

УДК 556.51+004.9

С. В. Костріков, К. Ю. Сегіда

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна



ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛЕНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В статті подається методологічний підхід щодо розподіленого гідрологічного моделювання через ГІС-засоби. Обговорюються загальні особливості гідрологічного моделювання в середовищі геоінформаційного програмного забезпечення. Розглядаються два типи розподілених моделей, які використовуються для відтворення гідрологічного компоненту середовища водозбірних басейнів. Подаються окремі ключові принципи розподіленого моделювання через геопросторові дані. У авторському програмному забезпеченні наводиться структура програмного інтерфейсу для обох моделей. В загальному вигляді визначаються перспективи створення гідрологічної інформаційної системи.

Ключові слова: розподілена гідрологічна модель, гідрологічний режим водозборів, водозбірний басейн, геоінформаційний підхід, повінь та паводок, руслові витрати, програмний інтерфейс гідрологічної моделі.

S. Kostrikov, K. Segida

GIS-APPROACH TO THE DISTRIBUTED HYDROLOGIC MODELING

The paper represents a research approach towards the distributed hydrologic modeling. Some fundamental peculiarities of the hydrological modeling within the GIS-environment have been discussed. Two key kinds of the distributed models have been examined as well as some fundamentals of hydrological modeling through geospatial data. Authors' original software represents the interface structure for both models outlined in the paper. The hydrologic information system creation has been defined in the general view.

Key words: a distributed hydrological model, watershed hydrology, watershed, GIS-approach, spring and summer floods, channel discharge, hydrologic model software interface.

С. В. Костриков, Е. Ю. Сегіда

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСПРЕДЕЛЕННОМУ ГИДРОЛОГИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

В статье представлен методологический подход, описывающий распределенное гидрологическое моделирование через средства ГИС. Обсуждаются общие особенности гидрологического моделирования в среде геоинформационного программного обеспечения. Рассматриваются два типа распределенных моделей, которые используются для моделирования гидрологического компонента природной среды водосборных бассейнов. Представлены и рассмотрены отдельные ключевые принципы распределенного моделирования с помощью геопространственных данных. В авторском программном обеспечении приводится структура программного интерфейса обеих моделей. В общем виде определяются перспективы создания гидрологической информационной системы.

Ключевые слова: распределенная гидрологическая модель, гидрологический режим водосборов, водосборный бассейн, геоинформационный подход, наводнение и паводок, русловые расходы, программный интерфейс гидрологической модели.

Вступ. Гідрологічні об'єкти суші із зрозумілих причин притягують пильну увагу протягом всієї сорокатишорічної історії людства. У Середні Віки люди вірили, що вода чудодійним чином рухається до земної поверхні із центру Землі. З часом була відкрита циркуляція води між різними геосферами, і зроблені перші спроби її кількісної оцінки. Так, ще у сімнадцятому сторіччі Едмонд Халлей (Edmond Halley — *англ.*) розрахував та склав загальні обсяги води у річках, що впадають до Середземного моря та визначив, що вони приблизно дорівнюють обсягам рідких та твердих опадів на територіях басейнів цих річок. Приблизно в цей самий час, французький дослідник Клод Перро (Claude Perrault — *англ.*) визначав руслові рідкі витрати у верхів'ях р. Сена і встановив, що вони складають лише шосту частину від усіх опадів на території її басейну. Він обґрунтовано припускав, що втрати пояснюються випаровуванням з території басейну й поверхні річки та інфільтрацією в ґрунт. Лише ці два короткі приклади доводять існування великої змістовної історії

впровадження кількісно-формалізованих засобів оцінки факторів формування водних ресурсів. У теперішній час такі засоби досягають певного апогею своєї досконалості у вигляді *геоінформаційних платформ та модулів ГІС-моделювання*. Сам зміст і набір чинників, які визначають сучасні багатогранні проблеми водних ресурсів, апріорі роблять *географічну інформаційну систему* (ГІС) потужним засобом відповідного сегменту природоохоронного та водоресурсного менеджменту.

Нами раніше вже доводилося, що гідрологічне моделювання режиму яружно-балкових і річкових водозборів може бути значно полегшено через ГІС-засоби, однак лише за умови їх адекватного застосування [1-3]. У першу чергу має йтися про обробку первинних даних, інтерпретацію результатів роботи модулів моделювання, заключну візуалізацію отриманої територіальної структури розподілу особливостей гідрологічного режиму. Графічний інтерфейс користувача відповідного програмного забезпечення ГІС має надавати фахівцю-гідрологу

обмежений, однак логічний доступ до усіх функціональних можливостей даного програмного забезпечення, тобто дозволити такому фахівцю бути сконцентрованим саме на впровадженні стандартних або оригінально сконструйованих гідрологічних моделей, а не на застосуванні наявних ГІС-засобів взагалі.

