

УДК 621.317.39

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

© Погребенник Володимир, Огуряєва Олена, 2008

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра захисту інформації,
вул. С. Бандери, 79013, м. Львів, Україна

Досліджуються комп'ютерні системи опрацювання даних екологічного моніторингу поверхневих вод. Розглянуто види, концепції та принципи екологічного моніторингу, поняття "екоінформаційної системи".

Запропоновано та досліджено загальну структуру комп'ютерної системи опрацювання даних.

Исследуются компьютерные системы обработки данных экологического мониторинга поверхностных вод. Рассмотрены виды, концепции и принципы экологического мониторинга, понятие "экоинформационной системы". Предложена и исследована общая структура компьютерной системы обработки данных.

This work is devoted to research of the computer systems of processing of information of ecological monitoring of superficial waters. Prospects, conceptions and principles of the ecological monitoring, concept of the 'ecoinformation system', are considered. It is offered and explored the general structure of the computer system of working of information.

Вступ. Екологічні проблеми займають першочергове місце у житті сучасного суспільства. Інтенсивне і нерациональне використання природних ресурсів, забруднення навколишнього природного середовища призводить до екологічної кризи. Її розвиток в Україні також спричинила Чорнобильська катастрофа, наслідки якої набули глобального характеру.

Концепція контролю поверхневих вод України розроблена науковцями Морського гідрофізичного інституту та інших наукових організацій України [2].

Однак на практиці вона досі не реалізована і, на жаль, не існує конкретної структурної схеми екологічного моніторингу поверхневих вод України.

Отже, серед пріоритетних заходів щодо стабілізації і поліпшення екологічної обстановки в Україні – формування системи екологічного моніторингу поверхневих вод, яка містить у своєму складі комп'ютерну систему опрацювання даних.

Метою роботи є аналіз принципів побудови комп'ютерної системи опрацювання даних екологічного моніторингу.

Моніторинг довкілля. Усвідомлення недостатності знань про навколишнє середовище у кінці двадцятого століття збігається з бурхливим розвитком інформатики та обчислювальної техніки. У результаті на стику багатьох галузей знання, таких, як науки про

навколишнє середовище, інформатика тощо, виникла нова сфера діяльності – екоінформатика, орієнтована на застосування інформаційних технологій для вивчення навколишнього середовища і забезпечення стійкого розвитку.

У 1980-х роках, практично протягом одного десятиліття, у всіх розвинених країнах світу було створено національні екоінформаційні системи, які охоплювали національні системи моніторингу атмосфери, водних ресурсів, ґрунтів та інших компонентів природного середовища, а також системи збору і аналізу географічно прив'язаної інформації про антропогенне навантаження і стан здоров'я населення. У дев'яностих роках, за рахунок появи нових інформаційних технологій і розвитку мережі Internet, ці системи об'єднали в єдину екоінформаційну систему, на серверах якої зберігають величезні обсяги інформації про стан навколишнього середовища планети Земля, одержані за допомогою систем екологічного моніторингу.

У систему моніторингу повинні входити такі основні дії:

- виділення (визначення) об'єкта спостереження;
- обстеження виділеного об'єкта спостереження;
- складання інформаційної моделі для об'єкта спостереження;

- планування вимірювань;
- оцінка стану об'єкта спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкта спостереження;
- подання інформації у зручній для користувача формі і доведення її до споживача.

Основні цілі екологічного моніторингу полягають у забезпеченні системи управління природоохоронної діяльності та екологічної безпеки своєчасною і достовірною інформацією, що дає змогу:

- оцінити показники стану і функціональної цілісності екосистем і середовища життя людини;
- виявити причини зміни цих показників і оцінити наслідки таких змін, а також визначити коригувальні заходи, якщо цільові показники екологічних умов не досягаються.

Концепції екологічного моніторингу описано у [3].

Загальна послідовність здійснення схеми моніторингу подана на рис.1.

Принципи регіонального екологічного моніторингу, зокрема проблемної організації, розвитку, оперативності, пріоритет керування, розвитку, цілісності та інформаційної відкритості розглянуто у [3].

