

ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ АТЛАС РІЧКОВО-БАСЕЙНОВОЇ СИСТЕМИ БИСТРИЦІ: КРОКИ ЗІ СТВОРЕННЯ, ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Андрій Ковальчук¹, Іван Ковальчук²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

Посилення антропогенного тиску на природне середовище басейнових систем в умовах глобальних змін клімату зумовлює масштабні зміни стану компонентів геосистем, погіршує якість водних, біотичних і земельних ресурсів, створює загрози для існування екосистем і людини. В цих умовах виникає необхідність створення нових інструментів управління природокористуванням й охороною природи. Показано, що цю роль може виконувати великомасштабний електронний геоecологічний атлас річково-басейнкової системи. Проаналізовано досвід атласного геоecологічного картографування річкових систем і їх басейнів. Обґрунтовано наукові засади створення комплексного геоecологічного атласу річково-басейнкової системи, запропоновано варіант його структури і тематичного наповнення, охарактеризовано інформаційну базу та програмне забезпечення, яке використовуватиметься при укладанні карт цього атласу. Створено цифрову модель рельєфу басейнкової системи річки Бистриця (правобережний доплив р. Дністер в межах Івано-Франківської області), на основі якої укладатиметься великомасштабний геоecологічний атлас. В ньому міститиметься понад 160 карт геоecологічної тематики, згрупованих у сім розділів. Карти атласу відображатимуть природні та антропогенні умови і чинники, що впливають на річково-басейнову систему, екологічний стан її компонентів і ландшафтних систем, ризики природокористування, загрози для суспільства і людини. Атлас дозволить здійснювати моніторинг екостанів і прогностичні оцінки масштабів розвитку трансформаційних змін у навколишньому середовищі та природокористуванні, обґрунтовувати оптимізаційні рекомендації.

Ключові слова: басейн річки, річково-басейнова система, геоecологічний атлас, геоінформаційні технології, тематичний зміст карт.

Актуальність теми. Річково-басейновими системами (РБС) називаємо природні чи природно-господарські утворення, підсистемами яких є річки різних рангів та їхні водозбори, які у свою чергу представлені поєднанням різнорангових природних чи природно-господарських геосистем [14]. Стан і функціонування водозбірної підсистеми тісно пов'язані зі станом і функціонуванням як водних підсистем – річок, що їх дреноують, ставків чи водосховищ, побудованих на річках, так і станом та функціонуванням ландшафтних систем водозбору. Зауважимо також, що річково-басейнові системи та їх компоненти є достатньо чутливими до господарських виливів та змін клімату. Водночас, їх екологічний стан залежить і від природних умов та чинників, які впливають на процеси, що відбуваються в РБС. У зв'язку з цим вважаємо, що при дослідженнях стану РБС, параметрів і механізмів їх функціонування, впливаючих чинників, а також при оцінюванні їх господарської, середовищеутворювальної ролі та природоохоронного значення важливим є застосування технологій геоінформаційного картографування.

Сьогодні вкрай необхідним є створення великомасштабних електронних комплексних геоекологічних атласів річково-басейнових систем. Зауважимо також, що дуже важливо, щоб такі атласи мали уніфіковану структуру і створювалися на базі єдиного геоінформаційного програмного забезпечення. Через це питання атласного електронного геоекологічного картографування РБС, оцінювання впливу природно-господарських умов річково-басейнової системи Бистриці на її геоекологічний стан є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загострення геоекологічних проблем в Україні, зумовлене як процесами трансформування суспільних та економічних відносин, так і глобальними змінами клімату, вимагає пошуку шляхів їх розв'язання. На наш погляд, важливу роль у вирішенні геоекологічних і соціоекологічних проблем може відіграти створення цільового інформаційно-аналітичного забезпечення розробки проектних природоохоронних рішень. Стосовно сфери водо-, лісо- і землекористування, то важливою складовою такого забезпечення виступають різномасштабні картографічні моделі. Вони відображають властивості рельєфу, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, кліматичних умов, інфраструктурного, фінансового, агротехнічного та іншого забезпечення агропромислового виробництва, а також екологічні проблеми, які супроводжують таку діяльність людини. В останні роки в Україні і зарубіжних країнах створено велику кількість екологічних карт різного масштабу і тематики [20;24;25], комплексних і тематичних електронних атласів [2; 9; 12; 9-12 та ін.], які широко використовуються у сфері екологічного моніторингу, управління природокористуванням, охорони природи, вирішення економічних та екологічних проблем. Разом з цим, у зв'язку з необхідністю переходу на басейнову концепцію природокористування та охорони природи, важливим є створення серій великомасштабних тематичних карт і комплексних електронних геоекологічних атласів річково-басейнових систем. Перші кроки в цьому напрямку зроблено [1; 4; 8; 26; 27], однак отримані атласи далекі від досконалості. Тому нами обґрунтована концепція великомасштабного електронного геоекологічного атласу [14; 16; 17], розроблена його тематична структура, підготовлена цифрова топооснова, розпочата робота над тематичними картами (на прикладі РБС Бистриці, Українські Карпати).

Інформаційне забезпечення процесу створення Атласу РБС. В його якості були використані: 1) матеріали польових обстежень стану РБС Бистриці; 2) фондові матеріали науково-дослідних, проектних інститутів, Держгеокадастру, Держводагенства, Держлісагенства України, ДНВП «Геоінформ України» геолого-розвідувальних експедицій, центральної Геофізичної обсерваторії України тощо; 3) дані Держкомстату України та Головних управлінь статистики в її областях; 4) дані ДЗЗ (знімки); 5) літературні та інші джерела.

В якості науково-методичної бази при створенні геоекологічного атласу РБС використовуються: 1) досвід тематичних досліджень і картографування річково-басейнових систем [1; 4; 8; 14; 16-19; 21; 22; 26-28; 30; 31 та ін.]; 2) створені недавно регіональні атласи екологічної тематики [2; 9-12 та ін.] та атласи басейнів річок [4; 8; 26]; 3) наукові підходи до тематичного картографування, обґрунтовані в Інституті географії НАН України, Київському, Львівському, Харківському, Таврійському, Східноєвропейському національних університетах, у НУБіП України, науково-дослідних і науково-виробничих

установах (ДНВП «Картографія», Інститут передових технологій, ТОВ «Мапа» та ін.) та за кордоном [3; 5; 6; 7; 11; 13; 19; 20; 21; 23-25; 28-30; 33; 34 та ін.]; 4) наявне ліцензоване програмне забезпечення (спеціалізовані пакети програм ESRI Arc GIS 9.0; 10.2 та їх відповідні модулі тощо).