Мета цієї статті — подання і обговорення геоінформаційного методологічного підходу щодо моделювання в предметній галузі гідрології суші. Похідною впровадження цього підходу має бути створення спеціалізованого програмного забезпечення для розподіленого гідрологічного моделювання та гідрологічної інформаційної системи, яка б органічно поєднувала геопросторові та часові гідрологічні дані рядів довгострокових спостережень для ефективного просторового аналізу водних ресурсів.

Сучасний прогрес в галузі апаратного та програмного забезпечення і зростаюча доступність відповідних даних зробили можливим досить точний опис практично всіх характеристик водозбірних басейнів при моделюванні відгуку останнього на такі екстремальні метеорологічні явища як весняна повінь низькопроцентного ступеня забезпеченості або літній дощовий паводок. Застосування двоконпонентної сукупності "*просторові дані + програмне забезпечення*", тобто фактичне застосування геоінформаційної системи, вирішує задачу моделювання несприятливих природно-антропогенних процесів і явищ у межах водозбірних басейнів.

Рух води крізь водозбірний басейн здійснюється через поверхневий стік, рух у насичених та ненасичених ґрунтах та течію вниз по руслах річок та балок. Русловий стік переважним чином є функцією трьох наступних факторів: наявного обсягу води, величини схилу та показника шорсткості підстиляючої поверхні. Геоінформаційні моделі, які будуть обиратися для відтворення гідрологічного компонента довкілля водозборів мають, на нашу думку, у першу чергу прогнозувати: 1) регулярні витрати води у руслах та пікові витрати від весняних повеней та літніх дощових паводків; 2) глибини в зонах затоплення від повеней та паводків; 3) здатність руслового потоку до розмиву підстиляючої поверхні; 4) транспортуючу здатність руслового потоку щодо твердого матеріалу.

Таким чином, серед вхідних параметрів вказаних моделей повинні бути: 1) шорсткість підстиляючої поверхні та гідравлічний показник відносного опору потоку; 2) фізичний показник кількості руху води; 3) показник градієнта схилів по території водозбору; 4) глибини постійних і тимчасових русел; 5) характеристики ґрунтів. Ці вхідні модельні параметри описують процес, який доцільно визначати як *гідролого-геоморфологічний* [4]. Відповідно, у зв'язку з проблемами дослідження екстремальних гідрологічних явищ на водозборах та через гостру потребу переходу до проектування протиерозійних заходів шляхом комп'ютерного моделювання гідро-

лого-геоморфологічного процесу за цифровими моделями рельєфу, виникає потреба у створенні алгоритмів і програм, котрі б забезпечували відтворення й апаратну симуляцію гідролого-геоморфологічного процесу.

Деякі загальні особливості гідрологічного моделювання через ГІС-засоби. У загальному випадку будь-яка гідрологічна модель може подаватися в середовищі ГІС або через кодування на певній мові програмування, або у вигляді електронної таблиці форматів відомих баз даних, офісних додатків та іншого спеціалізованого програмного забезпечення. Електронні таблиці із наборами гідрологічних даних достатньо широко використовувалися у перших ГІС-додатках переважно *регіональних* гідрологічних моделей [5]. Сучасні гідрологічні додатки, що розроблені під найбільш поширену у світі ГІС-платформу *ArcGIS* — наприклад, програмне забезпечення *ArcHydro* — значно полегшують роботу із електронними таблицями, оскільки персональна база геоданих (ПБГД) цього програмного забезпечення міститься у файлі *MS Access*. А оскільки офісні додатки зрозумілим чином підтримують зв'язок між *MS Access* та *MS Excel*, то користувач має змогу легко переглядати та маніпулювати електронними таблицями гідрологічних моделей через зручний інтерфейс офісного додатку *MS Excel* [6].

Закодовані через формалізовану алгоритмічну мову гідрологічні моделі здатні, як правило, відбивати різноманітні гідрологічні процеси та можуть бути застосовані до будь-якого географічного місцеположення. Найбільш відомі із таких моделей були розроблені ще у 60-70 рр. минулого сторіччя, успішно використовувалися протягом десятиріч і були згодом імплементовані у програмне забезпечення із появою потужних засобів обчислювальної техніки. Йдеться, перш за все, про так звані гідролого-гідравлічні моделі *HEC-1* та *HEC-2*, які успішно використовувалися для такої найскладнішої задачі як прогноз зон затоплення від повеней та паводків [7, 8]. По мірі того, як розроблялися нові підходи щодо вдосконалення програмного та апаратного забезпечення, вони впроваджувалися в потужному гідрологічному та гідравлічному моделюванні, зокрема у таких симуляційних моделях як *HEC-HMS* та *HEC-RAS*. Відповідне програмне забезпечення було створене об'єктно-орієнтованою мовою програмування та спрямоване на застосування геопросторових даних у популярних гідрологічних моделях. Йдеться, наприклад, про такі системи як *HEC-GeoHMS* та *HEC-GeoRAS* [6].

