

УДК 91+004

Самойленко В.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ПРОЕКТУВАННЯ З ПРИКЛАДАМИ З МІЖНАРОДНОГО ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

Ключові слова: географічна інформаційна система; проектування ГІС; алгоритмічна схема; міжнародне гідроекологічне співробітництво, ГІС "Дунай"

Стан проблеми. Повсюдне, об'єктивно зумовлене застосування географічних інформаційних систем (ГІС) у всіх областях географічних знань – гідрології, гідроекології, фізичній географії, геоекології, метеорології, кліматології, геоморфології тощо – потребує чіткого осмислення та визначення змісту та підходів до проектування цих прогресивних систем, незамінних і вельми ефективних для просторового аналізу та моделювання широкого спектра географічних даних. В існуючих розробках, зокрема [2-6], зазначеній проблемі приділено часткову увагу, а проте при цьому відсутній виклад систематизованих і комплексно та логічно поєднаних уявлень щодо процесу проектування ГІС з висвітленням лише окремих аспектів такого проектування [8]. Саме тому, зважаючи на наші праці у царині геоінформаційних технологій і власний досвід участі у проектуванні ГІС міжнародних річкових басейнів Дунаю та Дніпра [1, 7-12], було поставлено завдання обґрунтувати та розробити загальну алгоритмічну схему проектування ГІС, розкривши зміст і дефініції всіх її складників (з прикладами з міжнародного гідроекологічного співробітництва щодо ГІС), чому і присвячено цю статтю.

Основні результати. Проектування ГІС як імперативна передумова їхнього наступного функціонування на найвищому щаблі тлумачення цього поняття [1] є вельми складним, як і будь-які технології сучасного проектування та управління проектами. Останні загалом сформували наразі окрему сферу аналітично-предметної діяльності людства [13]. Тому, зважаючи і на те, що ГІС є на сьогодні одними з найбільш комплексних апаратно-програмних засобів, доцільно розглянути *принципові підходи до проектування географічних інформаційних систем*, враховуючи як наші розробки [1, 7-12], так і праці з менеджменту проектів і екологічного менеджменту, окремі дефініції яких було використано.

Отже, **проект** у широкому розумінні (за [13]) – цілеспрямована, орієнтована в часі послідовність, як правило, одноразових, комплексних і нерегулярно повторюваних завдань і дій (заходів або робіт). Проект містить у собі задум (проблему), засоби його реалізації (вирішення проблеми) та отримувані у процесі реалізації результати. Загалом у проекті розрізняють *етапи*: підготовки (планування та розробки) проекту, реалізації проекту, а також пост-проектний етап. У даній же праці дефініція "*проектування ГІС*" ототожнюється саме із зазначеним першим етапом – *підготовки (планування та розробки) проекту ГІС*.

Таким чином, *проектування ГІС у цілому* (син. тут – *підготовка проекту ГІС*) слід розуміти як *процес обґрунтування та формування уявлень і розробки відповідної технічної та технологічної документації щодо ключових складників ГІС* (див. нашу працю [1]), *спрямований на стратегічно-документальне забезпечення кінцевого створення ГІС як апаратно-програмного комплексу та інформаційної основи певної предметної просторової області*.

З таких позицій *загальна алгоритмічна схема проектування ГІС* (рис.1) містить:

1) **суб'єктів проектування ГІС**, до яких відносяться: замовник проекту; власне проектант; інші суб'єкти, що залучаються до загального процесу проектування замовником і/або проектантом;

2) **об'єкти проектування ГІС**, якими в даному випадку є: майбутні (потенційні) користувачі ГІС; просторові дані та їхні бази (предметна область ГІС); програмне забезпечення (ПЗ) ГІС; апаратне забезпечення (АЗ) ГІС; режими та регламенти роботи (використання) ГІС; проектно-кошторисна документація (власне проект ГІС); розробник ГІС ("реалізатор" проекту ГІС).

3) **процеси та різнорівневі підпроцеси проектування ГІС** (з проміжними та кінцевими *результувальними продуктами* їхньої реалізації), які у цілому підтримують ідентифікацію та/або створення певних суб'єктів і об'єктів проектування. До таких процесів належать перший, головним чином суб'єкт-суб'єктний, і низка інших, суб'єкт-об'єктних процесів, а саме: установче (ініціальне) проектування ГІС; стратегічне проектування ГІС; проектування програмного забезпечення ГІС; проектування апаратного забезпечення ГІС; експлуатаційне проектування ГІС; завершальне проектування ГІС.

Зміст установчого (ініціального) проектування ГІС як процесу формують такі *підпроцеси* першого рівня: 1) ідентифікація основних суб'єктів проектування ГІС; 2) визначення інших суб'єктів такого проектування; 3) розробка плану, графіка та кошторису підготовки проекту ГІС.

Основними суб'єктами проектування ГІС є замовник і проектант.

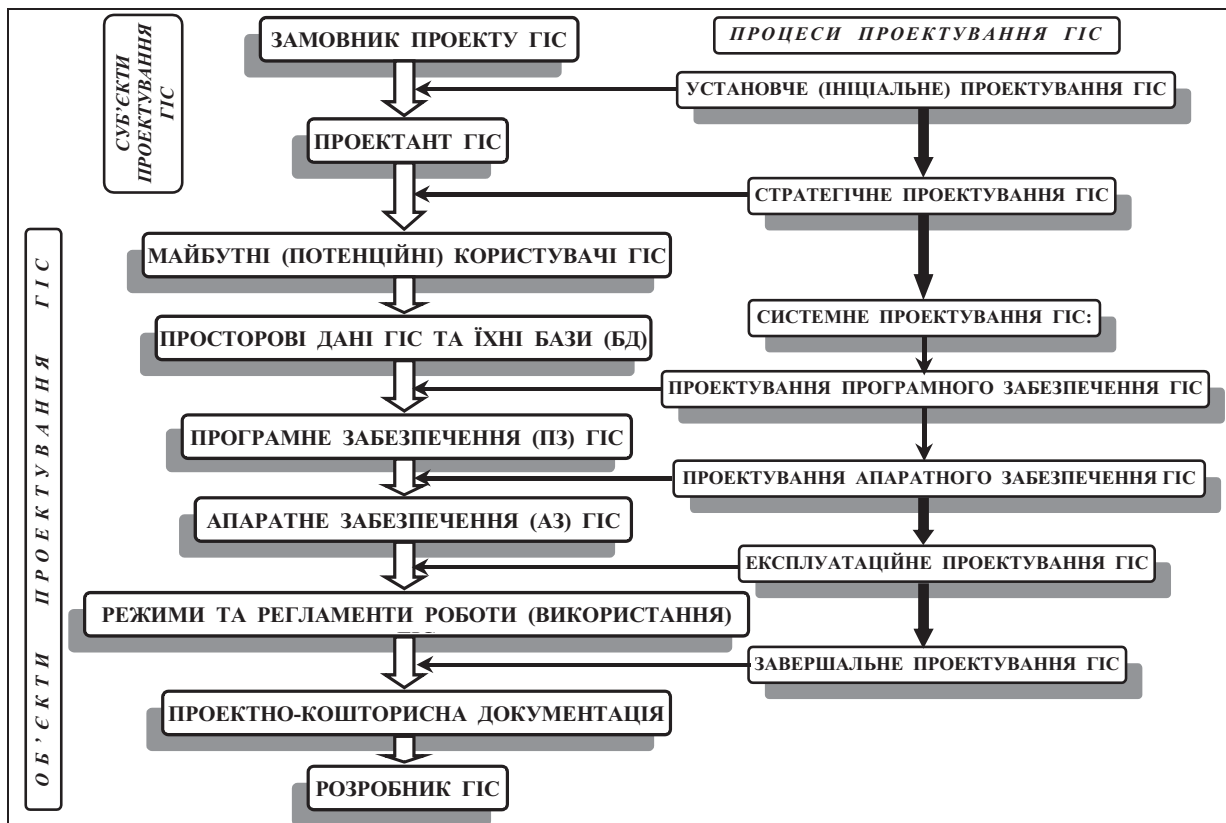


Рис.1. Загальна алгоритмічна схема проектування ГІС

Примітка. Процеси проектування програмного та апаратного забезпечення через їхній істотний метасистемний зв'язок методично доцільно об'єднувати в гіперпроцес системного проектування ГІС.

Замовник проекту ГІС – це одна чи декілька фізичних і/або юридичних осіб, які заінтересовані у реалізації процесу проектування ГІС, спрямовують на це свої та/або залучені чи доручені капітали (інвестують проектування) та є власниками (інколи співвласниками) проекту ГІС (як і, досить часто, результатів його реалізації).

Подекуди окремо вирізняють **інвестора проекту ГІС**, тобто суб'єкта проектування, який безпосередньо вкладає свої капітали у цей процес з метою отримання прибутку. При цьому можливими є ситуації, коли: 1) за інвестора та замовника проекту править одна і та сама особа (особи); 2) інвестором і замовником є різні особи, правові, організаційні і ін. відношення між якими та іншими суб'єктами проектування регламентуються спеціальними угодами тощо.

Також інколи оперують, по-перше, з терміном "**спонсор проекту ГІС**", якого, у різних конкретних випадках, можна ототожнювати і з замовником проекту, і з його замовником-інвестором або інвестором, у т.ч. "безприбутковим" або "додатковим", тощо. По-друге, з огляду на міжнародну систему екологічного менеджменту ([15]), застосовним є і термін "**бенефіціарій проекту ГІС**" – фізична та/або юридична особа (особи), яка отримує вигоду або користь (не обов'язково матеріальну) від певного проекту.

Проектант ГІС – це спеціалізована підрядна проектна організація (фірма), у т.ч. консалтингова та/або інжинірингова, яка забезпечує весь процес розробки проектно-кошторисної документації щодо майбутньої ГІС. Досить часто за проектанта править низка організацій (фірм) і тоді серед них вирізняють **генерального проектанта**, відповідального за координацію та здійснення усього процесу проектування ГІС.

Визначення інших суб'єктів проектування ГІС, які залучаються до цього процесу замовником і/або проектантом, здійснюється, передусім, з огляду на те, що забезпечення підготовки проекту ГІС у цілому диференціюється на: маркетингове; концептуально-аналітичне; організаційне; інформаційне; матеріально-технічне та технологічне; нормативно-правове, у т.ч. ліцензійне; кадрове; фінансове та інше, включаючи певні поєднання складників цього забезпечення.

