

УДК 631.63:556.5:528.852

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАСЕЙНУ РІЧКИ ГОРИНЬ ЗА ДАНИМИ РАДАРНОЇ ЗЙОМКИ SRTM ЗАСОБАМИ ARCGIS

А.С. БОНДАР *

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Розглянуто питання просторового моделювання території річкового басейну Горині. Наводиться детальний алгоритм геомоделювання даного басейну засобами ArcGIS за даними супутникової радарної зйомки SRTM (1 arc-second). Побудовано ряд моделей, які характеризують рельєф і річковий стік у межах басейну р. Горинь.

Ключові слова: ГІС/ДЗЗ, річковий басейн, цифрова модель рельєфу, гідрографічне моделювання

Постановка питання. Інформація про форму земної поверхні може використовуватись у різних галузях економіки, наприклад: будівництві, екології, водному господарстві. Дана інформація має важливе значення для розуміння принципів руху води на поверхні, а також впливу господарської діяльності на зміни водності річок у тому чи іншому районі [1].

У даному випадку в якості вихідних даних для геоінформаційного моделювання використовуються цифрові моделі рельєфу Shuttle radar topographic mission (SRTM) – радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за виключенням самих північних та південних широт, а також океанів. SRTM має свої характеристики (табл. 1) та призначена для наукового використання у поєднанні із ГІС технологіями або іншими спеціальними програмними продуктами.

Уперше дана зйомка була виконана протягом 11 діб у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи – двома радіолокаційними сенсорами SIR-C та X-SAR, якими було зібрано більш як 12 терабайтів даних.

Спочатку планувалося поширення даних (Level 2) із максимальною роздільною здатністю 30 метрів (1 arc-second), але у зв'язку з тодішніми подіями і загрозою тероризму було прийнято рішення поширювати генералізовані дані (Level 1) із роздільною здатністю 90 метрів (3 arc-second) на всю відзняту територію, крім території США, на яку дані поширюються із максимальним розрізненням. На деякі території США (загальною площею 50 000 км²)

зйомка взагалі не проводилася, що мабуть також пов'язано із питаннями національної безпеки. Але 24 вересня 2014 р. почався випуск цифрових моделей рельєфу SRTM із розширенням 30 метрів (1 arc-second). Обробка даної інформації триває дотепер та доступна користувачам [2, 3].

Розділення території на басейни річок одна з найбільш типових операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях. Річкові басейни можуть виступати у якості основної територіальної одиниці при районуванні територій, оцінки рівня антропогенного навантаження, інтенсивності ерозійних процесів тощо. Оскільки річковий басейн – це природно-господарська система, або екосистема у природних і штучних одиницях, тому застосування басейнового підходу географічно і екологічно обґрунтовано [4, 5].

Для якісного опису і числового моделювання гідрологічних систем нині розроблено велику кількість підходів і відповідних математичних моделей. Проте, вказані підходи не мають універсального характеру і орієнтовані на моделювання конкретних річкових водозборів або ж окремих процесів, які формують річковий стік [6].

Результати досліджень. Основною метою виконання даного дослідження є апробація методики геоінформаційного моделювання річкового басейну за даними супутникових радарних знімків для визначення ступеня кількісного виснаження водних ресурсів річок різних природо-кліматичних зон під впливом господарської діяльності в сучасних

1. Основні характеристики SRTM

Проекція – географічна
Горизонтальні датуми – WGS 84
Вертикальні датуми – EGM96 (гравітаційна модель Землі 1996) еліпсоїд
Вертикальні одиниці – метри
Просторове розрізнення – 1 arc-second (30 метрів) 3 arc-second (90 метрів)
Розмір растру – одноступенева плитка
Довжина хвилі – 5,6 см

* під науковим керівництвом канд. техн. наук, с.н.с. Шевчука С.А.

умовах при гідрологічних розрахунках норми природного річкового стоку для водогосподарського проектування.

В якості об'єкта моделювання обрано басейн р. Горинь від витіку до гідрологічного поста Дубровиця (площа басейну $F_{\text{бас}} = 12\,000\text{ км}^2$).



витік р. Горинь

За основними кількісними критеріями р. Горинь відноситься до середніх річок і є однією з найбільших правих приток р. Прип'ять. Річка Горинь починається з Кременецьких висот (N49°53'19.40» E25°29'17.20»), протікає північною околицею Волино-Подільської височини та Поліською низовиною. Впадає у р. Прип'ять із правого берега на 412 км від її гирла, за 14 км нижче м. Давид-Городок (Білорусь). Басейн Горині межує на заході з басейном Стиру, на сході з басейнами Уборти і Ствиги, на півдні – із басейном Дністра. Приблизно 1/6 площі водозбору займають лісові масиви.