Результати досліджень на їх обговорення.

1. *Аналіз існуючих підходів до картографування річково-басейнових систем.* Проблема геоecологічного картографування річкових і басейнових систем є достатньо новою. Як будь-яка нова справа, картографування РБС спочатку базувалося на результатах комплексних тематичних досліджень компонентів ландшафтів, властивих басейновій системі. Найчастіше картографувалася ґрунтовий та рослинний покрив, дещо рідше – геологічна будова (корінні і четвертинні відклади), розміщення поселень, угідь, промислових підприємств. В останні роки суттєва увага стала приділятися картографуванню рельєфу та його параметрів (крутизни, експозиції, форми та довжини схилів, горизонтального і вертикального розчленування поверхні), властивостей ґрунтового та рослинного покриву, четвертинних відкладів, поверхневих і ґрунтових вод та їхніх властивостей, дорожньо-транспортної мережі, параметрів земельних ресурсів (рівня сільськогосподарського освоєння, розораності тощо), поселенського навантаження, рівня забруднення компонентів навколишнього середовища, інших видів антропопресії на природне середовище, відображенню параметрів геоecологічного стану річкових та басейнових систем. Прикладами таких досліджень можуть слугувати роботи львівських географів – Ю.М. Андрейчука [1,15;16], О.І. Швець [16, 277], О.В.Пилипович [22], І.П. Ковальчука [14-18 та ін.], вчених з інших наукових центрів - наприклад, Т.С. Павловської, О.Г.Ободовського, В.М.Самойленка та ін. Ці праці базуються на використанні геоінформаційних технологій збору, опрацювання, узагальнення та візуалізації інформації про стан і властивості РБС на великомасштабних електронних картографічних моделях цих систем. Ми вважаємо, що цей підхід є досить перспективним, особливо у випадках, коли розмір РБС є невеликим (переважно коли досліджуються «малі річки»). Він може застосовуватися і у випадку досліджень великих річок. При цьому варто уважно поставитися до вибору масштабу картографічної основи (у випадку великих річок може бути дрібномасштабною чи середньомасштабною).

З урахуванням досвіду атласного картографування РБС, розмірковуючи над завданнями, необхідною інформацією, способами її отримання, аналізу, узагальнення та візуалізації, ми обґрунтували проект структури геоecологічного атласу РБС [14-17; 30; 31].

Наступний крок - аналіз існуючих підходів до картографування геоecологічного стану РБС та вибір найбільш підходящих з них для створення геоecологічного атласу РБС Бистриці. Виділяють такі *підходи*:

1) *гідрографо-гідрологічний.* Його сутність полягає у розгляді водних систем й утворень та їхнього геоecологічного стану як головного об'єкта картографування. Прикладом використання такого підходу може слугувати Гідрографічний атлас Німеччини [29], який містить велику кількість гідрологічних, гідрографічних та факторних карт, що відображають як будову гідрографічної мережі, так і водність річок, параметри стоку, якість поверхневих вод, кліматичні та інші природно-географічні і соціально-економічні умови та

інші фактори, що впливають на стан і функціонування гідрографічних об'єктів; 2) *геолого-геоморфологічний*. Його сутність трактують як спрямування досліджень на відображення геологічної будови, властивостей відкладів різного мінерального складу, їх властивостей і віку та морфології, генезису, віку, динаміки форм рельєфу басейнових геосистем, їхнього впливу на формування геоecологічних ситуацій і станів досліджуваних геопросторових об'єктів. Прикладом застосування цього підходу є серія карт геолого-геоморфологічної тематики в Національному атласі України [20]; 3) *ландшафтний*. Об'єктом оцінювання геоecологічного стану в цьому підході виступають різнорангові ландшафтні системи. Прикладом застосування цього підходу є карти ландшафтознавчої тематики в Національному атласі України та Екологічному атласі України [20; 11] і в екологічних атласах обласних регіонів [2; 9; 10; 12]; 4) *геоecологічний*. Його сутність в тому, що при оцінюванні геоecологічного стану того чи іншого територіального об'єкта вивчається геоecологічний стан компонентів навколишнього середовища, роль у його формуванні природних та антропогенних чинників, а в кінцевому результаті отримується інтегральний показник геоecологічної напруги різнорангових геосистем. Він частково застосовувався при створенні екологічного атласу басейну Дністра [4], йому присвячена серія публікацій Ю.М.Андрейчука [1], в т.ч. зі співавторами [16], І.П.Ковальчука зі співавторами [14; 16; 17], інших вчених.

На наш погляд, саме геоecологічний підхід найбільш підходить для його використання при створенні геоecологічного атласу річково-басейнової системи Бистриці.

2. Підготовка цифрової основи майбутнього геоecологічного атласу РБС.

Підготовка почалася з оцифрування топографічної карти М 1:100 000 на територію РБС Бистриці. Оцифрування виконувалося за допомогою вбудованого векторизатора ArcGis. Були створені SHP-файли відповідних типів (точкові, полілінії, полігони), в яких відображалися відповідні об'єкти (об'єкти гідрографії, рельєф (горизонталями), господарські споруди і комплекси, лісові масиви тощо). Після завершення цього етапу роботи було здійснене обтинання оцифрованої карти до меж РБС Бистриці за допомогою команди Selection>Select by Location та команди Intersect. Процес створення так званого template або «шаблону» надалі зводився до роботи зі створеними раніше SHP-файлами.

На ньому були присутні усі шари, з якими у подальшому здійснювалась робота. Це слугувало основою для майбутніх перетворень, створювало можливість визначити сумісність різних шарів, що є важливим для подальшої роботи зі створення блоків тематичних карт атласу РБС.