Звідси, зважаючи на особливості та відповідні наявні "проектно-забезпечувальні" ресурси замовника та проектанта ([1]), за **інші суб'єкти проектування ГІС** зокрема можуть правити:

1) **консультант**, що як узагальнений термін є однією чи декількома фізичними та/або юридичними особами, які залучаються до підготовки проекту ГІС на контрактних засадах з метою надання консультаційних послуг замовнику та/або проектанту з різноманітних аспектів процесу проектування. Останнє зумовлює і склад консультанта, серед якого можуть бути фахівці (організації) з:

- *маркетингу ГІС*. Вони є дуже важливими для підтримки здійснення маркетингового дослідження насамперед з визначення потреб у майбутній ГІС, її потенційних користувачів і змісту їхніх запитів до ГІС і т.ін. (див. далі);

- *постачання програмного та апаратного забезпечення ГІС*. Вони корисні, зокрема, для вибору таких постачальників цього забезпечення, які гарантуватимуть не тільки адекватний рівень апаратури та програмних засобів, які надаються, а й супровід їхньої імплементації, оновлення, а також, за необхідності, навчання персоналу з експлуатації ГІС тощо;

- *постачання просторових даних для ГІС*. Такі фахівці мають допомогти, насамперед, у визначенні джерел отримання географічно координованих (просторових) даних для предметної області ГІС з огляду як на якість цих даних і можливість модифікації (наприклад перетворення в обрані у ГІС формати тощо), так і на оптимальні вартісні показники зазначеного постачання;

- *розробки прикладних програм ГІС*. Ці суб'єкти, що консультують, важливі при проектуванні для ефективного орієнтування замовника та проектанта ГІС на залучення досвідчених фахівців з програмування, які володіють його сучасними мовами та актуальними інструментаріями візуалізації інформації, у т.ч. *web*-проектування за умови розміщення майбутньої ГІС у глобальній інформаційній мережі;

- *системного та концептуального аналізу ГІС*. Ці суб'єкти проектування ГІС відповідають за підбір системних аналітиків з ГІС, які в змозі

обґрунтувати та контролювати дотримання усіх концептуально-аналітичних засад проектування, а потім і реалізації ГІС;

– *менеджменту проектів* і т.ін. При цьому головним є визначення зі складом *групи управління проектом ГІС* у цілому, яку очолює його керівник (проект-менеджер або топ-менеджер) і яка спільно з останнім являє собою контрактну для замовника групу фізичних або юридичну особу, що організаційно відповідає за планування, контроль за виконанням і координацію усіх робіт з підготовки проекту ГІС і його наступної реалізації;

2) **ліцензіар**, який у даному випадку є узагальненим визначенням *однієї чи кількох фізичних і/або юридичних осіб, що є власниками та/або розпорядниками прав власності (оформлених через патенти, ноу-хау і т.ін.) на продукти, у т.ч. технології, які використовуються при підготовці проекту ГІС*. Тобто ліцензіар, на умовах ліцензійної угоди з ліцензіатом, за який править тут один чи обидва головні суб'єкти проектування ГІС, надає повноваження останньому застосовувати патентні (запатентовані) розробки, ноу-хау і т.ін., потрібні при проектуванні ГІС.

3) **правник**, що також узагальнено уособлює *одну чи декілька фізичних і/або юридичних осіб, які загалом відповідають за нормативно-правове забезпечення всіх складників процесу підготовки проекту ГІС, у т.ч., за необхідності, за оформлення певних результатів проектування ГІС у вигляді патентних розробок і т.ін.*;

4) **банк**, що знову-таки як узагальнений термін являє собою *одну чи декілька банківських установ, покликаних здійснювати безпосереднє фінансове забезпечення всіх компонентів процесу проектування ГІС через обслуговування поточних бухгалтерських операцій передусім замовника проекту та проектанта ГІС, певне фінансове посередництво щодо останніх, у т.ч. пов'язане з кредитуванням, тощо*.

Примітка. Слід мати на увазі, що банк чи інша фінансова установа (інвестиційний фонд тощо) може бути і власне замовником (інвестором, спонсором, бенефіціарієм) проекту ГІС, що може дещо змінити функції чи загалом ліквідувати наявність банку як іншого суб'єкта проектування ГІС;

5) **інші можливі суб'єкти**, наприклад референтні представники майбутніх (потенційних) користувачів ГІС, особи, що здійснюють певний незалежний експертний нагляд за процесом проектування і т.ін.

У цілому *кінцевими результувальними продуктами реалізації процесу установчого (ініціального) проектування ГІС* будуть:

1) визначені *замовник проекту ГІС та її проектант*, які відображають обраний варіант схеми менеджменту проекту (див. [1]) через укладення відповідної договірної документації; 2) необхідні *інші суб'єкти проектування ГІС*, залучені до цього процесу на контрактних і інших обумовлених засадах замовником і/або проектантом; 3) *план, графік і кошторис* підготовки проекту ГІС, у т.ч. з ключовими точками контролю їхнього виконання і т.ін.

Проілюструємо деякі вищенаведені положення на прикладі. Так, на початку нинішнього тисячоліття Міжнародна комісія з охорони річки Дунай (надалі скорочено "Дунайська Комісія") на виконання Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу

започаткувала роботи з проектування та створення ГІС **дунайського річкового басейну** (надалі скорочено "**ГІС "Дунай"**") (див. детальніше наші праці [9, 1]). Наступне функціонування спільної, поєднаної та узгодженої ГІС "Дунай" має на меті насамперед координацію дій між країнами басейну Дунаю та об'єднання існуючих і майбутніх інформаційних ресурсів, що відтворюють водогосподарську та екологічну ситуацію у басейні.

Замовником проекту ГІС "Дунай" є країни дунайського басейну в особі Дунайської Комісії, *проектантом ГІС* – експертна група з інформаційного менеджменту та ГІС цієї міжнародної комісії, яка виконує методичні та координаційно-управлінські функції при проектуванні та створенні ГІС, і спеціалізоване австрійське консалтингово-інжинірингове бюро.

Серед низки *спонсорів проекту* – Європейська Комісія Європейського Союзу, Програма розвитку ООН (ПРООН), Глобальний Екологічний Фонд (ГЕФ) тощо.

Наступний **процес стратегічного проектування ГІС**, з одного боку, підтримує взаємопов'язану ідентифікацію таких об'єктів проектування, як **майбутні (потенційні) користувачі ГІС** та її **просторові дані** з їхніми базами, з іншого боку, містить у собі такі *підпроцеси першого рівня*, як: 1) оцінка потреб у ГІС; 2) концептуальне проектування ГІС; 3) проектування баз даних (БД) ГІС.

Оцінку потреб у ГІС як підпроцес проектування спрямовано на отримання певних *проміжних результувальних продуктів* його реалізації, які забезпечуються такими *підпроцесами другого рівня*, як: 1) визначення загальної типології майбутньої ГІС; 2) задавання складу майбутніх (потенційних) користувачів ГІС; 3) формулювання можливих запитів цих користувачів до ГІС; 4) створення попереднього переліку необхідних вихідних просторових даних, які відтворюють предметну область ГІС і потрібні для формування відповідних баз даних; 5) окреслення переліку загальних функціональних вимог до ГІС (у т.ч. попередніх сценаріїв її функціонування), які відображають запити користувачів і предметну область ГІС; 6) визначення попереднього переліку прикладних програм, які треба створити і/або адаптувати для програмної підтримки функціональних вимог до ГІС.

Складники **загальної типології** майбутньої ГІС визначаються з огляду на *основну мету* її створення та *класифікаційні ознаки* ([1]), зокрема на віднесення ГІС, що проектується, до: а) *відкритих чи закритих систем*, насамперед зважаючи на можливості доступу до них користувачів, передусім через глобальну мережу; б) *глобальних, регіональних, або локальних систем* з огляду на просторові рівні геоінформаційного картографування; в) *міжнародних, національних, корпоративних і т.ін. систем*, зважаючи передусім на замовника ГІС тощо.

Задавання складу майбутніх (потенційних) користувачів ГІС потребує окремого спеціального дослідження та може здійснюватися: а) *імперативно* з огляду на мету створення та певні вищезазначені типологічні особливості ГІС, що проектується, насамперед на територіальне охоплення та власника ГІС; б) в результаті відповідних *професійно-соціологічних і маркетингових досліджень*, зважаючи на те, що проектування та створення сучасної ГІС досить витратна справа і принцип "створення системи задля її

створення" тут є неприйнятним, позаяк майбутня ГІС має бути зорієнтована на абсолютно конкретних користувачів, у т.ч. які можуть ними стати у майбутньому.

Так, по-перше, згадана у попередньому прикладі ГІС "Дунай", проектувалася як міжнародна, регіональна та відкрита система. Вона у цілому уявлялася як ефективний відкритий інформаційний засіб обміну просторовими даними, що віддзеркалюють потреби загальнобасейнового управління щодо Дунаю. ГІС "Дунай" мала стати міжнародною власністю та внеском всіх держав басейну, який буде підтримувати досягнення цілей Дунайської Конвенції (1994 р., [1, 9]), поліпшуючи планування та управління, з адаптацією до змінних потреб цих держав. Потенційними користувачами ГІС "Дунай" було визначено: внутрішніх користувачів Міжнародної комісії з охорони річки Дунай (експертні органи, Постійний Секретаріат); країн-членів Дунайської Комісії, у т.ч. їхніх повноважних представників у Постійному Комітеті цієї комісії; зовнішніх користувачів, що підтримують мету створення та цілі Дунайської Комісії, включаючи громадськість; органи та інші країни Європейського Союзу.

Формулювання можливих запитів майбутніх (потенційних) користувачів до ГІС є наслідком, з одного боку, типізації ГІС, а з іншого – визначення складу цих користувачів. Тому, дотримуючись принципу про те, що користувача більше цікавить, що він отримає від ГІС, ніж те, як буде забезпечено, зазначене формулювання, як правило, здійснюється: а) *за логічно-аналітичними побудовами* з огляду на цільове призначення майбутньої ГІС, з урахуванням у т.ч. імперативних "загальносистемних" запитів, які відповідають технологічному рівню ГІС і програмного інструментарію, який буде використано для її створення; б) як і при визначенні користувачів ГІС, *на основі спеціальних професійно-соціологічних і маркетингових досліджень*, які досить часто містять у собі опитування референтних представників майбутніх користувачів насамперед щодо процедур і *просторово-інформаційних (син. геоінформаційних) продуктів*, на які вони очікують від ГІС, тощо.

Наприклад, у результаті відповідного дослідження та аналізу було визначено, що групи запитів користувачів до ГІС "Дунай" з відповідною їхньою деталізацією мають забезпечувати: 1) складання звітів щодо реалізації Водної Рамкової Директиви ЄС; 2) погодження шляхів менеджменту річкового басейну Дунаю, насамперед через структуру Дунайської Комісії; 3) прийняття стратегічних рішень з охорони довкілля в басейні; 4) наукові дослідження та підтримку навчального процесу; 5) інформування широкої громадськості щодо екологічної ситуації у басейні.

Створення попереднього переліку необхідних вихідних просторових даних, які потрібні для подальшого формування відповідних баз даних (БД) ГІС, здійснюється, зважаючи на таке.