В адміністративному відношенні р. Горинь знаходиться в межах двох країн: Білорусь – 80 км та Україна – 639 км. На території України протікає

Тернопільською, Хмельницькою та Рівненською областями.

За допомогою програмних забезпечень Google Earth та ArcGIS було виконано ряд операцій щодо уточнення гідрографічних характеристик басейну Горині (табл. 2), а саме: довжини річки, падіння річки, коефіцієнтів звивистості річки, площі суббасейнів.

Як було відмічено, вихідними матеріалами для моделювання річкового басейну є цифрова модель рельєфу території р. Горинь. Растрова модель містить достатній об'єм інформації для визначення загальної структури мережі річкового стоку і водозбірної області. При цьому, точність даних, отриманих із моделі рельєфу в результаті її обробки за допомогою гідрографічного аналізу, залежить від якості та просторового розрізнення вихідної моделі.

Моделювання гідрологічних характеристик басейну р. Горинь виконувалось засобами програмного забезпечення ArcGIS за допомогою інструмента Hydrology, модуля Spatial Analyst [7].

На першому етапі були побудовані базові морфометричні моделі, що характеризують рельєф території басейну. Гіпсометрична карта відображає висотні відмітки земної поверхні (рис. 1).

За результатами висотного аналізу було встановлено, що абсолютно максимальна точка для даного басейну – 459 м БС, відповідно мінімальна – 120 м БС. Далі растр висот був поступово оброблений функціями гідрологічного моделювання.

У загальному вигляді алгоритм визначення водозбірної території включає такі кроки (рис. 2):

1. Заповнюються пониження рельєфу місцевості. Для виконання цього використовується функція «Fill», за допомогою якої виконується корекція растра (рис. 3, а).

2. Визначається напрям річкового стоку, тобто ідентифікуються комірки, в які буде направлено стік. Для виконання використовується функція «FlowDirection» (рис. 3, б).

2. Основні морфометричні характеристики басейну р. Горинь

Відстані, км		Падіння, м/км	
витік – пост Ямпіль	72 (71)	витік – п. Ямпіль	1,48
витік – п. Оженин	240 (223)	витік – п. Оженин	0,67
витік – п. Деражне	421 (379)	витік – п. Деражне	0,44
витік – п. Дубровиця	594 (542)	витік – п. Дубровиця	0,35
витік – гирло	719 (659)	витік – гирло	0,30 (0,33)
Коефіцієнт звивистості		Площі, км ²	
витік – п. Ямпіль	1,31	до поста Ямпіль	1411 (1400)
витік – п. Оженин	2,49	до поста Оженин	5937 (5860)
витік – п. Деражне	3,66	до поста Деражне	9246 (9160)
витік – п. Дубровиця	2,96		
витік – гирло	2,57	до поста Дубровиця	11917 (12000)

Примітка: курсивом наведено уточнені характеристики, у дужках – офіційні із довідників

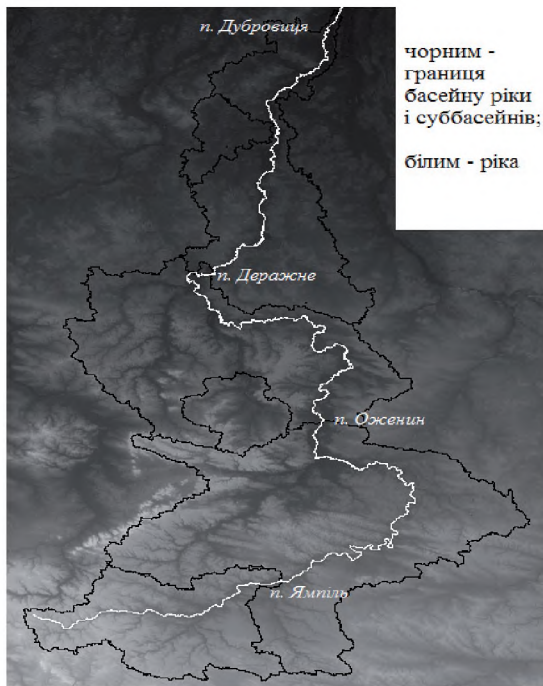


Рис. 1. Гіпсометрична карта басейну р. Горинь

3. Виконується побудова растра акумулятивного стоку в кожному комірку, тобто акумулятивний стік оснований на кількості комірок, із яких здійснюється стік у кожен конкретну комірку у вихідному растрі. Використовується функція «FlowAccumulation» (рис. 3, в).

4. Ідентифікуються комірки водотоку, тобто виділяються комірки зі значеннями акумулятивного стоку вище заданого. Для виконання використовується функція «Conditional» (набір інструментів – Умови), яка визначає коректність значень комірок вхідних даних і комплексного контролю вихідних даних (рис. 3, г).