За функціональним призначенням виділяють три види моніторингу навколишнього середовища: базовий (стандартний), оперативний (кризовий), фоновий (науковий).

Екоінформаційна система. Вважається, що екоінформаційні системи охоплюють системи екологічного моніторингу і слугують функціональною основою управління екологічно безпечним розвитком на різних ієрархічних рівнях територіального розподілу.

Екоінформаційна система повинна забезпечувати розв'язання багатьох задач:

- підготовка інтегрованої інформації про стан довкілля, прогнозів вірогідних наслідків господарської діяльності і рекомендацій щодо вибору варіантів безпечного розвитку регіону для систем підтримки ухвалення рішення;
- імітаційне моделювання процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, з прийняттям існуючих рівнів антропогенного навантаження і можливих результатів ухвалених управлінських рішень;

• оцінка ризику для наявних і проєктованих підприємств, окремих територій тощо, з метою управління безпекою техногенних дій;

• накопичення інформації за тимчасовими трендами параметрів довкілля з метою екологічного прогнозування;

• підготовка електронних карт, що відображають стан навколишнього середовища регіону;

• складання звітів про досягнення цілей стійкого розвитку для федеральних і міжнародних організацій;

• опрацювання і накопичення у базах даних результатів локального і дистанційного моніторингу і виявлення параметрів довкілля, найчутливіших до антропогенних дій;

• обґрунтування оптимальної мережі спостережень для регіональної системи екологічного моніторингу;

• обмін інформацією про стан навколишнього середовища (імпорт та експорт даних) з іншими екоінформаційними системами;

• надання інформації, необхідної для контролю за дотриманням прийнятих законів, для екологічної освіти, для засобів масової інформації тощо [4].

Отже, екоінформаційні системи повинні бути орієнтовані на комплексне використання результатів екологічного моніторингу, забезпечуючи перетворення первинних результатів вимірювань у форму, придатну для підтримки прийняття рішень, які сприяють стійкому розвитку окремих регіонів і планети загалом. У міру переходу від первинних результатів екологічного моніторингу до знань про стан навколишнього середовища змінюються методи роботи з інформацією.

В екоінформаційній системі можна виділити три рівні, орієнтовані на розв'язання різних задач екологічного моніторингу, які відрізняються методами роботи з екологічною інформацією. Верхній рівень становлять програмні модулі для підтримки прийняття рішень, середній програмне забезпечення, що дає змогу здійснити системний аналіз інформації про стан навколишнього середовища, а нижній – модулі опрацювання первинної екологічної інформації [5].

На нижньому рівні екоінформаційної системи для зберігання даних про стан навколишнього середовища використовуються різні системи управління базами даних (СУБД), а для опрацювання результатів спостережень застосовують дуже різні програмні продукти – електронні таблиці, пакети прикладних

програм типу MathCAD, Surfer і багато інших. Така різноманітність програмного забезпечення зумовлена величезною кількістю різнопланових задач опрацювання результатів спостережень за станом довкілля, одержаних за допомогою локальних і дистанційних методів екологічного моніторингу.

На середньому рівні екологічної інформаційної системи для аналізу інформації про стан навко-

лишнього середовища використовуються географічні інформаційні системи (ГІС). Ці системи, забезпечуючи введення, зберігання, оновлення, опрацювання, аналіз і візуалізацію всіх видів географічно прив'язаної інформації, дають змогу систематизувати видавання інформації для управління природними ресурсами, реалізуючи досвід, накопичений фахівцями в цій сфері.