По-перше, визначається область, що вивчається за допомогою геоінформаційної системи, – **предметна область ГІС**, яка *окреслює інформаційний простір проектування ГІС і типи об'єктів зазначеної області*, вихідні просторові дані щодо яких (з їхньою позиційною та атрибутивною частиною) є необхідними для створення БД ГІС, зважаючи передусім на потреби її користувачів.

Наприклад, предметну область ГІС "Дунай" було задано спеціальним керівництвом (див. [9, 6]).

По-друге, при проектному визначенні необхідних просторових даних для ГІС враховуються **загальні критерії ефективності інформаційного базису** майбутньої ГІС (див. [10, 11]), а саме: а) *метасистемна та методична однорідність отримання інформації*, у т.ч. з дотриманням відповідних міжнародних стандартів; б) *критеріальна однорідність якості інформації*; в) *сполучність інформації* як наслідок дотримання перших двох критеріїв, яка ідентифікується мірою здатності ГІС накопичувати та формувати однорідні просторові бази даних з різних джерел надходження останніх; г) *загальна інформативність базису*, яка відповідає ступеню охоплення інформацією всіх процесів, що визначають стан об'єктів предметної області ГІС; д) *оперативність інформаційного базису*, яка визначається потенційними можливостями застосування інформаційно-комунікаційних засобів своєчасного та повного отримання, трансформації, фільтрації та оцінки вихідних просторових даних (наприклад даних дистанційного зондування і т.ін.) і підготовки їх до тематичного узагальнення згідно з метою створення ГІС; е) *достовірність інформації* з додатковим зваженням на майбутню можливість постійного контролю цієї достовірності і урахування надійності та репрезентативності джерел інформації.

По-третє, при складанні переліку вихідних просторових даних для ГІС беруться до уваги **джерела та способи отримання і/або постачання** таких даних (див. [1, 12]) і **їхній вид** (формати, мірило, актуальність, необхідність трансформації чи адаптації тощо) з урахуванням територіального та функціонального охоплення та обсягу та вартості даних, а також можливості зазначеного отримання та/або постачання: а) на *нерегулярній основі*, тобто одноразово при створенні ГІС; б) на *регулярній основі*, тобто в перспективі функціонування ГІС, що досить часто регламентується спеціальними документами щодо майбутнього обміну чи постачання інформації у ГІС.

За основні джерела вихідних просторових даних для використаної для прикладу міжнародної ГІС "Дунай" правила (див. [1, 9]): а) т.зв. Євроглобальні карти, які є власністю міжнародної європейської організації *EuroGeographics* і були використані як опорні для тематичних карт; б) цифрові тематичні дані країн-членів Дунайської Комісії у заданому проектантом ГІС "Дунай" вигляді; в) інші цифрові дані низки відповідних європейських проектів тощо. Джерелами отримання просторових даних для ГІС можуть бути також, по-перше, *ресурси глобальної інформаційної мережі* (див. [16]), а, по-друге, геодані, що входять до складу програмного інструментарію для створення ГІС, інколи певним чином поєднані з даними в глобальній мережі (наприклад пакети "Data" з сім'ї програмних ГІС-пакетів *ArcGIS* компанії *ESRI Ltd.* тощо див. [1]).

Визначені запити користувачів до ГІС, що проектується, та предметна область цієї системи дозволяють у перейти у першому наближенні до **окреслення переліку загальних функціональних вимог до ГІС, у т.ч. попередніх сценаріїв її функціонування.**

Під такими **сценаріями** у даному випадку в цілому розуміється *тематичний і фрагментарний розподіл просторових даних ГІС і способів їхнього отримання, обробки, узагальнення, аналізу та відтворення за запитом користувачів за функціональними можливостями різнорівневих і різних за призначенням адекватних програмних засобів ГІС.*

При формулюванні ж загальних функціональних вимог до ГІС, що проектується, передусім зважають на: а) наявність *загальносистемних вимог*, які відповідні вимогам до ГІС як системи апаратно-програмних засобів; б) існування *спеціальних вимог*, пов'язаних зі сценаріями функціонування та геоінформаційними процедурами (операціями), визначеними безпосередньо головною метою та завданнями розробки ГІС; в) наявність чи відсутність *певних критичних структурних блоків (модулів) ГІС* (див. [1, 12]), зокрема блока моделей (моделювання), у т.ч. з визначенням змісту та функцій цього блока, а також, що вельми важливо, блока оцінювання та прийняття рішень, у т.ч. з окресленням вигляду цього блока – уявного чи явного; г) *логічну послідовність процедур*, які мають виконуватися майбутньою ГІС і забезпеченість кожного етапу (кроку) цих процедур потрібними просторовими даними у належному для цього вигляді; д) формулювання уявлень про *графічний інтерфейс користувача ГІС* з огляду на конкретні групи таких користувачів і їхні особливості; е) розміщення ГІС, що проектується, у глобальній, регіональній чи локальній *інформаційній мережі* або комбінації мереж (усі – відкритого чи корпоративного типу і т.ін.) з передбаченням, за потреби, застосування засобів *web-проектування* ГІС тощо.

Визначення попереднього переліку прикладних програм, які потребують створення та/або адаптації для програмної підтримки функціональних вимог до ГІС, проводиться, зважаючи на: а) *власне зазначені вимоги*, що віддзеркалюють потреби користувачів у певних просторово-інформаційних (геоінформаційних) продуктах і оперуванні з ними; б) *програмний інструментарій*, який потенційно може бути покладений в основу роботи майбутньої ГІС, у т.ч. СУБД ГІС тощо, враховуючи певні типологічні ознаки цього інструментарію (див. [1]), його можливу комплектацію та міру необхідності адаптації, зміни та доробки для деяких нестандартних процедур і задач ГІС, що проектується, і т.ін.; в) *інші типи* програмного забезпечення, у т.ч. "додаткові" СУБД, які слід буде використати для реалізації сценаріїв функціонування ГІС; г) *технологічно-профільований інструментарій*, необхідний для ГІС при її розміщенні в інформаційній мережі певного типу тощо.

Підпроцес процесу стратегічного планування ГІС – оцінка потреб у ГІС, принципові складники якого було розкрито вище, більшою мірою зорієнтовано на ідентифікацію конкретних потенційних користувачів як об'єкта проектування ГІС і їхніх потреб, і відносно меншою – на просторові дані саме у вигляді їхніх баз як проектного об'єкта. Такий підпроцес до того ж у цілому відображає, як правило, хоч і вельми корисні, але часткові відповідні уявлення щодо майбутньої ГІС.

Тому, наступний, вже більш "модельно-узагальнювальний" першорівневий підпроцес – **концептуальне проектування ГІС** – містить у собі низку підпроцесів другого рівня з відповідними проміжними результатами їхньої реалізації, а саме такі *підпроцеси*, як: 1) систематизація часткових уявлень щодо ГІС; 2) об'єднання таких часткових уявлень; 3)

порівняння загального уявлення щодо ГІС з обмеженнями на її створення; 4) врахування помилок проектування ГІС; 5) ідентифікація структури та архітектури ГІС і концептуальної структури її баз даних.

Систематизація часткових уявлень щодо ГІС базується на узагальненні результатів оцінки потреб у ГІС і має на меті: а) відстежити та проаналізувати *відношення* між кожним майбутнім (потенційним) користувачем ГІС і процедурами (операціями) та просторово-інформаційними продуктами, на які він очікує при роботі з майбутньою ГІС; б) створити для *формалізації* щойно зазначених *відношень*: або **вихідну матрицю рішень щодо системи** (див. [2]) у двох варіантах за змістом першого вертикального стовпчика та першої горизонтального рядка матриці: "користувач – процедури ГІС" і "користувач – продукти ГІС"; або **вихідне "дерево рішень" щодо системи** – графічну модель (граф, див. нашу працю [11]), гілки якої поєднують конкретних користувачів з відповідним набором потрібних їм процедур ГІС або її просторово-інформаційних продуктів.

Об'єднання часткових уявлень щодо ГІС: а) здійснюється для отримання загального уявлення щодо ГІС, у т.ч. шляхом змістовного групування її бажаних операцій і продуктів і визначення з них найбільш важливих і актуальних для більшості користувачів; б) виконується за допомогою побудови: або **узагальненої матриці рішень щодо системи** (див. [2]); або **узагальненого "дерева рішень" щодо системи** (див. [11]).

Визначені при систематизації та об'єднанні часткових уявлень користувачів щодо ГІС *пріоритети* у процедурах і інформаційно-просторових продуктах цієї системи порівнюються на предмет відповідності з головною метою створення ГІС. При цьому *можливі протиріччя* між частковими уявленнями, а інколи і певними складниками загального уявлення щодо ГІС і метою її створення можуть бути подолані шляхом проведення: додаткової експертизи, модифікації та навіть перевизначення часткових уявлень; ітерацій об'єднання часткових уявлень у групи.

Порівняння загального уявлення щодо ГІС (узагальнених потреб користувачів у ГІС) з обмеженнями на її створення здійснюється з огляду на необхідність:

1) *типізації обмежень* на створення ГІС, які можуть бути диференційовані на *обмеження*: а) *вартісні*, передусім задані замовником проекту ГІС стосовно загальної вартості створення ГІС; б) *часові*, пов'язані з лімітуванням тривалості розробки майбутньої ГІС у цілому або тривалості постачання даних чи отримання модельних рішень і т.ін., потрібних для створення ГІС, а також часу, необхідного для підвищення кваліфікації наявного у замовника персоналу, що обслуговує інформаційні системи, тощо; в) *організаційно-технологічні*, що визначаються, наприклад, наявним у замовника типом апаратного та, інколи, програмного забезпечення та вже згаданим рівнем кваліфікації персоналу за умови відмови замовника від істотної модифікації цього забезпечення чи підвищення такого рівня; г) *іншого характеру*, спричинені певними корпоративними та тими, що

пов'язані з членством в об'єднаннях чи асоціаціях, і ін. інтересами замовника проекту ГІС;

2) попередньої *оцінки вартісних обмежень*, що можуть зумовлюватися лімітуванням витрат при розробці ГІС (які розподіляються на початкові інвестиції та експлуатаційні витрати) на: а) придбання необхідних просторових даних, у т.ч. одноразове при створенні ГІС і/або як оплата за перспективне регулярне постачання інформації у ГІС (див. вище); б) придбання апаратного та програмного забезпечення та їхній супровід при створенні та експлуатації ГІС; в) навчання та оплати праці персоналу, який експлуатуватиме майбутню ГІС; г) обладнання приміщень і інших інфраструктурних елементів, які необхідні для "фізичної" роботи ГІС як апаратно-програмного комплексу тощо;