Одним з початкових етапів роботи було об'єднання шарів гідрографії. Складнощі пов'язані з відображенням в одному шарі об'єктів різного типу (точкові/лінійні/площинні). Відповідно, розширені ділянки головних річок басейну були віднесені до шару озер (через ідентичний площинний характер, для зручності роботи з SHP-файлами). Для вирішення цього завдання необхідно: 1) підготувати шар річок. Впевнитись в коректному розміщенні точок початку та в кінця об'єкта (це не завжди були витік та гирло, оскільки подібні точки часто створювались не тільки для повноцінних річок або приток, але й для ділянок річок між притоками). Для виправлення цієї неточності використовувався інструмент Flip (через контекстне меню); 2) розв'язати проблему ідентифікації

річок/каналів при роботі з гідрографічними об'єктами при геоекологічному картографуванні.

Виокремлення природних водотоків – проблема, ускладнена значним господарським впливом на русла річок, особливо поблизу населених пунктів. Без даних аерофото/спутникового знімання та польових досліджень виокремлення природного водотоку серед великої кількості штучних (наприклад, каналів) є значно ускладненим; врахування опосередкованих деталей є життєво важливим для прийняття правильного рішення. Як уже зазначалося вище, ідентифікація водотоків є важливим елементом побудови гідрологічно коректної ЦМР, тому повинна виконуватися із достатньо високою точністю. Враховуючи це, а також часто інтуїтивний характер вибору основного вектору потоку, особливо на ділянках з біфуркацією русла, часто прийняті рішення є суб'єктивними і незадовільними. Важливим кроком в цій ситуації є додаткове дослідження таких складних ділянок за допомогою програми SAS Planet. Прямолінійність русла річки не завжди свідчить про природний стан водотоку. Часто спрямлення відповідає штучному (відрегульованому) водотоку. Воно може вказувати на можливе проведення руслових інженерних робіт у минулому. Звідси випливає необхідність застосування порівняльно-географічного аналізу різночасових картографічних джерел при створенні геоекологічного атласу РБС. Результатом виконання цих робіт стало створення гідрологічно коректної моделі рельєфу і гідромережі (рис. 1).

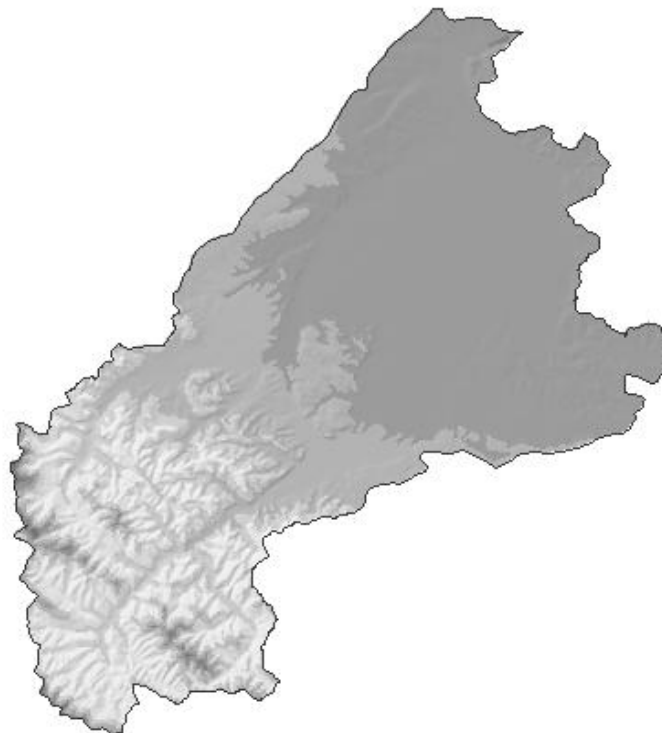


Рис.1 Цифрова модель рельєфу РБС Бистриці.

3. *Узгодження змісту, способів оформлення, систем умовних знаків до тематичних карт.* При укладанні атласу дуже важливим є узгодження змісту, способів оформлення, систем умовних знаків до тематичних карт. Для вирішення цього завдання пропонують [3; 6; 13; 21] враховувати наступні моменти: тематичний атлас завжди створюється як колективний твір, в розробці якого беруть участь фахівці за галузями знань і фахівці-картографи; координація роботи зі створення атласу здійснюється редакційними органами, сформованими із фахових представників зацікавлених організацій; етап проектування атласу передбачає, по можливості, повне моделювання його змісту і зовнішнього вигляду з урахуванням особливостей видання; чим складніший за змістом атлас, тим більше часу відводиться на етап його проектування; для узгодженого укладання карт атласу повинні бути виконані попередні картографічні роботи, спрямовані насамперед на підготовку робочих основ; укладальницькі роботи виконуються під керівництвом і при безпосередньому контролі редакторів (редактор атласу, редактор розділу, редактор карт); для кожної карти атласу заводиться окрема папка, в яку вкладаються джерела, авторські розробки, укладацькі оригінали та редакційні документи; для розробки змісту карт атласу доцільно дотримуватися певної послідовності робіт – загальної для атласу і всередині розділів. Графік робіт над темами повинен передбачати основні і часткові взаємозв'язки і взаємозалежності явищ. Така організація авторсько-укладацьких робіт полегшує узгодження їх змісту і використання однакових прийомів відображення об'єктів [3, с. 94].

При підготовці географічної основи атласу підбирається оптимальний набір елементів рельєфу та гідрографічних й інших елементів місцевості, який зберігається на усіх картах атласу [3, с. 15].

В атласі РБС обов'язковим елементом є річкова мережа, характерні особливості місцевості (заболоченість, елементи рельєфу тощо). Для річкової мережі встановлюються відповідні центри відбору (з урахуванням масштабу карт атласу, важливості річок тощо); більшість гідрографічних об'єктів підписується.

Відбір населених пунктів відбувається з урахуванням їх важливості, густоти, а також призначення атласу. Населені пункти підписуються з урахуванням їх розміру і статусу, а дорожня мережа повинна відображати зв'язок основних населених пунктів між собою.

Через те, що рельєф є дуже важливим компонентом ландшафту, який суттєво впливає на формування геоecологічної обстановки, в геоecологічних атласах він відображається способом горизонталей. При цьому встановлюється така шкала перерізу рельєфу, яка дозволяє відобразити деталі його будови і, водночас, не перевантажити карту.