5. Визначаються водотоки-ланки – сегменти каналу потоків, які зв'язують два поступових вузла – вузол і точку виходу або вузол і точку водо-

розділу. Для виконання використовується функція «SteamLink» (рис. 3, д).

6. Присвоюється порядок кожній ланці мережі річкового стоку, в якій кожен водотік є ланкою мережі та класифікується за присвоєним порядком, який залежить від взаємозв'язку водотоків. Для виконання використовується функція «SteamOrder» (рис. 3, е).

7. Виконується побудова растра, який містить контури усіх водозбірних площ. Використовується функція «Watershed» (рис. 3, є).

У результаті виконаного розрахунку за наведеним алгоритмом побудовано водозбірні басейни різного порядку для кожного елементу гідрологічної мережі на основі цифрової моделі рельєфу досліджуваної місцевості.

Для кращого відображення роботи програмного розрахунку на рис. 3 наведено окрему ділянку басейну р. Горинь – від витoku до першого гідрологічного поста Ямпіль.

Висновки. Сучасні цифрові моделі рельєфу SRTM дають змогу більш точно і якісно виконувати комплекс гідрологічних і морфометричних розрахунків, як у даному випадку – уточнено основні морфометричні характеристики басейну р. Горинь. Необхідність застосування даних цифрових моделей рельєфу також обумовлена оновленням бази даних водного кадастру. Досі у довідниках, що використовуються для водогосподарських розрахунків, наведені дані, які отримані на основі карт із масштабом 1:100 000, в той час як на основі SRTM можна будувати карти із масштабами від 1:10 000 до 1:25 000.

Наявна картографічна база і методичний апарат моделювання дозволять здійснювати побудову карт комплексних морфометричних показників, базисних і остаточних поверхонь, а також інших параметрів рельєфу. Застосування геоінформаційних технологій у водному господарстві має перспективу при проведенні пошукових і проектних робіт та складанні планів управління річковими басейнами.