3) *виявлення можливої віддачі* (зиску, прибутку) від реалізації ГІС, яка може зумовлюватися: а) більшою ефективністю нових методів геоінформаційного аналізу та моделювання просторових даних ("з майбутньою ГІС") у порівнянні з методами, що застосовувалися раніше ("без такої ГІС"); б) продукуванням більш прогресивних і якісних просторово-інформаційних продуктів і геоінформаційних послуг некомерційного характеру; в) створенням і застосуванням передових геоінформаційних технологій і продуктів, які можна постачати на комерційній основі іншим організаціям і т.ін., включаючи продаж послуг і передачу знань і досвіду, пов'язаних з проектуванням, створенням і експлуатацією ГІС; г) більш високою якістю підтримки рішень, які приймаються за допомогою ГІС (що досить часто можна оцінити лише після досить тривалого періоду використання створеної ГІС); д) іншими перевагами некомерційної природи, які стосуються організації, що безпосередньо експлуатуватиме ГІС, і можуть виявитися у покращенні її організаційної структури та функціонування, інформаційно-мережної комунікації та й загалом іміджу та внутрішньої та зовнішньої ділової активності тощо;

4) *аналізу зіставності уявлень щодо ГІС з невартісними обмеженнями* з коригуванням і/або пошуком інших проектних рішень, що розв'язують часові, організаційно-технологічні та інші проблеми створення ГІС;

5) *аналізу зіставності уявлень щодо ГІС з вартісними обмеженнями* у контексті традиційного аналізу "витрати – зиск (прибуток)" (див. [13]) з коригуванням і/або прийняттям альтернативних проектних рішень, спрямованих на врегулювання конфліктних ситуацій, які не дозволяють збалансувати узагальнені потреби користувачів ГІС і обмеження на її розробку. Такого балансу може бути досягнуто за рахунок: а) присвоєння певних ієрархічних пріоритетів у співвідношенні компонентів узагальненої матриці або "дерева рішень" щодо системи (див. вище) та вартості цих компонентів, як і ГІС у цілому; б) пошуку, на основі щойно зазначеної ієрархії, альтернативних проектних рішень або щодо менших за вартістю підходів, або щодо відмови від певних потреб користувачів ГІС чи зниження їхнього рівня, або щодо збільшення вартості розробки ГІС (вирішується виключно за погодженням із замовником проекту ГІС).

Досить часто, передусім для екологічних, у т.ч. гідроекологічних проєктів, що мають "непрямий" прибутковий характер, і деяких інших проєктів, результати аналізу "витрати – прибуток" не є визначальними для прийняття рішень щодо об'ємів фінансування створення ГІС, у т.ч. коли замовник проєкту зважає насамперед на непрямий або той, що виявиться у далекій перспективі, матеріальний (фінансовий) чи нематеріальний (нефінансовий) зиск від операцій і продуктів майбутньої ГІС і т.ін.

Урахування помилок проектування ГІС є важливим допоміжним і супутнім підпроцесом другого рівня у першорівневому підпроцесі концептуального проектування ГІС, як загалом і у всьому процесі підготовки її проєкту. Ідея такого врахування базується на тому, що можливим є застосування *двох типів моделей проектування ГІС* ([2]), використання першої з яких власне і спричинює виникнення зазначених помилок, а другої – навпаки, запобігає їхньому виникненню. При цьому мова йде про:

а) т.зв. *лінійну модель проектування ГІС*, за якої майбутні користувачі ГІС практично повністю ізолюються від загального процесу її проектування, починаючи з підпроцесу концептуального проектування. Це може призвести, не дивлячись навіть на наявність попередньої оцінки потреб у ГІС, до підготовки проєкту системи, яка все рівно не буде безпосередньо відповідати потребам і насамперед технологічним можливостям конкретних користувачів ГІС – або за рахунок "надмірності" функцій системи, або внаслідок обмеженості таких функцій;

б) т.зв. *спіральну модель проектування ГІС*, коли неперервне вивчення системи (удосконалювання уявлень щодо ГІС) немовби "просуває" її проектування. Таке є можливим за умови, що майбутні користувачі ГІС або їхні референтні представники є об'єктом консультацій для проєктанта ГІС і при наступних за оцінкою потреб у ГІС процесах і підпроцесах її проектування, зокрема тих, що підтримують ідентифікацію програмного та апаратного забезпечення і, особливо, режиму та регламенту роботи ГІС. Це дозволяє майбутнім конкретним користувачам ГІС, хай частково, але корисно, спрямовувати процес проектування системи, що дозволяє уникнути істотних помилок цього проектування та забезпечує у майбутньому можливість ефективної модифікації створеної ГІС відповідно до потреб користувачів, які можуть функціонально зрости і т.ін.

Ідентифікація структури та архітектури ГІС і концептуальної структури її баз даних як останній другорівневий підпроцес у концептуальному проектуванні ГІС виконується з огляду на те, що при цьому:

1) формується уявлення щодо *структури ГІС*: а) за особливостями майбутньої реалізації основних структурно-функціональних підсистем ГІС (див. [1, 12]), а саме підсистем постачання та введення просторових даних, їхнього формування та вибірки, аналізу, у т.ч. модельного, цих даних і виводу результатів такого аналізу; б) за специфікою блочної (модульної) схеми ГІС (див. [1]), з особливою увагою до уявлень щодо графічного інтерфейсу користувача (враховуючи міру його "стандартності" чи "унікальності"), функцій блока математично-картографічних моделей і принципів підтримки прийняття рішень за допомогою ГІС;

2) визначається **загальна архітектура ГІС**, більш широко розуміючи під нею загальну організацію зв'язку елементів вже апаратно-програмного комплексу ГІС з урахуванням її просторових БД і користувачів, а також роботи ГІС у обраних інформаційних мережах, типу зазначеної архітектури (розподілена, централізована і т.ін.) тощо;

3) ідентифікується *концептуальна структура БД ГІС*: а) з використанням у якості принципу побудови БД, як правило, структурно-категорійного ланцюжка "тематичний блок (розділ) – субблок (підрозділ) – елемент (субелемент) субблока (показник предметної області ГІС)" і/або принципово аналогічної структури "тематична карта – основні шари ГІС, які її формують, – шари ГІС, які підтримують основні її шари і т.ін."; б) дотримуючись адекватності блоків (розділів) чи тематичних карт БД узагальненим запитам користувачів 1-го рівня, субблоків (підрозділів) чи основних шарів тематичних карт – підрівням таких запитів тощо; в) відповідно деталізуючи схеми структури графічного інтерфейсу користувача ГІС.

Наприклад, по-перше, загальна архітектура призначеної для роботи у глобальній і корпоративній регіональній інформаційній мережі міжнародної ГІС "Дунай" при концептуальному проектуванні мала вигляд, наведений на рис.2 (робоча мова версії в Інтернеті – англійська).

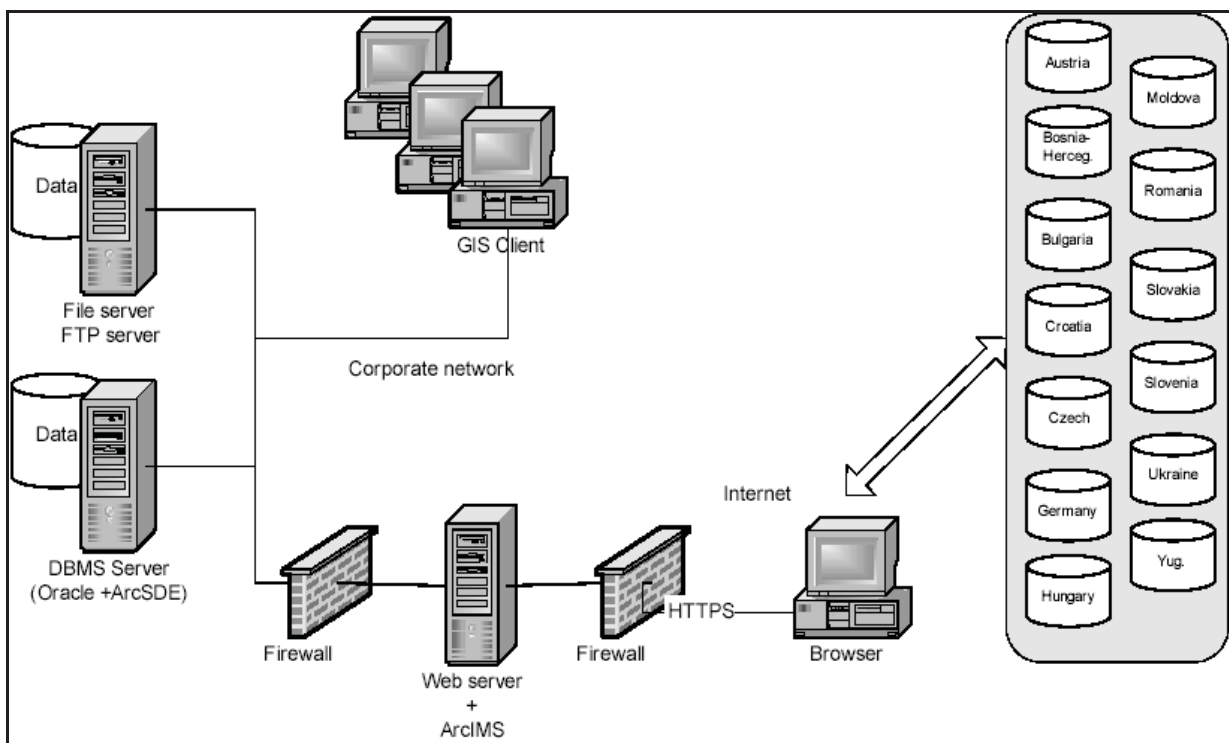


Рис.2. Загальна архітектура ГІС "Дунай" (див .детальніше у [1])

По-друге, у міжнародній ГІС "Дунай" загальну концептуальну структуру її БД, зважаючи на керівний документ "Імплементация ГІС-елементів Водної Рамкової Директиви" ([6]), було зорієнтовано на певний набір тематичних карт і шарів ГІС, зокрема таких, як (див. також [17]):

1) карта "Огляд району річкового басейну" з шарами "Район річкового басейну", "Річковий басейн і суббасейни" та "Головні річки"; 2) карта "Компетентні органи (управління басейном)" з шаром з інформацією щодо зон впливу зазначених органів; 3)

карта "Категорії поверхневих водних об'єктів" з шаром із спеціально закодованими річками, озерами, прибережними водами тощо; 4) карта "Типи поверхневих водних об'єктів" з однойменним шаром і шаром "Екорегіони" (географічні регіони, вирізнені у Водній Рамковій Директиві); 5) карта "Підземні водні об'єкти" з однойменним шаром; 6) карта "Мережа моніторингу поверхневих водних об'єктів" з шарами, що відображають місцезнаходження та атрибути пунктів моніторингу за його типами; 7) карта "Екологічний стан і екологічний потенціал поверхневих водних об'єктів" з шарами щодо, відповідно, стану та потенціалу зазначених об'єктів, а також окремим шаром щодо об'єктів з поганим станом; 8) карта "Хімічний стан поверхневих водних об'єктів" з однойменним шаром; 9) карта "Стан підземних вод" з такими шарами щодо цих вод, як "Кількісний стан", "Хімічний стан" і "Тенденції забруднення"; 10) карта "Моніторинг підземних вод" з шарами за типами цього моніторингу; 11) карта "Території, що охороняються" з шарами за типами таких територій; 12) карта "Стан територій, що охороняються" з однойменним шаром; 13) опорна (допоміжна) карта з різноманітними шарами, які містять інформацію щодо адміністративно-територіального устрою, рельєфу, населених пунктів, транспорту і т.ін.