Наступним кроком, одним з найбільш важливих за весь час роботи над створенням атласу річково-басейнової системи, було узгодження умовних позначень із вимогами банку геоінформаційних даних Укргеодезкартографії. Наявних по замовчуванню умовних позначень в ArcMap не вистачає, тому їх довелося розширити доступними в мережі Інтернет додатковими пакетами умовних позначень.

Далі було створено ЦМР (DEM) та карти щільності річкової мережі (Density/Fishnet), карти експозиції схилів (Aspect). Слід дещо детальніше описати обидва способи створення карт щільності в ArcGIS. Використовувався

інструмент Spatial Analysis Tools>Density та інструмент Fishnet (Data management tools>Clip). Зупинимось детальніше на останньому. Визначення щільності (векторний варіант) виконувалося інструментом Fishnet, при цьому обрізалися межі сітки (квадратно-гніздовий метод) узгоджено з площею досліджуваної території (Clip). Окрім цього, застосовувався інструмент Intersect, по аналогії з першим етапом робіт. Надалі виконувалася робота з таблицею атрибутів Attribute's table, яка полягала у визначенні геометрії шуканого об'єкта (calculate geometry) та записі знайдених даних у відповідні колонки таблиці, їх сумуванні (summarize) та виведенні на карту у вигляді шару. За допомогою цих інструментів був створений комплекс карт, які відображали параметри рельєфу (вертикальне розчленування, експозицію схилів, щільність гідрографічної мережі (вона відображена двома способами)), а також лісистість басейну та інші його властивості. Ці карти покладені в основу створюваного атласу РБС Бистриці. Розділені на серію блоків відповідно до їх тематики, вони висвітлюють ключові аспекти стану навколишнього середовища та динаміки і розвитку структурних елементів РБС Бистриці.

Методикою створення геоecологічного атласу РБС передбачено укладання як актуальних тематичних карт, так і карт, які відображають стан РБС на різних етапах освоєння його природи людиною. З цією метою була підготовлена електронна топографічна основа на басейн ріки Бистриця, яка відображає сучасну природно-господарську ситуацію у басейновій системі. Масштаб карти – 1:100000. Створена карта надалі використовувалася в якості основи для укладання серії тематичних карт РБС станом на 2000 і 2015 роки. Щодо тематичних карт, які відображають стан РБС Бистриці на різночасових зрізах (1855, 1925, 1955, 1975 pp.), то ми їх уклали на основі одномасштабних топографічних карт цих часових зрізів.

Крім того, у процесі роботи над укладанням карт для різних частин (блоків) атласу використовувалися також різночасові статистичні матеріали (форма 6-зем), архівні дані (матеріали Йосифінської і Францисканської метрик), космічні знімки LANDSAT, літературні джерела та матеріали власних польових досліджень. Ці дані оброблялися, інтерпретувалися та візуалізувалися з допомогою пакетів прикладних програм ArcGIS, PanaVue Image Assembler.

Послідовність укладання атласу РБС відображає таблиця.

4. Картографовані параметри геоecологічного стану РБС.

В атласі РБС передбачено відображення широкого спектру параметрів її геоecологічного стану. Вони характеризуватимуть властивості рельєфу, ґрунтового покриву, рослинного світу басейнової системи, поверхневих і підземних вод, видове різноманіття антропогенного навантаження на РБС, параметри кліматичних умов та чинників впливу на стан і функціонування річкової та басейнової підсистем, властивості схилового і річкового стоку, рівень його забруднення, забір води і скидання стоків та ін.

До інтегральних показників геоecологічного стану РБС відносимо: показники екологічного стану рельєфу; показники стану рельєфоутворювальних відкладів; показники стану поверхневих і підземних вод; показники, що відображають властивості ґрунтів і рослинного покриву; показники рівня забруднення атмосферного повітря; показники гідроморфологічної якості русел річок; показники екологічного стану інших об'єктів, розташованих на водозборі або у

Таблиця

Узагальнений алгоритм створення різночасових тематичних карт
 геоекологічного атласу РБС (укладено за даними різних авторів)

Етапи роботи над атласом РБС	Операції зі створення карт атласу РБС
Редакційно-підготовчі роботи	Оцінка картографічних матеріалів, розробка редакційних вказівок
Формалізація листів ретроспективних карт	Сканування листів, створення растрових покриттів за параметрами вихідної картографічної проекції, векторизація елементів змісту (EasyTrace)
Створення ретроспективних об'єктних шарів	Експорт векторних шарів в середовище ArcGIS, склейка об'єктних шарів, редагування шарів, створення топології
Геометрична корекція ретроспективних об'єктних шарів	Проектування сучасної топооснови за параметрами вихідної картографічної проекції, створення мережі реєстраційних точок, координатна трансформація ретроспективних шарів по мережі реєстраційних точок, оцінка точності перетворення, редагування шарів за допомогою алгоритму «гумовий лист», оновлення топології ретроспективних шарів
Наповнення таблиць атрибутів ретроспективних шарів	Розробка системи класифікації та кодування об'єктів природокористування, введення атрибутивних даних по шарах
Створення об'єктних шарів геоекологічного стану РБС та динаміки природокористування	Суміщення ретроспективних і сучасних векторних шарів по необхідних часових зрізах, усунення часткових полігонів, оновлення топології, редагування таблиць атрибутів
Геоінформаційне картографування геоекологічного стану РБС і динаміки природокористування	Створення ГІС-проекту, укладання карт геоекологічного стану РБС, динаміки природокористування, просторова оцінка динаміки, рангування території за показниками динаміки

<p>Геоінформаційне моделювання геоecологічного стану РБС і динаміки природокористування</p>	<p>Просторове моделювання геоecологічного стану РБС, динаміки природокористування (геометричне, проєкційне, масштабне, мережевий аналіз, буферизація), субстанційне моделювання (математичне, семіотичне), моделювання за допомогою запитів</p>
<p>Візуалізація результатів атласного картографування</p>	<p>Інвентаризаційні карти геоecологічного стану РБС і динаміки природокористування, синтетичні карти взаємозв'язків та динаміки об'єктів природокористування, аналітичні карти, синтетичні зонування і районування території у взаємозв'язку з екологічними наслідками динаміки природокористування, прогностичні карти сценаріїв розвитку природокористування; системи запитів стосовно геоecологічного стану РБС і динаміки природокористування, графічні і табличні матеріали</p>

долинах та руслах річок; інтегральні показники гостроти геоecологічної ситуації у різних частинах РБС (оцінки природних і техногенних ризиків, напруги медико-географічної, геоecологічної та соціально-економічної ситуації) тощо .