Рис.1. Загальна схема здійснення моніторингу

Інформаційні системи екологічної безпеки, орієнтовані на підтримку прийняття рішень, повинні задовольняти нові вимоги, які необхідно виконати у ході їхньої побудови. Для забезпечення підтримки прийняття рішень необхідний ще один етап роботи з інформацією, який дає змогу співвіднести одержані результати з шкалою "добре – погано". Таке співвідношення, прямо або побічно, ґрунтується на результатах моніторингу і має ряд специфічних моментів таких, як науково-методичні, при згортанні величезних обсягів первинної інформації, так і психологічних, при поданні одержаних результатів особам, що приймають рішення. У майбутньому системи підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки неминуче ґрунтуватимуться на математичному моделюванні процесів, що відбуваються в природі. Це не дивно, оскільки схема "модель – гіпотеза – експеримент – установлений факт" становить основу пізнання практично у будь-якій з численних галузей сучасної науки. У межах математичних моделей стане можливе і зіставлення відомостей з різних джерел, і згортання результатів моніторингу, і прогнозування наслідків того або іншого господарського рішення. На жаль, методи математичного моделювання докільля недостатньо відпрацьовані, щоб їх результати могли широко використовуватися для підтримки прийняття рішень у галузі природоохоронної діяльності. Тому сьогодні накопичення знань, необхідних для підтримки прийняття рішень, ґрунтується на різних спрощених методах оцінки дії на навколишнє середовище, таких, як методологія оцінки дії на довкілля, індикатори стійкого розвитку тощо [6].

Основні задачі, які повинні розв'язуватися при створенні комп'ютерної системи екологічного моніторингу. Однією з ключових задач при створенні систем екологічного моніторингу водного середовища є проблема забезпечення оперативності роботи системи моніторингу. Важливість цієї проблеми очевидна, оскільки дуже пізні надходження інформації про стан водного середовища не дасть змоги організувати захист.

Основним способом розв'язання цієї задачі є створення систем екологічного моніторингу водного середовища на основі комп'ютерних технологій опрацювання даних у реальному часі і застосування найдосконаліших систем передавання даних.

Іншою проблемою, що постає при розробленні системи моніторингу, є комплексність моніторингу. Суть її зводиться до того, що більшість мереж моніторингу, зокрема і орієнтованих на вивчення водного середовища, контролює не один, а декілька компонентів навколишнього середовища. У такому разі доводиться вирішувати питання про взаємозв'язок структури і регламенту роботи різних складових її вимірювальних мереж, а також опрацювання інформації, що поставляється ними.

Основою вирішення проблем комплексності повинно бути уявлення про взаємозв'язок компонентів навколишнього середовища і процесів, що у них відбуваються. Тому розташування і регламент роботи різних інформаційно-вимірювальних мереж повинні бути скоординованими.

З розглянутою проблемою тісно пов'язана проблема репрезентативності. Суть проблеми полягає в оптимізації вибору розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі і тимчасових інтервалів між вимірюваннями, інакше кажучи, йдеться про раціональний вибір просторового і тимчасового кроку.

У просторовому аспекті вирішення проблем комплексності і репрезентативності може бути запропоноване у вигляді ландшафтного принципу розміщення ланок інформаційно-вимірювальної мережі. Зрозуміло, що такий підхід не означає повної ідентичності розміщення ланок різних інформаційно-вимірювальних мереж.

Питання про вибір часового кроку для отримання вхідних параметрів вирішується на підставі наявних даних про часову мінливість параметрів, що вивчаються, а також обмежень швидкості змін і частоти.

Однією з найцікавіших наукових проблем є проблема адаптивності. Одним з основоположних принципів організації системи моніторингу доцільно зробити принцип адаптивної структури. Його суть полягає у тому, що система моніторингу змінює свою організацію (розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі, регламент їхньої роботи і процедури опрацювання інформації) на підставі аналізу одержаних системою даних.

Стан водного середовища України. Водні об'єкти України зазнають інтенсивного антропогенного впливу: за останні роки концентрації забруднення води виросли у 5–40 разів, а ґрунтів – у 1,5–5 разів. Знання екологічного стану Чорного та Азовського морів, рік та

озер України необхідне для розроблення національних та міжнародних програм їхнього екологічного відновлення, для економічної кооперації [1].