Завершує стратегічне проектування ГІС безпосередньо зорієнтований на просторові дані як об'єкт проектування власне **підпроцес проектування баз даних** (БД) ГІС, який містить у собі, враховуючи відповідні продукти, що будуть створені, *другорівневі підпроцеси*: 1) розробки загальної (узагальненої) моделі даних ГІС; 2) задавання системи координат і проекції для ГІС; 3) визначення вимог до метаданих ГІС; 4) формулювання принципів кодування просторових даних; 5) оцінки якості інформації, що надходитиме до БД ГІС; 6) визначення норм постачання (обміну) даних і їхнього перетворення та синхронізації; 7) обрахунків уточненої кількості потрібних даних із визначених конкретних джерел їхнього отримання та вартості створення БД ГІС.

Розробка загальної (узагальненої) моделі даних ГІС проводиться, виходячи з того, що така модель на основі концептуальної структури (див. вище) відтворює *логічну структуру баз даних ГІС*, тобто визначає: а) моделі *логічних зв'язків* між компонентами концептуальної структури БД ГІС (приклад на рис. 3); б) основний *тип* (або *схему*) БД ГІС; в) конкретні *багатошарі моделі даних ГІС* з урахуванням їхніх геометричних і топологічних відношень; г) *шаблони атрибутивної частини* просторових даних БД ГІС; д) *формати* (опис) і *стандарти* просторових і непросторових даних (файлів) БД ГІС, які подаються у вигляді шарів ГІС, тексту, таблиць, графіки тощо, у т.ч. з можливістю обміну (передавання) такими даними (див. приклад у [10]); е) підходи до організації *зв'язку* позиційної та атрибутивної інформації і т.ін.

Задавання системи координат і проекції для майбутньої ГІС: а) принципово визначається розробленою *логічною структурою* БД ГІС і основним *призначенням* системи (приклад на рис.4); б) істотно залежить від *регіону*, для якого проектується ГІС, її *предметної області*, майбутніх *користувачів* і *доступних просторових даних*; в) передбачає додаткове урахування *робочого мірила* основних цифрових карт і шарів ГІС, що є наслідком визначення рівня детальності (генералізації) та просторового розрізнення їхньої інформації тощо.

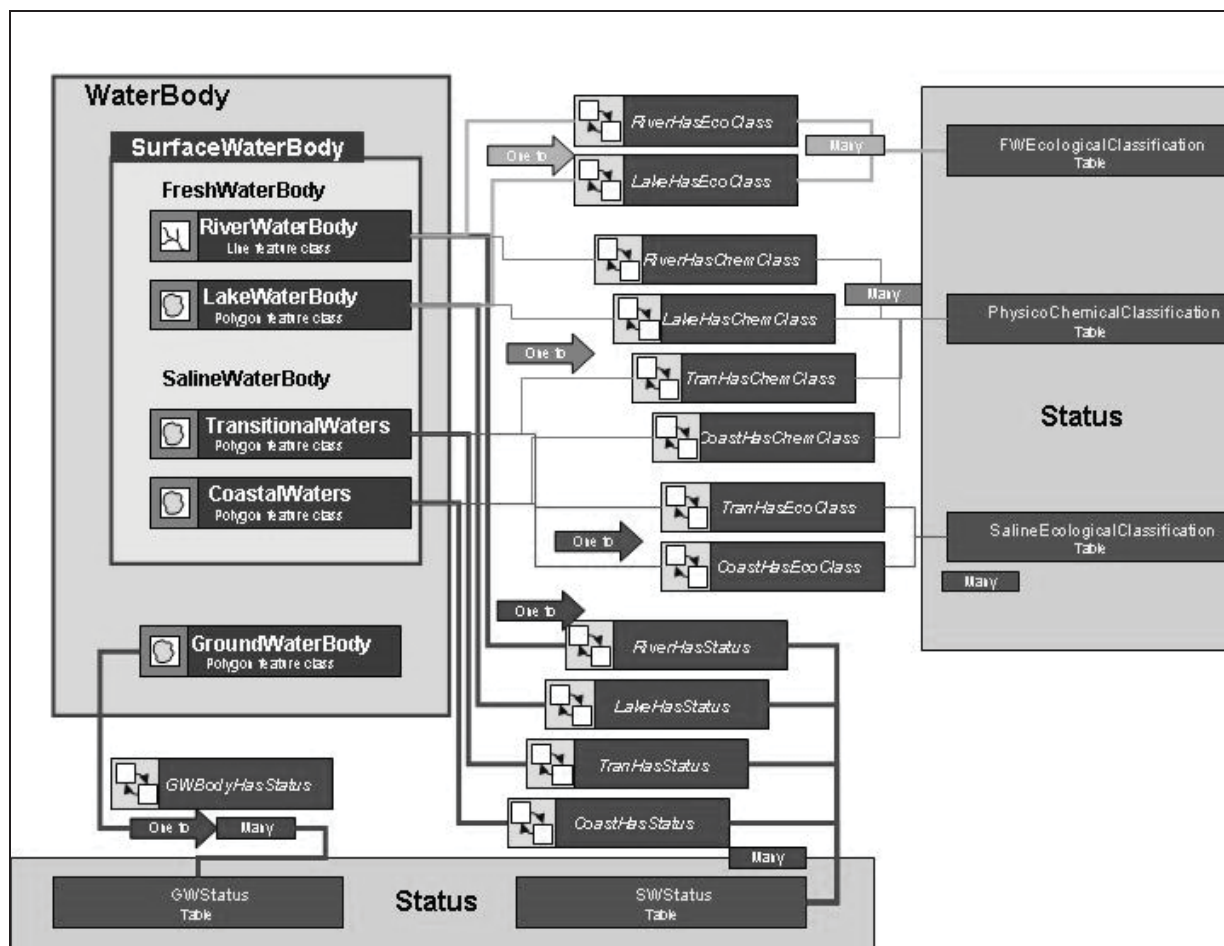


Рис.3. Приклад моделі логічних зв'язків між шарами карт водних об'єктів (англ. *Water Body*) і їхнього стану (англ. *Status*) у ГІС "Дунай" (див. [9, 6])

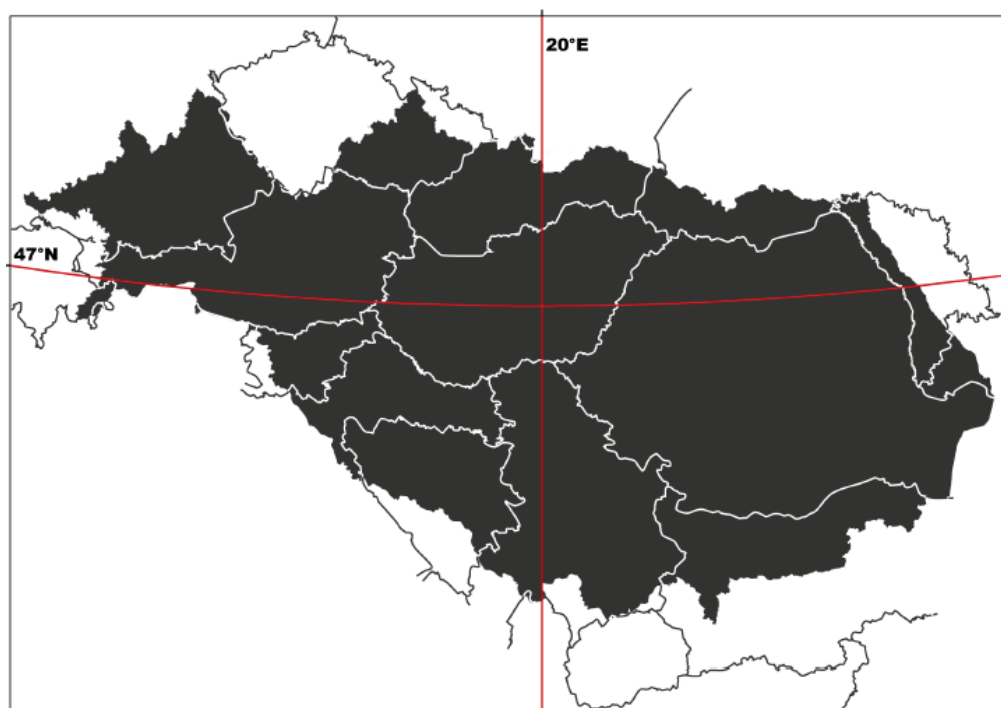


Рис.4. Приклад подавання території міжнародного басейну Дунаю в прийнятій у ГІС "Дунай" азимутальній рівновеликій проекції Ламберта (система координат ETRS89) (див. [1, 9])

Визначення вимог до метаданих ГІС проводиться, орієнтуючись насамперед на вимоги міжнародного стандарту *ISO 19115* (див. [1]), зокрема щодо: а) обов'язкових та обумовлених *розділів метаданих*, змісту цих розділів і складу їхніх елементів; б) *мінімального набору метаданих*, необхідного для підтримання їхнього застосування; в) *допоміжних елементів* метаданих, які дозволяють, за необхідності, здійснювати більш детальний опис просторових даних; г) *методів розширення метаданих* для спеціалізованих потреб створення ГІС.

Формулювання принципів кодування просторових даних здійснюється з огляду на: а) застосування при кодуванні принципу орієнтування на ознаки просторових об'єктів предметної області ГІС (т.зв. *кодування ознак*) з урахуванням, передусім, концептуальної структури БД ГІС (приклад на рис.5); б) необхідність присвоєння *унікальних кодів* кожному елементу предметної області ГІС, враховуючи, за наявності, потребу у такій унікальності на різних інформаційних рівнях ГІС (наприклад, міжнародному, національному і т.ін.); в) спрямування кодування на *полегшення обміну даними* та спрощення формування централізованих запитів до БД ГІС при децентралізованій її структурі тощо.