5. Обґрунтування структури геоecологічного атласу РБС.

На наш погляд, структура геоecологічного атласу має відобразити найсуттєвіші характеристики, риси, властивості, умови, чинники, що впливають на геоecологічний стан РБС, параметри геоecологічного стану як басейну, так і річкової системи. З урахуванням цих обставин, а також базуючись на аналізі досвіду створення екологічних атласів річок Дністра, Південного Бугу, Прута, ми обґрунтували наступну структуру геоecологічного атласу РБС Бистриці [16]:

Вступ

Розділ I. Фізико-географічне та адміністративно-територіальне положення басейну.

- 1.1. Басейн на фізичній карті (регіону, України);
- 1.2. Басейн на карті адміністративно-територіального устрою;
- 1.3. Басейн на космічному знімку (регіону, України).

Розділ II. Природні умови та господарська діяльність у річково-басейновій системі як чинники формування її геоecологічного стану.

A. Геолого-геоморфологічні і гідрографічні умови.

II.1. Рельєф РБС, його властивості:

- 2.4. Цифрова модель рельєфу водозбору;
- 2.5. Висотні ступені РБС (заплава, тераси, схили, межиріччя);
- 2.6. Субводозбори і річкові системи різних рангів;

- 2.7. Типізація субводозборів;
- 2.8. Середня висота субводозборів;
- 2.9. Крутизна схилів;
- 2.10. Середній похил субводозборів;
- 2.11. Середній похил русел річок різних рангів;
- 2.12. Експозиція схилів;
- 2.13. Вертикальне розчленування рельєфу;
- 2.14. Горизонтальне розчленування поверхні басейну.
- II.2. Геологічна будова РБС:*
- 2.15. Корінні відклади;
- 2.16. Плейстоценові відклади;
- 2.17. Протиерозійна стійкість рельєфоутворювальних відкладів.
- II.3. Тектонічна будова РБС:*
- 2.18. Площинні та лінійні елементи тектонічної будови;
- 2.19. Тектонічні рухи;
- 2.20. Неотектонічні рухи.
- II.4. Гідрогеологічна будова:*
- 2.21. Басейни підземних вод;
- 2.22. Глибина залягання горизонтів підземних вод;
- 2.23. Джерела, їх розташування, дебіт;
- 2.24. Модуль підземного стоку.
- II.5. Геоморфологічна будова РБС:*
- 2.25. Геоморфологічна карта;
- 2.26. Карта сучасних геоморфологічних процесів;
- 2.27. Схема геоморфологічного районування.
- II.6. Поверхневі води РБС:*
- 2.28. Гідрографічна мережа басейну;
- 2.29. Структура флювіальної мережі;
- 2.30. Густина річкової мережі;
- 2.31. Звивистість річок водозбору;
- 2.32. Природні та штучні водойми РБС;
- 2.33. Болота, заболочені і підтоплені землі.
- 2.34. Коефіцієнт заболочення субводозборів.
- Б. Біотичні умови і чинники.**
- II.7. Рослинний покрив РБС:*
- 2.35. Розміщення лісів;
- 2.36. Лісистість басейнів;
- 2.37. Проективне покриття рослинністю поверхні субводозборів;
- 2.38. Розміщення луків, пасовищ;
- 2.39. Розміщення культурного рослинного покриву;
- 2.40. Місця зростання рідкісних та зникаючих видів рослин.
- II.8. Ґрунтовий покрив та його властивості:*
- 2.41. Структура ґрунтового покриву;
- 2.42. Гранулометричний склад ґрунтів;
- 2.43. Вміст гумусу;
- 2.44. Вміст NPK;
- 2.45. Протиерозійна стійкість ґрунтів;

- 2.46. Фільтраційна здатність ґрунтів.
- II.9. Тваринний світ РБС:*
- 2.47. Видовий склад, поширення і чисельність ссавців;
- 2.48. Видовий склад, поширення і чисельність птахів;
- 2.49. Видовий склад, поширення і чисельність риб.
- II.10. Ландшафтні системи річкового басейну:*
- 2.50. Ландшафтні комплекси;
- 2.51. Рівень антропогенного перетворення ландшафтів;
- 2.52. Ландшафтне районування.
- V. Господарські чинники впливу на геоекологічний стан РБС:***
- II.11. Сільськогосподарське освоєння РБС:*
- 2.53. Частка сільськогосподарських угідь у РБС;
- 2.51. Частка ріллі у басейновій системі;
- 2.54. Структура посівів (посівних площ).
- II.12. Промислове навантаження на РБС:*
- 2.55. Частка земель під промисловими об'єктами;
- 2.56. Структура й обсяги промислового виробництва;
- 2.57. Обсяги промислових відходів, викидів і скидів забруднень.
- II.13. Поселенське навантаження:*
- 2.58. Розміщення поселень різних типів;
- 2.59. Густина населення;
- 2.60. Густина поселень;
- 2.61. Частка площі, зайнята поселеннями (урбонавантаження).
- II.14. Транспортне навантаження на РБС:*
- 2.62. Транспортна мережа, її видова структура;
- 2.63. Густина доріг, магістралей (автомобільних, залізничних, ін);
- 2.64. Викиди забруднюючих речовин рухомих транспортом.
- II.15. Водогосподарське навантаження:*
- 2.65. Частка осушуваних земель;
- 2.66. Частка зрошуваних земель;
- 2.67. Розташування гідротехнічних об'єктів (берегоукріплень, дамб, гребель, шлюзів, каналів, водосховищ, водозаборів тощо).
- II.16. Лісогосподарська діяльність:*
- 2.68. Вирубка лісів;
- 2.69. Розміщення лісогосподарських комплексів і підприємств;
- 2.70. Структура, обсяги виробництва лісогосподарської продукції;
- 2.71. Створення лісонасаджень (лісовідновлювальна діяльність).
- II.17. Рекреаційна діяльність:*
- 2.72. Види та об'єкти рекреації;
- 2.73. Кількість рекреантів (рекреаційне навантаження, наслідки);
- 2.74. Скиди і викиди забруднюючих речовин об'єктами рекреації;
- II.18. Природоохоронна діяльність:*
- 2.75. Розташування природоохоронних об'єктів (екомережа);
- 2.76. Рівень заповідності суббасейнів;
- 2.77. Водо- і ґрунтозахисні заходи;
- 2.78. Процесорегулювальні заходи і споруди.