Основні джерела прісної води на території України – стоки річок Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю з притоками, а також малих річок північного узбережжя Чорного та Азовського морів. Стан водного середовища в Україні є вкрай незадовільним. Порушення норм якості води досягло рівнів, які ведуть до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення України використовує для своїх життєвих потреб недоброякісну воду, що загрожує здоров'ю нації [7]. Існує коло найактуальніших проблем, які потребують вирішення, а саме: надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти внаслідок екстенсивного способу ведення водного господарства призвело до кризового зменшення самовідтворювальних можливостей річок та виснаження водно-ресурсного потенціалу; стала тенденція до значного забруднення водних об'єктів внаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь; широкомасштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; погіршення якості питної води внаслідок незадовільного екологічного стану джерел питного водопостачання; недосконалість економічного механізму водокористування і реалізації водоохоронних заходів; недостатня ефективність системи управління охороною та використанням водних ресурсів внаслідок недосконалості нормативно-правової бази та організаційної структури управління; відсутність комп'ютерної постійнодіючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів, якості питної води і стічних вод у системах водопостачання і водовідведення населених пунктів і господарських об'єктів. На жаль, у наявних системах спостережень за станом довкілля України збирання і опрацювання інформації переважно не автоматизовані, основані на лабораторно-хімічних методах аналізу проб і використовуються не стільки для прийняття оперативних управлінських рішень, скільки для статистичного аналізу.

Обґрунтування структури комп'ютерної системи опрацювання даних поверхневих вод України. Структурною основою побудови сучасної системи

моніторингу поверхневих вод України у структурі державної системи моніторингу довкілля є регіональна територіально розподілена комп'ютерна мережа (рис. 2).

Основу РСМВС і СМВСМ становлять стаціонарні пункти автоматизованого контролю (СПАК). До складу СПАК повинні входити автоматизовані інструментальні аналітичні комплекси для одержання первинної інформації про забруднення поверхневих вод. Усі місцеві СПАК одного регіону повинні бути об'єднані локальною мережею центру оперативного моніторингу (ЦОМ), куди надходить інформація про стан поверхневих вод. Для прийняття оперативних рішень у разі виникнення проблемної екологічної ситуації у містах (регіонах) інформація про стан довкілля повинна надходити до місцевого (регіонального) інформаційно-аналітичного центру, який створюється при місцевих органах влади.

Метою створення СМВС є забезпечення в автоматизованому режимі адміністративних органів та відповідних служб даними про стан поверхневих вод для оперативного прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень.

Структурну схему комп'ютерної системи екологічного моніторингу зображено на рис. 3.

Моніторингова система охоплює такі основні підсистеми:

- інформаційно-вимірювальну підсистему (мережу);
- підсистему зв'язку;
- інформаційно-керуючу підсистему.

Інформаційно-вимірювальна підсистема.

Інформаційно-вимірювальна підсистема забезпечує спостереження за станом поверхневих вод та вимірювання параметрів водного середовища. До складу інформаційно-вимірювальної підсистеми входять автоматизовані станції вимірювань стану природних вод (АС) і вимірювальні пристрої, які встановлюються на виході очисних споруд для визначення концентрацій речовин та об'єму вод, що скидаються.

До автоматизованої станції вимірювань стану природних вод ставляться певні вимоги. По-перше, вони повинні мати системи самодіагностування та системи аварійної ситуації. По-друге, велика кількість сенсорів, а отже, велике інформаційне навантаження і необхідність роботи у реальному часі ставлять підвищені вимоги до продуктивності обчислювальних засобів станції. Для цього необхідно використовувати апаратуру з високими характеристиками надійності.

