія, Словаччина, Угорщина) дослідження у цій галузі [20].

Наприклад у 2004 р. за сприяння угорської сторони було введено в експлуатацію автоматичну станцію моніторингу якості води р. Тиса в м. Тячів. Вона по годинно здійснює відбір проб води та виконання аналізів, що дає можливість мати оперативну інформацію про якість води у верхів'ї басейну р. Тиси, в тому числі від приток Тиси р. Іза та р. Вішеу, які витікають з території Румунії, та попереджувати про аварійні забруднення цього водного об'єкта. Варто відмітити, що ця автоматична станція моніторингу якості води надає оперативну інформацію за основними показниками якості вод, які визначаються нересурсоємними та нетрудомісткими методами, а для визначення низки інших показників потрібне втручання людини.

З метою захисту басейну р. Дунай за сприяння програми TACIS створено та задіяно в м. Ужгород Головний міжнародний центр аварійного оповіщення (ГМЦО) про надзвичайні забруднення в басейні р. Тиси, який у випадку надзвичайних ситуацій співпрацює з аналогічними центрами оповіщення сусідніх країн (Румунія, Угорщина, Словаччина) [21].

На жаль, ці системи теж не позбавлені певних недоліків:

1. Основним недоліком охарактеризованих систем є мала кількість показників, які визначають ці системи.

2. Часткова неузгодженість іноземних методик виконання вимірю-



вання з методиками, які використовуються системами моніторингу регіонів України.

3. Автоматичні системи є малопоширеними, основною причиною чого є дуже висока вартість.

Існуюча в Україні система моніторингу доквітля неможлива без ручної праці на етапі відбору проб та проведення первинних вимірювань. Зрозуміло, що саме відбір проб для спостережень відіграє головну роль в подальшому аналізі якості води та прийнятті відповідних рішень (див. рис. 1.1). Але значна складність обробки первинних даних спостережень та необхідність їх збереження і передавання в інші системи робить необхідним створення інформаційних автоматизованих систем спостережень.

Отже, актуальним є створення теоретичних та практичних засад розробки систем автоматизованої обробки даних спостережень якості вод, орієнтованих на ручний відбір проб води та їх обробку в межах стаціонарних лабораторій, врахування методик виконання вимірювань, обчислення похибок вимірювань, відповідність єдиним нормам та стандартам щодо обробки даних та ведення документації, можливість автоматизованого передавання результатів спостережень в інші інформаційні системи.

### **1.3. Аналіз відомих інформаційних технологій для проектування інформаційних систем обробки даних**

Як правило, під час створення сучасної інформаційної системи екологічного контролю чи моніторингу (ПСЕКМ) використовуються такі основні інформаційні технології [ 3, 5, 8–11, 22, 42, 43, 48, 51, 54, 56, 61, 67, 71, 95, 102, 105, 121, 135–137, 139, 144]:

- об'єктно-орієнтовані технології програмування на основі мов програмування високого рівня типу C++, Visual C++, Delphi, Visual Basic, Visual Studio.NET, C++ Builder та ін., на яких створюються управляючі програми-оболонки автоматизованих систем та окремі модулі для проведення математичних розрахунків;

- технології баз даних, які реалізуються у системах управління базами даних (СУБД) MS Access, Oracle, Paradox та ін., за допомогою яких створюються потужні системи для автоматизованого збирання, обробки, зберігання та візуалізації у вигляді діаграм, таблиць та текстових звітів даних контролю та моніторингу;

- геоінформаційні технології у пакетах програм (ГІС-пакетах) ArcGIS (ArcInfo, ArcView), MapInfo, Panorama, Digitals та ін., які дозволяють обробляти екологічні дані з урахуванням їх просторової прив'язки та проводити візуалізацію у вигляді різних карт;

- мережні технології PHP, Java та ін., які дозволяють створювати та використовувати розподілені банки екологічної інформації, забезпечувати зручний доступ до даних з будь-якої точки світу тощо.