Розділ III. Кліматичні умови як визначальний чинник геоекологічного стану РБС.

III.19. Температура повітря і ґрунту;

- 3.79. Температура повітря і ґрунту в січні (макс., мін., сер.);
- 3.80. Температура повітря і ґрунту у липні;
- 3.81. Середньорічна температура повітря і ґрунту;
- 3.82. Сума активних температур;
- 3.83. Екстремальні температури (мах, мін.) повітря і ґрунту;

III.20. Опади:

- 3.84. Опади холодного періоду (XI-III);
- 3.85. Опади теплого періоду (IV-X);
- 3.86. Середньорічні суми опадів;
- 3.87. Екстремальні опади та ін. явища (мм/добу, мм/хв. та ін.).

III.21. Вологість повітря, випаровування:

- 3.88. Вологість повітря (сер., макс., мін.);
- 3.89. Потенційне випаровування з поверхні суші;
- 3.90. Потенційне випаровування з водної поверхні.

III.22. Вітри:

- 3.91. Розподіл вітрів за напрямками;
- 3.92. Швидкість вітрів, їх повторюваність.
- 3.93. Буревії, їх поширення, швидкість.

Розділ IV. Водні ресурси РБС.

IV.1. Стан водних ресурсів:

- 4.94. Запаси водних ресурсів у РБС (водний баланс);
- 4.95. Внутрішньорічний розподіл стоку за багаторічний період;
- 4.96. Середній багаторічний стік (шар стоку, витрата води);
- 4.97. Максимальний стік весняного водопілля;
- 4.98. Максимальний дощовий стік;
- 4.99. Мінімальний середньомісячний стік зимового періоду;
- 4.100. Мінімальний середньомісячний стік літнього періоду;
- 4.101. Каламутність води періоду водопілля;
- 4.102. Каламутність води періоду паводків;
- 4.103. Каламутність води періоду межені.
- 4.104. Температура води середньомісячна липня;
- 4.105. Температура води максимальна зареєстрована;
- 4.106. Терміни льодоставу і скресання річки.
- 4.107. Мінералізація води середньорічна;
- 4.108. Мінералізація води теплого і холодного періодів;
- 4.109. Мінералізація води весняного водопілля;
- 4.110. Мінералізація води паводків;
- 4.111. Мінералізація води меженого періоду.

IV.2. Використання водних ресурсів:

- 4.112. Зарегулювання стоку річок ставками, водосховищами;
- 4.113. Площа водної поверхні (ставків, водосховищ);
- 4.114. Повний та корисний об'єм ставків і водосховищ;
- 4.115. Забір води з поверхневих та підземних джерел;
- 4.116. Скидання стічних вод;

- 4.117. Осушувальні та зрошувальні системи і канали;
- 4.118. Транспортне використання річок;
- 4.119. Рекреаційне використання водних ресурсів;
- 4.120. Інтегральне оцінювання господарського використання водних об'єктів.

Розділ V. Геоекологічний стан РБС.

V.1. Мережа моніторингу геоекологічного стану РБС:

- 5.121. Мережа станцій, пунктів і постів геоекологічного моніторингу.

V.2. Геоекологічний стан компонентів та об'єктів природного середовища:

- 5.122. Геоекологічний стан рельєфу;
- 5.123. Геоекологічний стан рельєфоутворювальних відкладів;
- 5.124. Геоекологічний стан поверхневих вод;
- 5.125. Геоекологічний стан ґрунтових (підземних) вод;
- 5.126. Геоекологічний стан ґрунтів;
- 5.127. Геоекологічний стан рослинного покриву;
- 5.128. Рівень забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами;
- 5.129. Рівень забруднення атмосферного повітря рухомими джерелами.
- 5.130. Рівень шумового навантаження у міських і сільських поселеннях;
- 5.131. Гідроморфологічна якість річкових русел;
- 5.132. Наявність і стан протиповеневих та водоохоронних об'єктів;
- 5.133. Стан природно-заповідних об'єктів, екомережі

V.3. Геоекологічно небезпечні об'єкти і процеси в РБС:

- 5.134. Геоекологічно небезпечні об'єкти в РБС;
- 5.135. Геоекологічно небезпечні процеси.

V.4. Інтегральна оцінка геоекологічної ситуації в РБС:

- 5.136. Медико-географічна ситуація у РБС;
- 5.137. Природно-техногенні ризики у РБС;
- 5.138. Інтегральна оцінка геоекологічного стану РБС.

Розділ VI. Прогнозні оцінки змін геоекологічного стану РБС.

VI.1. Прогнози змін умов і процесів у РБС:

- 6.139. Прогнози змін температури повітря;
- 6.140. Прогнози змін опадів;
- 6.141. Прогнози змін випаровування;
- 6.142. Прогнози змін стоку води;
- 6.143. Прогнози розвитку екстремальних процесів (засух, паводків);
- 6.144. Прогнози змін запасів водних ресурсів;
- 6.145. Прогнози змін стану ґрунтів і землекористування.

VI.2. Прогнози змін геоекологічного стану, соціально-економічних та медико-географічних умов у РБС:

- 6.146. Прогнози змін геоекологічного стану компонентів РБС (водної, ґрунтової, атмосферної, біотичної її складових);
- 6.147. Прогнози змін соціально-економічної обстановки;
- 6.148. Прогнози змін умов проживання населення та медико-географічної ситуації.

Розділ VII. Управління станом РБС та оптимізаційні заходи.

VII.1. Інфраструктура управління РБС:

- 7.149. Структура управління станом РБС і природокористуванням в ній.

VII.2. Заходи з оптимізації природокористування:

- 7.150. Заходи з оптимізації стану і використання водних ресурсів;
- 7.151. Заходи зі зниження ризиків затоплення і підтоплення поселень, угідь і комунікацій;
- 7.152. Заходи, спрямовані на захист ґрунтів від деградаційних процесів і на відтворення їх родючості;
- 7.153. Заходи з оптимізації транспортного навантаження і стану доріг;
- 7.154. Заходи, спрямовані на захист повітряного басейну;
- 7.155. Заходи, спрямовані на збереження біорізноманіття;
- 7.156. Лісовідновлювальні заходи;
- 7.157. Заходи з оптимізації використання мінерально-сировинних ресурсів;
- 7.158. Процесорегульовальні заходи.