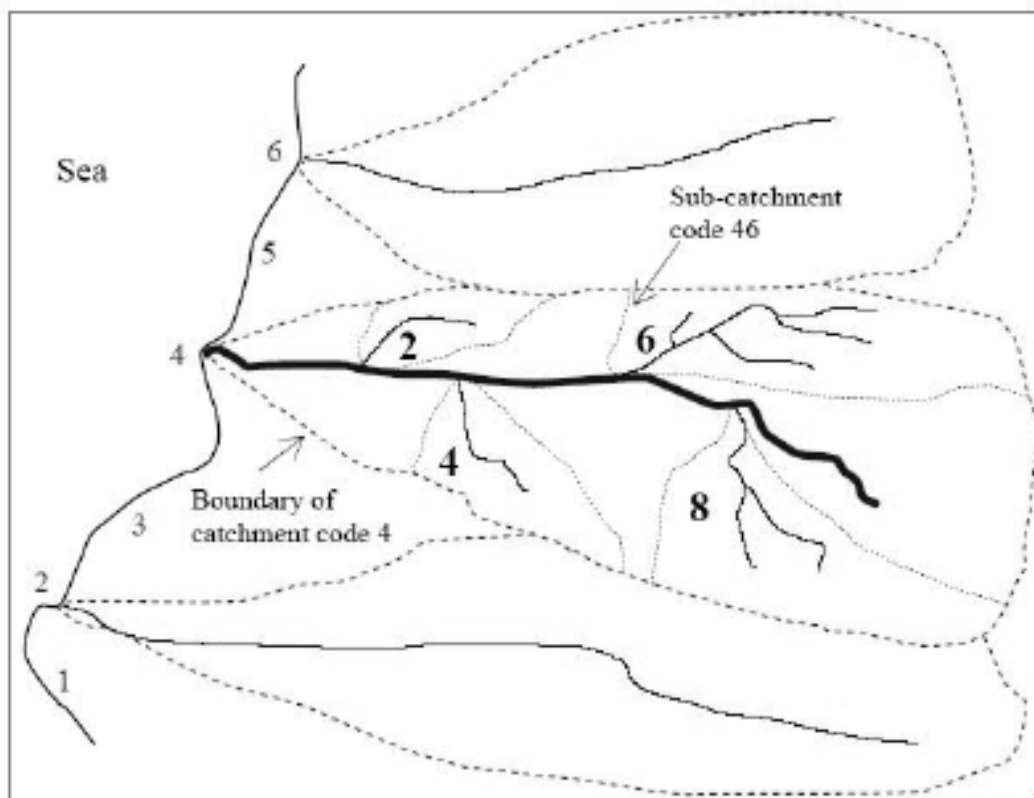


Рис.5. Приклад реалізації принципу кодування басейнів головних річок (англ. *catchments of main rivers*) та їхніх суббасейнів (англ. *sub-catchments*), застосований при проектуванні ГІС "Дунай" ([9, 6])

Під час **оцінки якості інформації**, що надходитиме до БД ГІС: а) визначається *походження вихідної інформації*, що обрана для створення БД ГІС, передусім за метаданими постачальників цієї інформації; б) тестуються

елементи якості зазначеної вихідної інформації, а саме її: *по-перше*, повнота, зважаючи на репрезентативність і вади щодо "завершеності"; *по-друге*, логічна узгодженість, що містить у собі концептуальну узгодженість, узгодженість предметної області, а також узгодженість топологічних характеристик і форматів даних; *по-третє*, абсолютна та відносна позиційна точність; *по-четверте*, тематична точність, яка відображає коректність класифікаційних побудов щодо інформації.

При визначенні норм постачання (обміну) даних і їхнього перетворення та синхронізації зважають, зокрема, на (детальніше аспект обміну даними розкрито далі щодо режиму та регламенту роботи ГІС): а) обумовлені *стандарти* (див. [1]) і *протоколи* (див. рис.2) постачання та обміну даними у ГІС, насамперед при застосуванні певних інформаційних мереж; б) необхідні способи та строки перетворення, коригування, у т.ч. *позиційної гармонізації, та уніфікації* різномірної вихідної інформації, що буде накопичена з різних джерел при формуванні БД ГІС; в) потрібні способи перетворення та коригування, у т.ч. *позиційної гармонізації, даних*, що будуть надходити при функціонуванні та розвитку БД ГІС (наприклад даних дистанційного зондування, ДДЗ, тощо) з урахуванням реальних інформаційних потоків вихідної інформації, у т.ч. у відповідних моніторингових системах і т.ін.; г) належну *синхронізацію* різних інформаційних рівнів ГІС (за наявності) та можливість перманентного нарощування об'ємів і коригування номенклатури та якості інформації БД ГІС при їхній модифікації тощо.

Обрахунки кількості потрібних даних та вартості створення БД ГІС як другорівневий підпроцес проектування цих баз спрямовано на: а) обчислення *уточненої кількості та номенклатури* потрібних для БД даних із визначених конкретних джерел їхнього отримання; б) відповідну результувальну оцінку *вартості формування* БД ГІС.

Увесь процес стратегічного проектування ГІС завершується створенням власне **стратегічного плану розробки ГІС** як кінцевого продукту, який: а) *об'єднує та узагальнює проміжні результувальні продукти* всіх розглянутих вище підпроцесів-складників (оцінки потреб у ГІС, її концептуального проектування та проектування БД ГІС); б) містить попередній *часовий графік* створення ГІС.

Примітка. Із змістом стратегічного плану розробки міжнародної ГІС "Дунай", досвід створення якої використовується для прикладів, можна детально ознайомитися у нашій праці [9].

Наступний **гіперпроцес системного проектування ГІС** є синергічним поєднанням двох процесів – проектування програмного та апаратного забезпечення ГІС.

Перший з них, **процес проектування програмного забезпечення (ПЗ) ГІС**, містить у собі, теж враховуючи створення відповідних продуктів, такі підпроцеси першого рівня, як: 1) розробка моделі потреб у прикладних програмах; 2) визначення конфігурації ПЗ і технічних вимог (умов) до модулів ПЗ; 3) формування архітектури ПЗ; 4) дослідницький огляд і вибір

існуючого готового програмного інструментарію, потрібного для функціонування ГІС; 5) визначення остаточного переліку та підходів до розробки програм, що мають бути адаптовані, змінені чи створені для ГІС; 6) розробка плану тестування ПЗ, що буде створене.

Розробка моделі потреб у прикладних програмах (див. [2]) має: а) спиратися на *модельне узагальнення* попередніх результатів, зокрема щодо об'єднання часткових уявлень щодо ГІС (див. вище); б) бути заснована на *спільному оперуванні* із загальною (узагальненою) моделлю даних ГІС (див. вище), зважаючи на т.зв. формулу Вірта ([2]): "програми = алгоритми + дані"; в) базуватися, як правило, на *слабко формалізованих методах моделювання* (найчастіше методі графів, див. [11]).

Визначення конфігурації програмного забезпечення та технічних вимог (умов), т.зв. специфікацій, до модулів ПЗ здійснюється з огляду на необхідність: а) створення остаточного *каталогу вхідних даних*, визначення *типів просторово-інформаційних (геоінформаційних) продуктів* ГІС і моделювання зв'язку між зазначеними типами та даними (див. приклади); б) ідентифікації *конфігурації ПЗ*, а саме всіх модулів цього забезпечення та операційної системи ГІС; в) задавання точних функцій (без визначення алгоритмів їхньої реалізації), форматів файлів, способів вилучення, поновлення та візуалізації даних, розмірів і т.ін., тобто *специфікацій кожного модуля ПЗ*.

Наприклад, для міжнародної ГІС "Дунай" було запропоновано: 1) каталог геоданих, фрагмент якого наведено у табл.1, де: а) geodata_id – ідентифікатор набору геоданих; б) geodata_set – скорочена назва такого набору; в) geodata_description – опис такого набору; д) max_scale – максимальне мірило відтворення; е) opt_scale – оптимальне мірило відтворення; є) min_scale – мінімальне мірило відтворення; ж) geodata_type – формат геоданих; з) geodata_def – тип просторового об'єкта; 2) перелік типів геоінформаційних продуктів ГІС "Дунай", наведений у табл.2; 3) модель зв'язку типів геоінформаційних продуктів і геоданих, проілюстрована на рис.6.

Таблиця 1. Фрагмент каталогу геоданих ГІС "Дунай" ([9])

geodata id	geodata set	geodata description	max scale	opt scale	min scale	geodata type	geodata def
1	State	State polygons	500000	1000000	5000000	shape	polygon
2	AdminBound	Administrative Boundaries	500000	1000000	5000000	shape	line
3	AdminEntit	Administrative Entities	500000	1000000	5000000	shape	polygon
4	Cities p	Cities	500000	1000000	5000000	shape	point
5	Cities a	Extensive cities (have to be presented as areas)	500000	1000000	5000000	shape	polygon
6	Settlement	Settlement Area	100000	500000	1000000	shape	polygon
7	RBD	River basin district Danube	500000	1000000	5000000	shape	polygon
8	Rivbasin	Riverbasins and Subbasins	500000	1000000	5000000	shape	polygon
9	Catchment	River catchments	100000	500000	1000000	shape	polygon
10	Compauth	Location of competent authorities for WFD in the DRBD	500000	1000000	5000000	shape	point
11	CWbody	Coastal Waters	500000	1000000	5000000	shape	polygon
12	GWbody	Groundwater Body	500000	1000000	5000000	shape	polygon

Таблиця 2. Типи геоінформаційних продуктів (ГІП) ГІС "Дунай" ([9])

Ідентифікатор ГІП	Назва ГІП	Опис ГІП
1	карта	готові карти у <i>PDF</i> -форматі
2	<i>web</i> -карта	карта, створена <i>web</i> -модулем ГІС для візуалізації на моніторі з варіантами експорту/друку
3	таблиця	інформаційна таблиця (з доступними зв'язками з географічними об'єктами)
4	запит	послідовність (набір) різних запитів, тип візуалізації яких є ситуаційним
5	статистика	статистичні таблиці даних

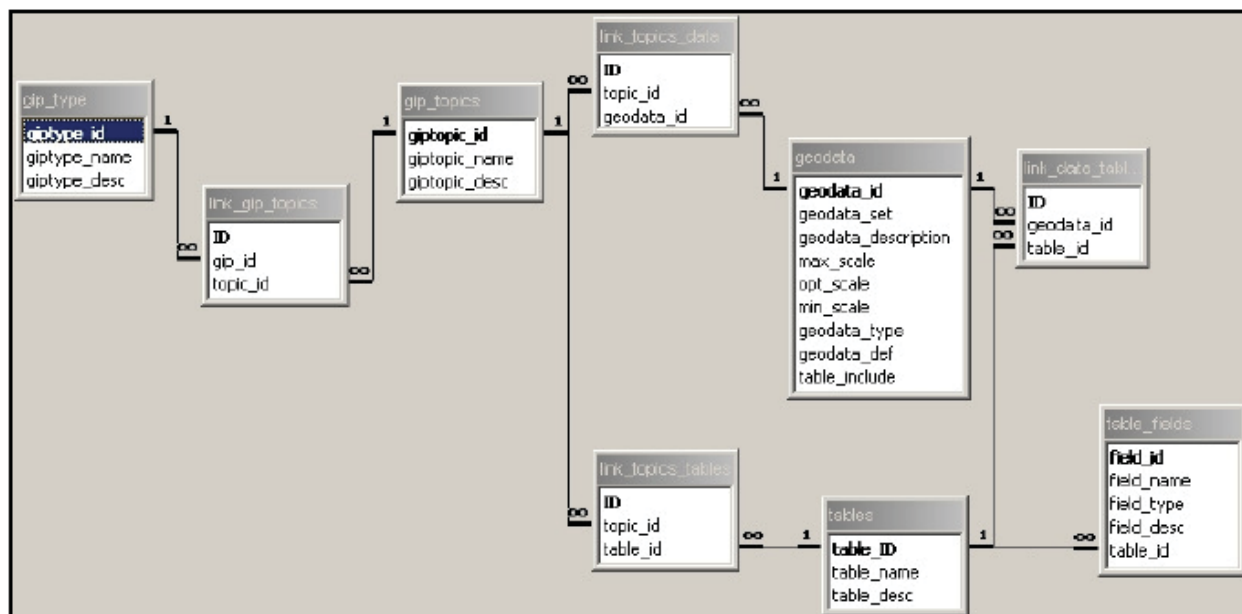


Рис.6. Модель зв'язку типів геоінформаційних продуктів і даних ГІС "Дунай" ([9])

Формування архітектури програмного забезпечення як першорівневий підпроцес проектування цього забезпечення містить: а) розробку алгоритмів, що задаються специфікаціями модулів, тобто *алгоритмів реалізації функцій* модулів ПЗ; б) наслідкове до попереднього формування *власне архітектури ПЗ*, враховуючи формулювання завдань на адаптацію або розробку кожного модуля ПЗ.