Взагалі, на нашу думку, узагальнити особливості гідрологічного ГІС-моделювання можна, визначивши його наступні напрямки:

— *менеджмент гідрологічних даних* — геоінформаційна система виконує завдання із менеджменту релевантних геопросторових даних, наприклад, через створення ПБГД або корпоративної БГД в окремому випадку; тут йдеться про менеджмент даних

безпосередньо (збереження, підготовка, маніпулювання та отримання похідних даних) та про обробку просторових даних (пошаровий оверлей та буферізація);

– *забезпечення модельних параметрів* – через ГІС-засоби із цифрових моделей місцевості отримуються параметри для гідрологічного моделювання, наприклад, морфолого-морфометричні характеристики поверхні водозбору, заплави та русла;

– *впровадження візуалізації* – тут йдеться про те, що багато фахівців вважають кінцевим призначенням будь-якої ГІС подання користувачеві у візуальному форматі даних перед виконанням гідрологічного аналізу (тобто йдеться про візуалізацію попередньої базової інформації) або після виконання такого аналізу (тобто для перегляду його кінцевих результатів): наприклад, візуалізація карт річкових заплав в середовищі ГІС наочно демонструє, які площі можуть бути вражені повеннями, а застосування додаткової функціональності геоінформаційної системи надає змогу зробити ефективний кількісний аналіз як характеристик повеней, так і можливих економічних збитків у вказаних зонах;

– *моделювання особливостей рельєфу та гідрологічного режиму водозборів*, що зокрема виконує авторське програмне забезпечення, про яке детально йдеться нижче;

– *розробка інтерфейсів користувача гідрологічних моделей*, приклад чого також наводиться на основі авторського програмного забезпечення.

Розподілені гідрологічні моделі в авторському програмному забезпеченні. Взагалі більшість методів розрахунку й прогнозу екстремального яружно-балкового та річкового стоку ґрунтується на наступних припущеннях щодо механізмів його формування [9], із яких і треба виходити при моделюванні гідрографа стоку: 1) головна маса води надходить у річкове русло з поверхні водозбору; 2) схилний стік починається лише після того, як інтенсивність опадів (надходження води на поверхню водозбору) перевищить інтенсивність поверхневої інфільтрації; 3) схилний стік охоплює всю поверхню водозбору, і рух води відбувається суцільним шаром.

Під застосуванням геоінформаційного підходу до розподіленого гідрологічного моделювання (РГМ) нами розуміється впровадження модуля-аплікації ГІС, тобто групи певних *програмних алгоритмів + графічного інтерфейсу користувача*, що разом генерують введення інформації, яка необхідна для моделювання, однак не виконують таке моделювання безпосередньо. Додатковим ГІС-компонентом, що реалізує гідрологічне моделювання, і є РГМ, яке може бути визначене як набір тих програмних алгоритмів, котрі виконують гідрологічне моделювання на підставі розгляду *водозбору як сукупності субводозборів*. Останні виступають у якості компонентів розподіленої моделі, а в гідролого-геоморфологічному відношенні, як визначалося нами раніше, є частинами більшої водозбірної площі та мають власні

гірла постійного стоку. Для застосування адекватного геоінформаційного підходу тут найважливішим є системоутворююче і функціональне значення субводозборів як складових частин *гідролого-геоморфологічної системи водозбору* (ГГСВ).

РГМ річкових басейнів дозволяють робити опис просторової варіації в характеристиках водозбору і, наприклад, у характеристиках зливого стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації. У цьому плані немає розходження між так званими «зосереджено-розподіленими» та «процес-розподіленими» моделями. Також не існує ніякого розходження між рівнем інтеграції (об'єднання) параметрів моделі і типу інтерфейсу, необхідного для реалізації її специфічного варіанта. Різні орієнтації при розробці подібної моделі приводять до акценту, який змінюється по окремих визначених індивідуальних компонентах моделі. Деякі моделі використовують спеціалізовані бази даних, у той час як інші звертаються до стандартизованих баз. В останні десятиріччя на зміну застосуванню громіздких емпіричних моделей, що містили дані детальних вимірів за всією площею водозбору, але були прив'язані тільки до одного, хоч і масштабного процесу чи явища, все більша перевага стала віддаватися тим моделям, що базуються на просторово розподілених даних, які, в свою чергу, відбивають взаємозв'язок багатьох, але у певних випадках – незначного масштабу, процесів [10, 11]. Перш за все, йдеться про процеси, які обумовлюються складним характером взаємодії двох ключових складових довілля водозбірного процесу – компонентів його ГГСВ: рельєфу та гідрологічного режиму [4]. У цьому відношенні нами вже неодноразово доводилося, що час релаксації геоморфологічного компонента системи водозбірного басейну (його морфології поверхні і мережі рельєфу) буде значно більшим, ніж відповідний період релаксації її гідрологічного компонента (поверхневого та руслового стоку) [12, 13]. Останнє є правомірним, перш за все, для флювіальних регіонів з розвинутою водно-ерозійною морфоскульптурою рельєфу. Таким чином, результат моделювання по матриці гідрологічного стоку – мережа рельєфу – буде відображати скоріше особливості взаємодії морфології і гідрологічного режиму водозбору в минулому, аніж тепер.