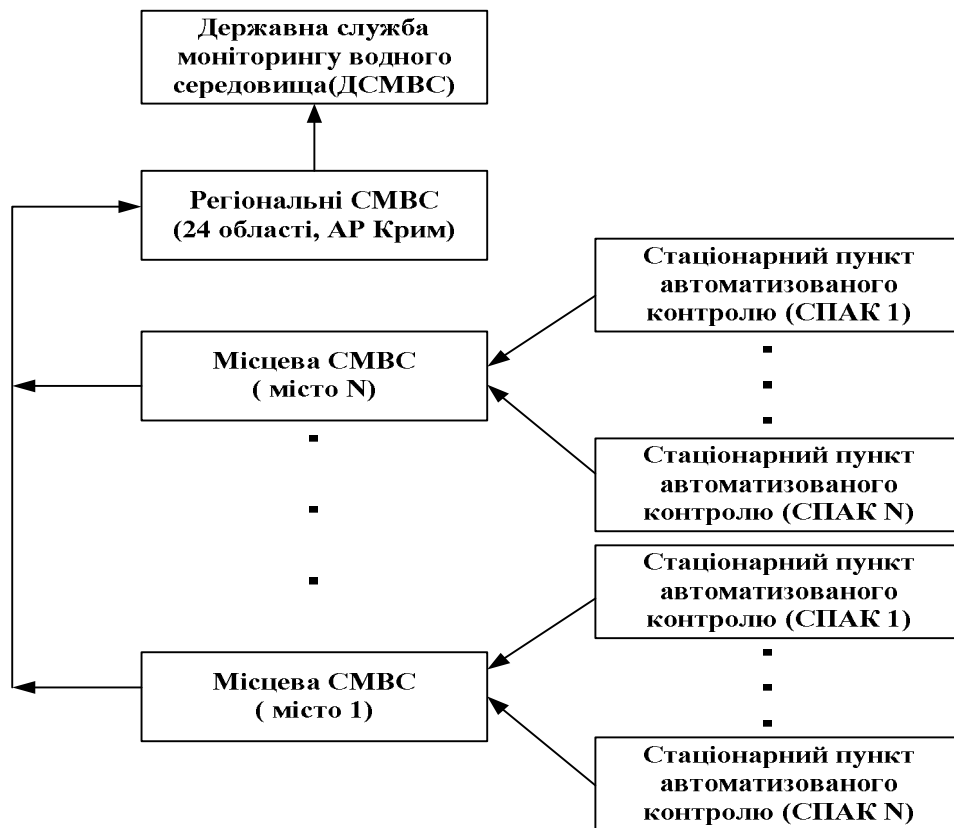


Рис. 2. Структурна побудова ДСМВС

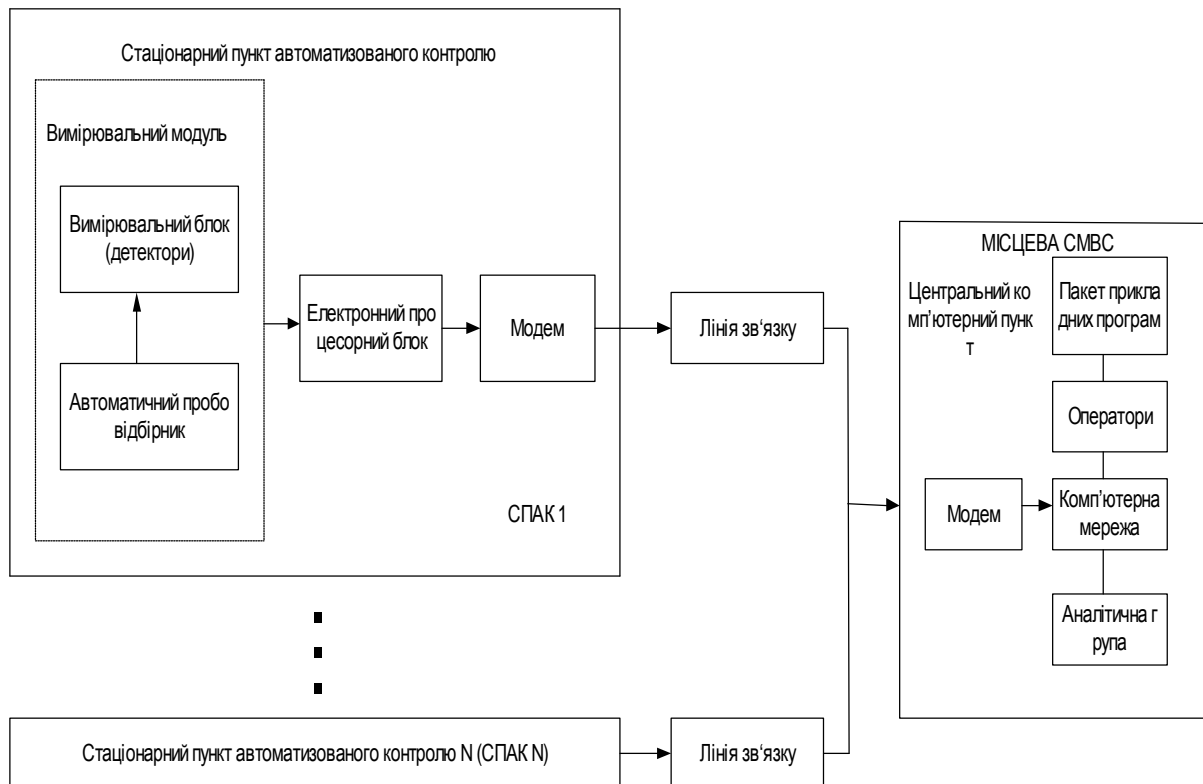


Рис.3. Структурна схема комп'ютерної системи екологічного моніторингу

Параметри поверхневих вод. Основними вимірювальними параметрами поверхневих вод є: рівень, висота та період хвиль, напрям поширення хвиль, температура, електропровідність, швидкість, напрям та вихровий компонент швидкості поверхневих течій, показник ослаблення світла, флуоресценція, радіоактивність, концентрація рН-іонів, кисню, сульфідів, свинцю, міді, цинку, ртуті, кадмію, миш'яку, нітратів, горючих газів.

Підсистема зв'язку забезпечує взаємодію між інформаційно-вимірювальною мережею та інформаційно-керуючою підсистемою.

Інформаційно-керуюча підсистема. Інформаційно-керуюча підсистема виконує такі функції:

- збирання і накопичення інформації, що надходить з інформаційно-вимірювальної мережі через підсистему зв'язку;
- управління роботою інформаційно-вимірювальної мережі;
- опрацювання інформації;
- математичне моделювання природних і техногенно-природних процесів, прогноз розвитку екологічної обстановки;
- накопичення та архівація даних вимірювань і результатів моніторингу, інформаційний пошук архівної інформації;
- формування, підготовка і видавання вихідних документів (карт, бюлетенів, довідок тощо), інформаційне обслуговування користувачів;
- взаємодія з системами моніторингу інших рівнів, із зовнішніми стосовно цієї системи інформаційними службами.