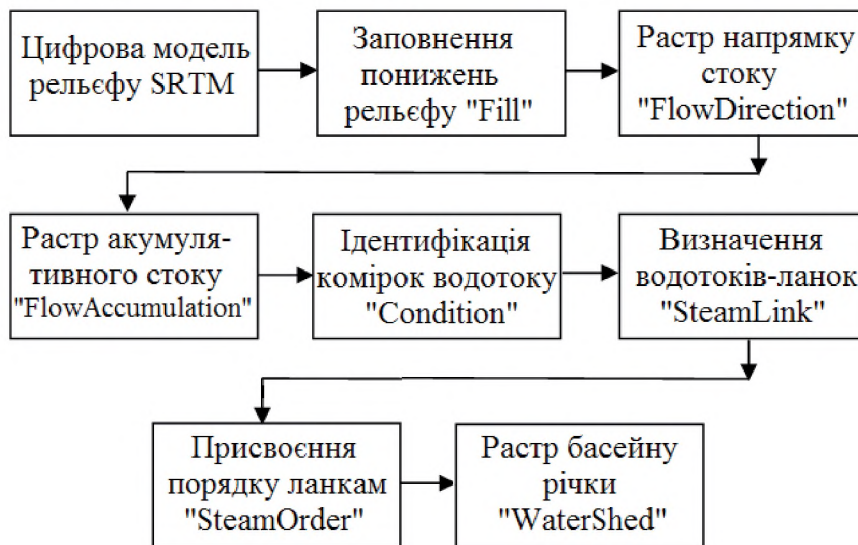


Рис. 2. Алгоритм визначення водозбірної площі басейну р. Горинь

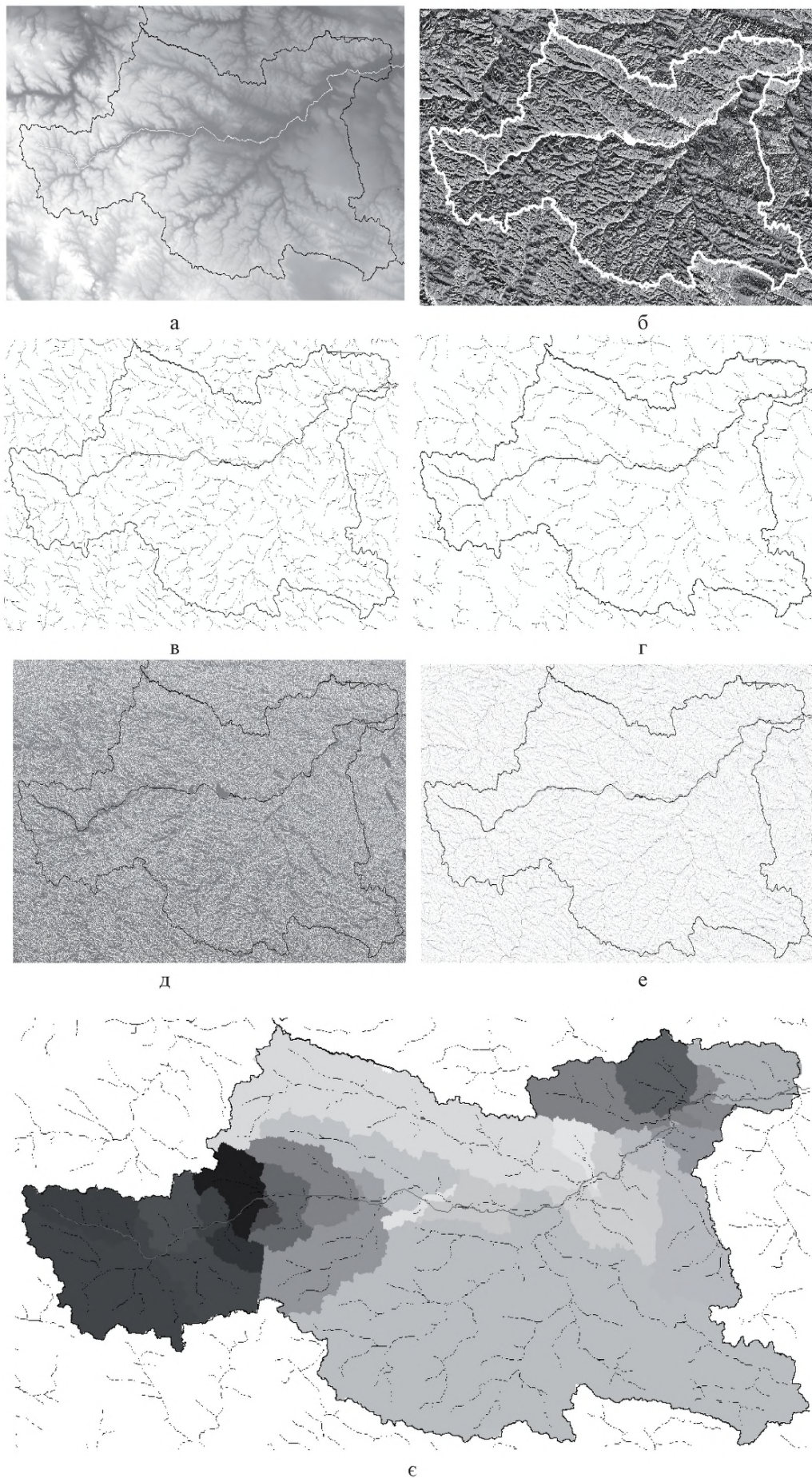


Рис. 3. Покрокове моделювання басейну р. Горинь (витік – п. Ямпіль)

Бібліографія

1. Бондар А. Є. Моделювання річкових водозборів для оцінки використання водних ресурсів / А. Є. Бондар, С. А. Шевчук // Актуальні проблеми гідрогеології: матеріали II наукової конференції. – Харків: ХНУ ім. Каразіна. 2015. – С. 10 - 11.
2. <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>
3. Шевчук С. А. Перевірка висотної відповідності даних дистанційного зондування землі топографічним картам для проведення гідрологічних та гідрогеологічних розрахунків / С. А. Шевчук, С. М. Ворошинов, О. М. Нестеренко // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. 2013. Вип. 28. – С. 552 - 560.
4. Погорелов А. В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований / А. В. Погорелов // Тебердинский государственный заповедник. – Кисловодск, 2007. Вып. 45. – 200 с.
5. Maidment D. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information System. – California: Redlands. – 2000. – 232 p.
6. Шевчук С. А. Уточнення гідрографічних характеристик річок з використанням методів ДЗЗ / С. А. Шевчук, В. І. Вишневський, П. О. Бабій // Вісник геодезії і картографії. – 2014. № 5. – С. 29 - 32.
7. Павлова А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съёмки SRTM (на примере р. Терешки) / А. Н. Павлова // Известия Саратовского государственного университета. – 2009. Т.9. – С. 39 - 44.

А.Е. Бондар**Геоинформационное моделирование бассейна реки Горынь по данным радарных снимков SRTM средствами ArcGIS**

Рассмотрены вопросы пространственного моделирования территории речного бассейна Горыни. Приводятся подробные алгоритмы геомоделирования данного бассейна средствами ArcGIS по данным спутниковых радарных снимков SRTM (1 arc-second). Построен ряд моделей, характеризующих рельеф и речной сток в пределах бассейна р. Горынь.

А.Е. Bondar**Geoinformation modeling of Goryn river basin according to data of SRTM radar shooting by means of ArcGIS**

The article deals with the questions of the spatial modeling of Goryn river basin. Provided detailed algorithms geomodeling of this basin by means of ArcGIS according to satellite radar images SRTM (1 arc-second). It has been constructed a number of models that characterize the relief and river flow within the Goryn river basin.