VII.3. Заходи з оптимізації умов проживання населення:

- 7.158. Заходи з поліпшення соціоекономічної ситуації;
- 7.159. Заходи з поліпшення геоекологічної ситуації;
- 7.160. Заходи з оптимізації медико-географічної ситуації;
- 7.161. Заходи з оптимізації стану природно-заповідного фонду;
- 7.162. Еколого-виховні заходи.

Алфавітний покажчик.

Предметний покажчик.

Використані джерела інформації.

Як видно з наведено вище Змісту, у нашій моделі структури геоекологічного атласу виокремлено 7 розділів. В них зроблено акценти на: 1) відображенні особливостей географічного розташування РБС (розділ I); 2) визначенні ролі природних та господарських чинників у формуванні геоекологічного стану річково-басейнової системи (розділ II); 3) оцінюванні впливу клімату на стан і функціонування РБС (розділ III); 4) характеристики стану і використання водних ресурсів (розділ IV); 5) визначенні параметрів геоекологічного стану РБС та її складових (розділ V); 6) прогнозних оцінках трансформаційних процесів, які відбуватимуться в басейні під впливом природних та антропогенних чинників і глобальних змін клімату (розділ VI); обґрунтуванні управлінських природоохоронних та оптимізаційно-господарських заходів (розділ VII). Щоб відобразити цю інформацію про стан річково-басейнової системи, в ньому міститиметься 163 карти різної тематики. Зазначимо, що основні карти супроводжуватимуться пояснювальним текстом, довідковою інформацією у вигляді таблиць, графіків, фотографій, карт-врізок та ін.

На першому етапі роботи над створенням геоекологічного атласу РБС були укладені карти, які відображають наступні параметри РБС Бистриці: вертикальне і горизонтальне розчленування рельєфу, крутизна схилів, щільність гідрографічної мережі, розміщення і щільність шляхів сполучення, розміщення поселень і селитебне навантаження, розміщення лісів і лісистість, кліматичні умови (кількість опадів, їх сезонний розподіл, температура повітря, її сезонні показники; атмосферний тиск, вологість повітря, вітри); параметри гідрологічного режиму (шар стоку, модуль стоку - їх середні багаторічні та сезонні показники, екстремуми).

В подальшій розробці атласу цей список планується розширювати згідно з наведеним вище змістом атласу.

Висновки. 1. Охарактеризовано актуальність створення геоекологічного атласу річково-басейнової системи. 2. Проаналізовано існуючі підходи до картографування річкових і басейнових систем, зокрема, гідрографо-гідрологічний, геолого-геоморфологічний, ландшафтний та геоекологічний. 3. Охарактеризовано сутність геоінформаційних технологій та їхню роль в укладанні тематичних карт геоекологічного атласу річково-басейнової системи. 4. Висвітлена методика створення геоекологічного атласу РБС. Вона відображає як підготовку електронної великомасштабної основи майбутніх тематичних карт атласу, так і послідовність укладання серій карт різних блоків атласу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Андрейчук Ю.М.* Геоінформаційне моделювання стану басейнових систем (на прикладі притоки Дністра – річки Коропець): [автореф. дис. канд. геогр. наук] / Ю.М.Андрейчук. – Л., 2012. – 20 с.
2. Атлас Автономна республіка Крим. – К.: ЗАО «Інститут передових технологій», 2003.–76с.
3. Атласная картография: Учебное пособие/Т.Г. Сваткова. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 203с.
4. Бассейн реки Днестр. Экологический атлас. – Кишинев, 2012. - 59 с.
5. *Бондаренко Е.Л.* Геоінформаційне еколого-географічне картографування / Е.Л. Бондаренко. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – 272с.
6. Географическое картографирование: карты природы: учебное пособие / Под. Ред. Е.А. Божиной. – М.: КДУ, 2010. – 316с.: табл, ил.
7. *Даценко Л.М.* Навчальна картографія в умовах інформатизації суспільства: теорія і практика [Текст] : монографія / Л. М. Даценко ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. - К. : Картографія, 2011. - 209 с.
8. Екологічний атлас басейну річки Південний Буг» . – Вінниця, 2009. – 20 с.
9. Екологічний атлас Дніпропетровської області / Науковий керівник Л.І. Зеленська. – Київ – Дніпропетровськ: «Мапа ЛТД», 1995. – 24 с.
10. Екологічний атлас Львівщини /За ред. Б.М. Матолича. – Львів, 2007. – 68 с.
11. Екологічний атлас України. – К.: «Центр екологічної освіти та інформації», 2009. – 104 с.
12. Екологічний атлас Харківської області. Друге видання, перероблене / Гол. ред. Гриценко А.В. – Харків: МОНОАП – Майдан, 2005. – 80 с.
13. Золовский А.П. Картографические исследования проблем охраны природы / А.П.Золовский, Е.Е.Маркова, Г.О.Пархоменко. – Киев: Наукова думка, 1978. – 129 с.
14. *Ковальчук І.П.* Геоінформаційне атласне картографування річково-басейнових систем І.П.Ковальчук, А.І.Ковальчук // Геополитика и экзогеодинамика регионов. Научный журнал. Том 10. Выпуск 1. - Симферополь, 2014. - С. 63 - 67.
15. *Ковальчук І.П.* Інформаційне і програмне забезпечення створення атласу земельних ресурсів адміністративного району / І.П. Ковальчук, Ю.М. Андрейчук, Є.А. Іванов. – Часопис картографії: Збірник наукових праць. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – Вип. 1. – С. 88.