Одним з найважливіших елементів роботи системи опрацювання інформації є генерація шторм-попереджень. Під останніми розуміють автоматичне формування повідомлень про небезпечні ситуації, які створюються в системі відповідно до закладених в ній алгоритмів. Подією, що породжує шторм-попередження, може бути перевищення вмісту забруднювального компонента щодо деякого порогового значення.

Треба відзначити, що інформаційно-керуюча підсистема містить у своєму складі підсистему прийняття рішення та керування станом водного середовища, банки даних і моделей, що становлять експертну систему.

Експертною системою (ЕС) прийнято називати систему штучного інтелекту, яка створена для розв'язання задач у конкретній проблемній галузі. Ще одне можливе визначення: "Експертна система – це програма, яка поводить себе подібно експерту в деякій проблемній області".

Вважається, що експертні системи мають певні переваги перед людиною-експертом:

- у них немає упереджень і вони не роблять поспішних висновків;
- ці системи працюють систематизовано, розглядаючи всі деталі, часто вибираючи найкращу альтернативу зі всіх можливих;
- база знань може бути дуже і дуже великою; будучи введені у машину один раз, знання зберігаються назавжди; людина ж має обмежену базу знань, і якщо дані довгий час не використовуються, то вони забуваються і назавжди втрачаються;
- експертні системи за своєю природою стійкі до "перешкод", тоді як експерт користується побічними знаннями і легко піддається впливу зовнішніх чинників, які безпосередньо не пов'язані з розв'язуваною задачею;
- бази знань не обтяжені відомостями з інших областей і менш схильні до "шумів";
- ЕС-системи не замінюють фахівця, а є інструментом в його руках.