Дослідницький огляд і вибір існуючого готового програмного інструментарію, потрібного для функціонування ГІС, включає: а) аналіз *переваг і вад* існуючого системного і прикладного інструментарію, досвіду його застосування, "старіння" та модифікації інструментальних засобів, їхнього рівня актуальності та прогресивності і т.ін.; б) *оцінку джерел постачання* готового інструментарію, зважаючи на два типи таких джерел у світовій програмній індустрії, а саме джерела, зорієнтовані: *по-перше*, на комерційне готове програмне забезпечення ГІС; *по-друге*, на відкрите програмне забезпечення – безкоштовний ліцензійний інструментарій, в даному випадку ГІС, який містить вихідний опис цього інструментарію та не має обмежень на його використання, подальшу модифікацію та

розповсюдження з необхідністю лише збереження інформації щодо початкового авторства та змін, що вносяться; в) розрахунок *часу та витрат на інсталяцію* певного готового ГІС-інструментарію та навчання персоналу, що буде його застосовувати; г) проведення *оцінювальних випробувань* як порівняльного дослідження можливостей готового ПЗ для створення ГІС за різними варіантами та пропозиціями щодо його постачання; д) порівняння *загальних витрат* на закупівлю та/або отримання зазначеного інструментарію чи його окремих модулів за різними варіантами (джерелами) постачання (отримання); е) *вибір постачальників* інструментарію ГІС і шляхів його передачі, інсталяції і т.ін.

Примітки.

1.Інколи розробники комерційних програмних пакетів ГІС пропонують також *безкоштовні програмні інструменти, що доповнюють функціональні можливості* цих пакетів (див. [1]).

2.Існує також загальне поняття про т.зв. *випробувальну версію програми*, яку користувач може безкоштовно отримати для ознайомлювального користування на обумовлений розробником (власником) програми термін, після якого подальше використання програми є можливим лише на платній основі.

3.При виборі програмного інструментарію для ГІС враховується і вже наявний у розпорядженні замовника ГІС відповідний інструментарій, у т.ч. з можливістю його адаптації та/або модифікації до нових вимог щодо створення ГІС тощо (див. оцінку потреб у ГІС).

Визначення остаточного переліку та підходів до розробки прикладних програм, які мають бути адаптовані, змінені чи створені для ГІС проводиться з урахуванням: а) *уточнення результатів* попереднього визначення переліку прикладних програм (див. оцінку потреб у ГІС); б) необхідності використання *алгоритмічних мов* високого рівня, *методів структурного та об'єктно-орієнтованого програмування* тощо; в) *диференціації програмних засобів* для розробки зазначених програм ГІС на чотири категорії, а саме *програмні засоби*: у вигляді мов програмування, загального призначення, прямого програмування, а також різні комбінації цих засобів (див. детальніше [1]).

Розробка плану тестування програмного забезпечення ГІС, яке буде створене, базується на тому, що заздалегідь сформований, ще в процесі проектування, такий план має передбачати: а) *формування переліку більшості операцій і процедур*, які будуть у подальшому тестуватися за програмними модулями ПЗ ГІС; б) наявність *трьох етапів тестування* майбутнього ПЗ ГІС, а саме етапів: *першого* – автономного тестування, коли програмне середовище кожного програмного модуля імітується за допомогою програми управління тестуванням, яка містить фіктивні програми замість дійсних програм, що входять до складу цього модуля; *другого* – комплексного тестування, коли здійснюються випробування груп програмних модулів; *третього* – системного (оцінювального) тестування, коли випробовується програмне забезпечення ГІС у цілому.

Другим із складників гіперпроцесу системного проектування є **процес проектування апаратного забезпечення ГІС**. Його спрямовано, зрозуміло,

на ідентифікацію *апаратного забезпечення (АЗ) ГІС* як об'єкта проектування, і він містить підпроцеси, які дещо схожі за функціональним змістом до підпроцесів проектування ПЗ ГІС, але, а проте, відрізняються, за продуктами, що при цьому створюються. До таких першорівневих *підпроцесів проектування апаратного забезпечення ГІС* відносяться: 1) деталізація загальних потреб у АЗ ГІС; 2) визначення конфігурації АЗ ГІС і апаратних вимог до його функціональних частин; 3) формування архітектури АЗ ГІС; 4) дослідницький огляд і вибір необхідного існуючого АЗ; 5) урахування проблем встановлення та компоновки АЗ ГІС.

Деталізація загальних потреб у апаратному забезпеченні ГІС здійснюється, зважаючи насамперед на: а) *вже задані функції ГІС у цілому та її тип* (комбінацію типів) (див. [1]); б) попередньо визначену загальну *архітектуру ГІС*.

Визначення конфігурації АЗ ГІС і апаратних вимог до його функціональних частин виконується з огляду на потребу у: а) ідентифікації *складу всіх функціональних частин АЗ*, а саме основних, периферійних, у т.ч. для мережного поєднання, та додаткових; б) *типізації* зазначених функціональних частин; в) формулюванні відповідних *апаратних вимог* до кожного типу та різновиду функціональних складників АЗ, зокрема щодо оперативної та відео пам'яті, процесорів, жорстких дисків, конфігурації та продуктивності мережних засобів і т.ін.

При **формуванні архітектури АЗ ГІС** беруться до уваги *способи організації зв'язку*: а) всередині окремих функціональних частин АЗ і/або їхніх сукупностей (модулів) (інколи такі частини чи модулі поєднуються з т.зв. ярусами загальної конфігурації ГІС, див., наприклад, [9]); б) апаратного забезпечення ГІС у цілому.

Дослідницький огляд і вибір необхідного для ГІС існуючого АЗ містить у собі: а) аналіз *переваг і вад* необхідного для ГІС існуючого апаратного забезпечення; б) оцінку *джерел постачання* АЗ для ГІС, у т.ч. постачання вже готового чи спеціально скомплектованого постачальником такого забезпечення, а також можливостей і міри використання власного АЗ замовника ГІС; в) розрахунок *часу та витрат на встановлення* АЗ і навчання, за необхідності, персоналу, що буде його експлуатувати; г) *порівняння загальних витрат на закупівлю та встановлення* АЗ чи його окремих модулів *за різними варіантами* (джерелами) постачання (враховуючи і варіант часткового застосування власного АЗ замовника); д) *вибір постачальників* апаратного забезпечення для ГІС і способів його передачі і т.ін.

При **врахуванні проблем встановлення і компоновки АЗ ГІС** зважають на: а) *технологічні аспекти* цього встановлення та компоновки, у т.ч. тестування інсталюваного апаратного забезпечення у цілому або його складників; б) *організаційні аспекти* компоновки АЗ, у т.ч. пов'язані з мережним функціонуванням ГІС і т.ін.

Двома **кінцевими результувальними продуктами гіперпроцесу системного проектування ГІС**, який, поєднує процеси проектування

програмного та апаратного забезпечення, є: 1) остаточна конфігурація та архітектура ГІС у цілому; 2) способи системного захисту ГІС від несанкціонованого доступу до неї.

Подальший за схемою рис.1 **процес експлуатаційного проектування ГІС** формується підпроцесами, що забезпечують ідентифікацію та/або створення таких об'єктів проектування, як **режими** (плани) та **регламенти** (правила) **роботи (використання)** майбутньої ГІС. До таких підпроцесів, з відповідними їхній реалізації результативними документами, відноситься: 1) формулювання *остаточних сценаріїв* функціонування ГІС; 2) визначення *режимів і графіків роботи* складників апаратно-програмного комплексу ГІС; 3) розробка низки *керівництв, інструкцій, рекомендацій* і т.ін., які стосуються створення та введення в дію ГІС, технологічного використання її певних складників тощо; 4) визначення принципів і видів *організаційної та координаційної діяльності* при створенні та використанні ГІС і її інформаційного базису, а також *адміністрування та підтримки функціонування* ГІС у цілому (приклад – на рис.7); 5) ідентифікація *системи доступу* до ГІС та її баз даних з визначенням рівнів доступу і т.ін.; 6) розробка *регламенту постачання та обміну інформацією* при створенні та використанні ГІС (див. приклад регламенту у нашій праці [10]); 7) визначення способів і строків *навчання* різноманітного за складом *персоналу*, що експлуатуватиме ГІС; 8) врахування *можливих змін* у сценаріях, режимах і регламентах функціонування ГІС при її майбутньому розвитку; 9) врахування інших можливих аспектів експлуатаційного проектування ГІС.

Процес **завершального проектування ГІС** спрямований на створення необхідної **проектно-кошторисної документації** та ідентифікацію **розробника ГІС** як об'єктів проектування. Цей процес містить у собі такі підпроцеси, як (див. детальніше [13]): 1) *документальне оформлення власне проекту* ГІС як набору проектно-кошторисної документації для розробки та функціонування ГІС. Така документація зокрема включає: а) усю технічну та технологічну документацію щодо ключових складників майбутньої ГІС і їхніх елементів; б) остаточний план, графік і кошторис створення ГІС; в) завдання т.зв. пост-проектного етапу, тобто етапу після створення ГІС (з метою відстеження певних результатів реалізації проекту тощо); 2) проведення *експертизи та аудиту проекту* ГІС, а також, за необхідності, його погодження у певних інстанціях; 3) визначення **розробника ГІС** ("реалізатора" проекту). Під ним розуміється *одна чи декілька найчастіше юридичних осіб, що бере на себе відповідальність за реалізацію проекту ГІС на умовах, визначених договором підряду (контрактом) із власником проекту ГІС або уповноваженою ним особою*. У випадку наявності декількох розробників ГІС серед них може бути вирішено **генерального розробника**, що відповідає за координацію та здійснення усього процесу виконання проекту ГІС; 4) *здавання проекту* ГІС його замовнику.