Зрозуміло, що такий поділ є досить умовним, оскільки сучасні системи мають власні вбудовані підсистеми, що поєднують декілька технологій разом. Наприклад, ГІС-пакети ArcGIS, MapInfo, Panorama та ін. мають і свої підсистеми управління базами геоданих, мають мережні підсистеми (ArcGIS Server, MapInfo MapXtreme Java, Panorama GIS WebServer) для роботи з Internet-технологіями. СУБД Oracle вже дозволяє працювати з ГІС напряму (Oracle Spatial) [43]. Але домінуючим підходом лишається використання найкращих технологій кожного типу з їх подальшої інтеграцією. Однією із ключових переваг таких гібридних систем є порівняно низька вартість, оскільки система, що використовує безкоштовні чи найпотужніші серед найдешевших підсистем, як правило, є значно дешевшою, ніж надпотужна система, що надає усі можливі технології, наприклад ArcGIS чи Oracle. На жаль, існуючі методи автоматизованого проектування ПСЕKM не дозволяють проектувати такі гібридні системи. Як правило, такі методи дозволяють створити програмний код лише в якомусь одному конкретному середовищі [43, 54, 67].

Найбільше поширення у світі отримав метод, оснований на використанні UML-моделей. Спочатку універсальною мовою моделювання структури системи (UML) створюється комплекс UML-моделей (варіантів використання, класів, послідовностей, діяльності тощо), а далі у спеціальній системі автоматизованого проектування (САПР), наприклад Rational Rose, здійснюється автоматизований синтез програмного коду із зазначеними зв'язками [6, 53, 120]. Але спосіб створення інформаційної системи у таких САПР досі є справою лише досвідчених фахівців з інформаційних технологій, лишаючись недоступною для фахівців з об'єктної галузі, наприклад екологів.

Найбільше поширення отримали такі інформаційні технології автоматизованого проектування інформаційних систем [53]:

1. Технологія UML-моделей.
2. Технологія ER-моделей.
3. Структурні мови програмування.

Окремо слід виділити середовища для автоматизованого проектування систем управління базами даних (СУБД), наприклад MS Access, Paradox, Oracle тощо.

### **1.3.1. Технологія UML-моделей**

Для формалізованого опису розробок загальноприйнято використовувати уніфіковану мову моделювання (UML) — це мова та моделі

позначень для специфікації, візуалізації та документації моделі об'єктно-орієнтованих інформаційних систем [54, 120]. В додатку А описано основні положення, позначення (нотацію) та правила побудови моделей цією мовою.

UML є промисловим світовим стандартом, що описує моделі інформаційно-програмного забезпечення [54]. Кожна UML-модель (чи UML-діаграма) є аналогом окремих характеристик об'єкта моделювання та його функцій. Наприклад [120]:

- модель варіантів використання відображає діючих суб'єктів (чи користувачів системи), варіанти використання (сценарії використання системи) та їх взаємодію;
- модель класів відображає класи і взаємодію між ними;
- модель послідовностей відображає об'єкти та їх взаємодію, виділяючи хронологію обміну повідомленнями між об'єктами;
- модель стану відображає стан, зміни станів і події в об'єктах чи компонентах системи;
- модель активності відображає активність, стан та зміни стану об'єктів, а також події, що виникають у компонентах системи.

Побудова усієї множини UML-моделей, як правило, не є доцільною. На практиці будують тільки деякі з них. Основною моделлю є модель класів.

Існують два основних стандарти UML: UML 1.x та UML 2.x. На рис. 1.3 наведена структура стандарту UML 2.x, побудована в нотації UML-моделі класів. Більш детально див. у додатку А.

До основних недоліків UML-моделей можна віднести велику кількість різного роду моделей, що є складним у використанні, оскільки їх важко створювати узгодженими між собою. Крім того, для проектування UML-моделей важливо володіти основами об'єктно-орієнтованого програмування і при цьому орієнтуватись у предметній галузі роботи системи, що створюється, це зменшує кількість фахівців, які можуть створити комплекс дійсно правильних та адекватних UML-моделей.