Експертні системи для опрацювання даних прийнято називати статистичними експертними системами. Такі системи за рахунок дружнього, призначеного для користувача інтерфейсу повинні мати можливість допомогти початківцю не тільки ввести результати спостережень, але й уточнити задачу опрацювання і, за необхідності, спланувати експеримент, що дасть змогу розв'язати поставлену задачу. У базі знань експертної системи повинна зберігатися достатньо велика і постійно поповнювана кількість відомостей і правил, з тим, щоб забезпечити можливість розв'язання різноманітних задач опрацювання даних. Пояснення про те, як система розв'язувала поставлену задачу, повинні бути зрозумілі фахівцю у цій галузі і, водночас, містити доволі інформації для аналізу достовірності результатів оброблення фахівцем з математичної статистики [5].

Розроблення експертних систем, призначених для опрацювання даних, стикається з величезними

труднощами. “Інтелектуалізація” комп’ютерного опрацювання первинної інформації про навколишнє середовище ґрунтується, з одного боку, на ідеях і методах конкретної галузі знання, для якої створюється система опрацювання даних. З іншого боку, у комп’ютерній системі опрацювання даних використовуються різноманітні методи прикладної математики— математичної статистики, теорії розв’язання зворотних задач тощо. Відповідно, при створенні експертних систем опрацювання даних, з одного боку, доводиться враховувати методичні і метрологічні особливості методик виконання вимірювання, а з іншого – апріорні припущення й обмеження математичних алгоритмів обробки, що вимагає участі доволі великого колективу професіоналів – фахівців у цій галузі, математиків, програмістів, фахівців з розроблення експертних систем, і високу вартість розроблення. Тому за наявності величезної кількості систем загального призначення – пакетів для статистичного опрацювання даних, електронних таблиць тощо, існує невелика кількість експертних систем, здатних автоматично виконати весь цикл аналізу даних.

Висновки. Детально розглянуто поняття “екологічного моніторингу”, цілі, концепції, послідовність здійснення, принципи та види екологічного моніторингу. Розкрито поняття “екоінформаційної системи”. Проаналізовано стан водного середовища України та обґрунтовано необхідність створення комп’ютерної системи опрацювання даних екологічного моніторингу поверхневих вод України. Розроблено загальну структурну схему комп’ютерної системи опрацювання

даних екологічного моніторингу поверхневих вод України, що містить три підсистеми: інформаційно-вимірювальну, зв’язку та інформаційно-керуючу.

1. Погребенник В.Д. *Методи і вимірювальні системи оперативного визначення інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів* // Автореф. дис. ... д-ра техн. наук 05.11.16. – Львів, 2002. – 36 с.
2. Концепция построения автоматизированной системы экологического контроля вод Украины // Севастополь : МГИ НАН Украины. – Ред.: В.А. Гайский, В.Н. Еремеев. – 1997. – 223 с.
3. Погребенник В., Мельник М., Бойчук М. *Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи* // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – Вип. 65. – Львів, 2005. – С. 164–171.
4. *Экоинформатика. Теория. Практика. Методы и системы* / Под ред. академика РАН В.Е. Соколова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 520 с.
5. www.dux.ru/eco/handbook/WIN Растоскуев В.В. *Информационные технологии экологической безопасности*, 2000. – 225 с.
6. Цветков В.Я. *Геоинформационные системы и технологии*. — М.: Финансы и статистика, 1998. – 228 с.
7. Власова Г.І. *Водні ресурси в Україні. Використання, моніторинг, охорона* // *Екологіческие системы*. – № 10, апрель. – 2007. – 10 с.
8. Погребенник В.Д., Михайлівський Р.П. *Інформаційна система екологічного моніторингу Шацького національного природного парку / Системи контролю окружающей среды. Средства и мониторинг*. – Севастополь. 2005. – С.26–31.
9. *Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 18.12.2003*. – № 169. – 11 с.