Приклад загального планування реалізації проекту ГІС "Дунай" проілюстровано у табл.3.

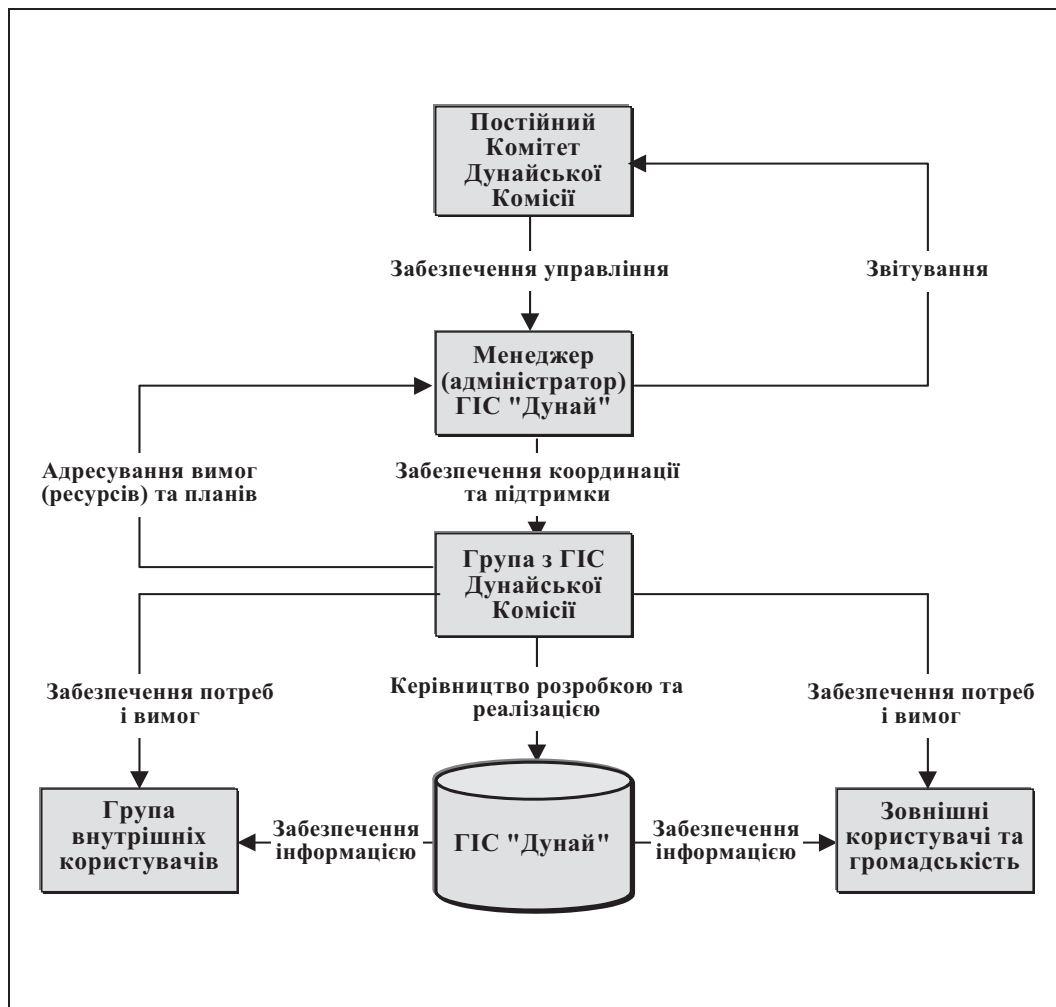


Рис.7. Схема координаційної діяльності при створенні та використанні ГІС "Дунай" (див. перший приклад і [9])

Таблиця 3. Часова послідовність реалізації проекту ГІС "Дунай"

Рівні	2004	2005-2006	2007-2009	2010-2012
Дунайської Комісії	Системні централізовані рішення та підготовка інфраструктури ГІС	Налагодження системи, імплементація стандартів	Підготовка до планування менеджменту басейну Дунаю, остаточна інтеграція всіх частин централізованої ГІС	Децентралізована обробка даних і взаємодія інформаційних мереж в режимі реального часу, довготермінове планування та реалізація менеджменту на басейновому рівні
Національ-ні	Підготовка національної інфраструктури ГІС	Налагодження взаємодії інформаційних мереж, перше введення даних у систему	Повна інтеграція національних вузлів у централізовану ГІС	Створення можливості ефективної взаємодії всіх інформаційних мереж

Висновки.

1. Обґрунтовано та розроблено загальну алгоритмічну схему проектування ГІС з розкриттям змісту та дефініцій всіх її складників, до яких передусім належать процеси установчого (ініціального) проектування,

стратегічного проектування, проектування програмного забезпечення, проектування апаратного забезпечення, експлуатаційного проектування та завершального проектування.

2. Наведено приклади, що ілюструють процеси-складники проектування ГІС з досвіду міжнародного гідроекологічного співробітництва, головним чином щодо міжнародного річкового басейну Дунаю.

3. Отримані результати можуть бути корисними як у цілому для методологічної оптимізації використання географічних інформаційних систем та удосконалення застосування геоінформаційних технологій, так і для розвитку міжнародного екологічного та гідроекологічного співробітництва.

Список літератури

1. *Самойленко В.М.* Геоінформаційні інформаційні системи та технології. / В.М.Самойленко – К. : Ніка-Центр, 2010. – 448 с.
2. *ДеМерс М.* Географические информационные системы. Основы : Пер. с англ. / Майкл ДеМерс. – М.: Дата+, 1999. – 491 с.
3. *Вендров А.М.* CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем: Электронн. ресурс / А.М.Вендров / Способ доступа: URL: <http://www.citforum.ru/database/case/index.shtml>.
4. *Коновалова Н.Е.* Введение в ГИС / Н.Е.Коновалова, Е.Г Капралов. – Петрозаводск : Изд. Петрозаводского ун-та, 1995. – 148 с.
5. *Линник В.Г.* Построение геоинформационных систем в физической географии. / В.Г.Линник – М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. – 80 с.
6. Draft Guidance on Implementing the GIS Elements of the WFD / Ел. ресурс: web-сайт www.icpdr.org.
7. *Самойленко В.М.* Обґрунтування тематичних блоків електронної бази даних екологічного стану басейну Дніпра як компонента ГІС / В.М.Самойленко // Картографія та вища школа. – 2003. – Вип.8. – С.77–85.
8. *Самойленко В.М.* Досвід створення баз та інформаційних систем гідроекологічних даних/ В.М. Самойленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2004. – Т.6. – С.200-208.
9. *Самойленко В.М.* Стратегія створення ГІС транскордонного басейну Дунаю / В.М.Самойленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2004. – Т. 6. – С. 20-31.
10. *Осадчий В.И.* Информационный менеджмент экологического оздоровления международного бассейна Днепра. / В.И. Осадчий, В.М. Самойленко, Ю.Б. Набиванец. – К.: Ника-Центр, 2004. – 152 с.
11. *Самойленко В.М.* Математичне моделювання в геоєкології. / В.М. Самойленко – К. : ВПЦ "Київський університет", 2003. – 199 с.
12. *Самойленко В.М.* Основы геоинформационных систем. Методология / В.М. Самойленко – К. : Ніка-Центр, 2003. – 276 с.
13. *Тян Р.Б.* Управление проектами. / Р.Б.Тян, Б.І.Холод, В.А.Ткаченко. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 224 с.
14. Посібник з екологічного менеджменту / Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. та ін. – К. : СИМВОЛ-Т, 1997. – 245 с.
15. СЕМайн: Система екологічного менеджменту, аудиту, інжинірингу та навчання. – К.: ФВД, 1997. – 23 с.
16. *Воловик О.М.* Проект "Цифровая Земля" / О.М.Воловик // Географія в інформаційному суспільстві : Зб. наук. праць у 4-х тт. – К. : ВГЛ "Обрії", 2008. – Т. IV. – С.58-60.
17. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.

Географічні інформаційні системи: проектування з прикладами з міжнародного гідроекологічного співробітництва

Самойленко В.М.

Розроблено загальну алгоритмічну схему проектування ГІС. Розкрито зміст та дефініції всіх складників схеми, а саме її суб'єктів, об'єктів і процесів. Результати

можуть бути використані для удосконалення застосування геоінформаційних технологій і розвитку міжнародного гідроекологічного співробітництва.

Ключові слова: географічна інформаційна система; проектування ГИС; алгоритмічна схема; міжнародне гідроекологічне співробітництво; ГИС "Дунай".

Географические информационные системы: проектирование с примерами из международного гидроэкологического сотрудничества

Самойленко В.Н.

Разработана общая алгоритмическая схема проектирования ГИС. Раскрыты содержание и дефиниции всех составляющих схемы, а именно ее субъектов, объектов и процессов. Результаты могут быть использованы для усовершенствования применения геоинформационных технологий и развития международного гидроэкологического сотрудничества.

Ключевые слова: географическая информационная система; проектирование ГИС; алгоритмическая схема; международное гидроэкологическое сотрудничество; ГИС "Дунай".

Geographic information systems: designing with examples from international hydro-environmental cooperation

Samoylenko V.M.

It was elaborated the algorithmic scheme of GIS designing. There were expanded all components of scheme, viz. her subjects, objects and processes. Results can be used for improvement of geo-information technologies' application and development of international hydro-environmental cooperation.

Keywords: geographic information system; GIS designing; algorithmic scheme; international hydro-environmental cooperation; GIS "Danube".

Надійшла до редколегії 13.12.10

УДК (581.526.3:608.32:574)(285.3)

Цапліна К.М., Лінчук М.І.

Інститут гідробіології НАН України, м.Київ

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ РІВНИННИХ ВОДОСХОВИЩ ЗА ВИЩОЮ ВОДЯНОЮ РОСЛИННІСТЮ

Ключові слова: вища водяна рослинність; водосховище; оцінка; якість води

Процес біологічної оцінки екологічного стану рівнинних водосховищ згідно з ВДР фактично являє собою класифікацію ділянок на основі порівняння отриманих у ході натурних досліджень біологічних показників з референційними (еталонними). Зокрема, для оцінки стану річок використовується зміни у складі та кількісному розвитку «макрофітів» разом з фітобентосом (Додаток У 1.2.1, Водна рамкова директива 2000).

Не зважаючи уваги на те, що судинні рослини є добрими індикаторами місць свого зростання [3,4], їх використовують у багатьох Європейських країнах в якості додаткового методу для оцінки екологічного стану водного

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1(22)