Рис. 1.3. Структура моделей UML 2.x

### 1.3.2. Технологія ER-моделей

Теоретичною моделлю реляційної бази даних є ER-модель (модель «Елемент–Відношення»), яка призначена для наочного подання відношень між реальними об'єктами предметної області [62]. Побудова ER-моделі проводиться у такі етапи [51]:

- визначення сутностей, тобто об'єктів, інформація про які повинна бути включена до бази даних;
- визначення атрибутів сутностей, тобто характеристик цих об'єктів;
- визначення типів зв'язків між сутностями.

Мега моделювання даних полягає в проектуванні концептуальної схеми бази даних у формі однієї або декількох локальних моделей, що

відносно легко можуть бути відображені (перенесені) в будь-яку систему баз даних.

Найбільш поширеним засобом моделювання даних є діаграми «сутність–взаємозв'язок» (ERD). З їхньою допомогою визначаються важливі для предметної області об'єкти (сутності), їх властивості (атрибути) і відношення один з одним (зв'язки). ERD безпосередньо використовуються для проектування реляційних баз даних.

Більш детально технологія застосування ER-моделей описана в додатку Б. При розробці складного програмного середовища із застосуванням ER-моделей під час переходу до реляційної схеми із ER-моделі виникають складнощі зі зв'язками даних. Обмеженість застосування ER-моделей полягає в тому, що при конкретизації концептуальної моделі неможливо відобразити інформацію про поведінку або функціонування окремих компонентів системи, що проектується.

Крім того, відсутні САПР для синтезу програмного коду за ER-моделями, подібні до Rational Rose для UML-моделей.

### **1.3.3. Структурні мови програмування**

В основі структурного програмування лежить поняття форми і дисципліни, тобто програміст створює програму із базових логічних структур. Базові поняття структурного програмування такі [53]:

- низхідне проектування;
- структурне кодування;
- наскрізний структурний контроль.

Низхідне проектування полягає в тому, що формулюється вихідна задача, яка розбивається на підзадачі, кожна з яких деталізується, тобто проводиться алгоритмічна декомпозиція вихідної задачі. Вона розвивається до виходу на рівень програмних процедур і функцій. Структурне програмування полегшує розробку, тому що дозволяє рухатися зверху–донизу. В результаті, поступово замінюючи заглушки або імітатори закінчення програмного продукту, можна бути впевненим, що задача розв'язана правильно, тому що відбувається рух зверху–донизу. Проблеми виникають, якщо вихідна задача неточно сформульована або постановка її застаріла. Другим недоліком є те, що таким чином маємо працездатний продукт лише на кінцевому рівні, тобто внести будь-які зміни в програму дуже складно до її закінчення, також, як і оцінити результат.

Структурне кодування. При написанні програм допускається обмежене написання програмних структур [53]:

- слідування;
- розгалуження;
- цикл або повторення.

Шановний читачу!

Умови придбання надрукованих примірників монографії наведені на сайті видавництва <http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-641-374-4>

Уважаемый читатель!

Условия приобретения печатных экземпляров монографии приведены на сайте издательства <http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-641-374-4>

Dear reader!

You may order this monograph at the Web page <http://publish.vntu.edu.ua/get/?isbn=978-966-641-374-4>

*Наукове видання*

**Мокін Віталій Борисович, Ящолт Андрій Русланович,  
Боцула Мирослав Павлович**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ  
СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОД**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено А. Ящолтом

Підписано до друку 10.07.10 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 11,73.  
Наклад 300 прим. Зам № 2010-149.

Вінницький національний технічний університет,  
КІВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-81-59  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

В монографії представлена технологія проектування інформаційних систем обробки даних спостереження якості вод з форм вхідних та вихідних даних шляхом ідентифікації та ітеративної деталізації складових. Описано комплекс методів, прийомів, алгоритмів та програмного забезпечення, яке було апробовано та впроваджено на практиці для розв'язання важливих прикладних задач у галузі екологічного моніторингу та контролю в Україні. Розрахована на працівників управлінь охорони навколишнього природного середовища та державних екологічних інспекторів, студентів та аспірантів ВНЗ, котрі спеціалізуються в галузі екології.