16. *Ковальчук І.П.* Картографічне моделювання гідроекологічних проблем річково-басейнових систем. / І.Ковальчук, О.Швець, Ю.Андрейчук // Сучасні досягнення геодезичної науки: Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – Львів: Вид-во Львівської Політехніки, 2012. – Вип. 1 (23). – С. 220 – 226.
17. *Ковальчук І.П.* Концепція створення геоекологічних атласів на басейнові системи / І.П.Ковальчук, А.І.Ковальчук / Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. - Тернопіль: СМП «Тайп». - № 1. (випуск 34). - 2013. - С. 181-185.
18. *Ковальчук І.П.* Перспективи укладання атласу водних ресурсів (водного балансу) регіону Західної України та його структура / І.П.Ковальчук // Часопис картографії. Збірник наукових праць. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2012. – Вип. 5. – С. 36 – 45.
19. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. / Руденко Л.Г., Разов В.П. та ін. – К.: Символ – Т, 1998. – 48 с.
20. Національний атлас України [Карті] / Нац. акад. наук України; гол. редкол. Б.Є.Патон; відп. ред. Л.М.Веклич; наук. ред. П.Ю. Гриценко; ред. І.О.Європіна та ін. - К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 440 с.
21. *Пересадько В.А.* Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи : Монографія / В.А.Пересадько. – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2009. – 242 с.
22. *Пилипович О.В.* Басейнова система як об'єкт геоекологічного аналізу. [Стаття] / О.В. Пилипович // Стан, проблеми і перспективи природничої географії: Матеріали круглого столу, присвяченого 60-річчю зав. кафедри конструктивної географії та картографії, професора В.М. Петліна. – Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – С. 60-63.
23. *Приседько В.Л.* Практикум з картографії та галузевого картографування. Навчально-методичний посібник. – К.: Фітосоціоцентр, 2011. – 96 с.
24. Руденко Л.Г. Картографические исследования природопользования / Л.Г.Руденко, Г.О.Пархоменко, А.М.Молочко и др. – Киев: Наук. думка, 1991. – 212 с.
25. *Руденко Л.Г.* Эколого-географическое картографирование территории (опыт работ, обоснование структуры и содержание атласа) / Л.Г.Руденко, А.И. Бочковская, И.А.Горленко, Г.О.Пархоменко, Л.Н. Шевченко. – Киев, 1992 – 32 с.
26. *Соловей Т.* Атлас поверхневих вод басейну Прута (в межах України) / Т.Соловей, Т. Грущинський, К. Юзвяк. – Кам'янець-Подільський : ПП Мошинський В.С., 2009. – 21 с.
27. *Швець О.І.* Моделювання впливу господарської діяльності на навколишнє середовище басейну річки Бережниця (правобережжя Дністра): [дис. канд. геогр. наук] / О.І.Швець. – Л., 2013. – 239 с.
28. Atlas de l'eau du bassin de la Volta = Water atlas of the Volta basin / Jacques Lemoalle 1, * D. De Condappa 1 (2009). Електронний ресурс. Режим доступу: <http://hal.ird.fr/ird00505116/> <http://r4d.dfid.gov.uk/Output/185508/>; <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/17153>
29. BMU (2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland, Freiburg, ISBN: 3- 00-

- 005624-6.
30. Geoenvironmental Mapping - Methods, Theory and Practice. Edited by P.T. Bobrowsky, 2001. A.A. Balkema Publishers, P.O. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, The Netherlands; 725 pages, hardback.
 31. Handbook-Water-Balance Atlas. [http://tu.dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/meteorologie/forschung/projekte/projekt_wtz/Handbook-Water Balance Atlas. pdf.](http://tu.dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/meteorologie/forschung/projekte/projekt_wtz/Handbook-Water_Balance_Atlas.pdf)
 32. *Kovalchuk I.* Complex geoenvironmental atlas of a basin system: concept, structure, implementation, thematic filling / I. Kovalchuk, A. Kovalchuk/ Earth bioresources and life quality. No 5. NULES of Ukraine – Kyiv, 2013. P. 261-267.
 33. *Kovalchuk I., Ivanov E., Andreychuk Y.* Geoecological mapping and modeling of the different functional naturally-economic systems. Współczesne trendy w metodyce kartograficznej: XXXII Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna: Abstrakty wystąpień (Nałęczów, 19 – 21 września 2007 roku). – Lublin - Nałęczów, 2007. — S. 37 – 38.
 34. Mystic River Environmental Atlas (2008 – 2015), produced with the [Metropolitan Area Planning Council \(MAPC\)](http://mysticriver.org/atlas-maps/). Електронний ресурс. Режим доступу: <http://mysticriver.org/atlas-maps/>.
 35. NREL River atlas (2015). Електронний ресурс. Режим доступу: http://maps.nrel.gov/river_atlas.
 36. Planning atlas of Mekong River Basin (2011). Електронний ресурс. Режим доступу:
 37. Zambezi River Basin: Atlas of the Changing Environment. Cambodia – Lao PDR – Thailand – Viet Nam. – 2011. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/basin-reports/BDP-Atlas-Final-2011.pdf>

GEOENVIRONMENTAL ATLAS OF BYSTRYTSYA RIVER-BASIN SYSTEM: STEPS TO ESTABLISH, RESULTS

A. Kovalchuk¹, I. Kovalchuk²

¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

²*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Increased anthropogenic pressure on the natural environment of basin systems in terms of global climate change causes large-scale changes in the state of geosystems components, leads to deterioration in the quality of water, land and biotic resources, and poses a threat to the very existence of ecosystems and man. These circumstances naturally lead to a need to create new instruments of environmental management and conservation. The article proves that this role can be fulfilled by large-scale digital geoenvironmental atlas of river-basin system. The experience of atlas geoenvironmental mapping of the river systems and their basins was analyzed and scientific approaches to the creation of complex geoenvironmental atlas of basin-river system was substantiated. The article suggests the variant of its structure and thematic content, characterizes the information base and the software that will be used to create maps of this atlas. A digital elevation model of river Bystrytsya (right-bank tributary of the river Dniester within the Ivano-Frankivsk region) basin system was created, on the basis of which a

large-scale geoenvironmental atlas will be created. It will contain more than 160 maps on various geoenvironmental topics, grouped into seven sections. Maps of the atlas reflects the natural and anthropogenic conditions and factors affecting the river system and its basin, the environmental state of its components and systems landscape, wildlife management risks, threats to society and the individual. The Atlas will serve as usefull tool in environmental monitoring and prediction of scale of transformational changes in the environment and nature, and to justify optimization recommendations.

Key words: river basin, river-basin system, geoenvironmental atlas, geoinformation technologies, the thematic content of maps.