В якості першого етапу моделювання складової гідрологічного компонента ГГСВ нами впроваджувалася РГМ максимумів від талих вод, які, в основному, фізично визначаються групою метеорологічних факторів. Однак, нами приймалися до уваги посилення на те, що геометричні характеристики басейну й річки, зокрема розвиток мережі рельєфу, реально впливають на весняні максимуми [9]. Фактично йдеться про функціональний вплив геоморфологічного компонента ГГСВ на гідрологічний режим водозбору. Зрозуміло, що для ГІС-моделювання вказані характеристики будуть безпосередньо отримані із цифрової моделі рельє-

фу, що значно спрощує процедуру моделювання. Структура розвинутого інтерфейсу РГМ руслових витрат під час весняної повені, що реалізований в авторському геоінформаційному програмному забезпеченні *GIS-Module Ukrainian 1.5*, яке, між іншим, передбачає експорт результатів моделювання у повноформатну ГІС-платформу *MapInfo Professional*, подається на рис. 1.

Наведений приклад стосується моделювання руслових максимумів в усті великої балки під час активного весняного сніготанення. У регіональному аспекті дана територія належить до басейну р. Сейм, і вхідні параметри моделі відбивають місцеві фізико-географічні умови відповідної пори року, які й обумовлюють весняну повінь 1% ступеню забезпеченості. Візуалізація імовірної зони затоплення під час такої повені подається на наступній ілюстрації (рис. 2). Ця зона обумовлюється відповідними вхідними параметрами моделі (див. рис. 1), і подібний результат важко переоцінити для планування заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій.

Головним вихідним параметром другої РГМ – максимумів від літніх паводків – є показник руслових витрат (Q , $m^3/сек$) 1–2% забезпеченості (p) для певної точки поперечного перерізу (створу) річкового русла. Тобто, саме такий параметр, як і в РГМ

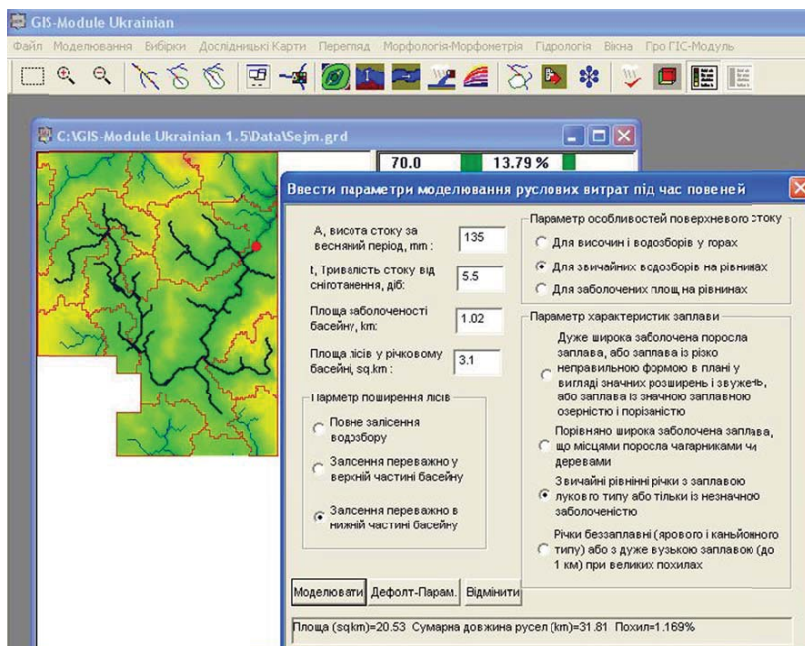


Рис. 1. Структура програмного інтерфейсу РГМ руслових витрат під час весняної повені

витрат від весняних повеней. У РГМ руслових витрат від дощових злив таким самим чином враховуються параметри тієї складової системи водозбору, яка відбувається морфолого-морфометричними характеристиками рельєфу, котрі і складали *першу групу* вхідних параметрів цієї РГМ (рис. 3). Тобто, крім залежності від домінуючого параметра – площі, також враховується зв'язок максимальних дощових витрат q із сумарною довжиною ділянок русла (від витоків до точки визначення – поперечного створу) L і із середньозваженим похилом русла J . Друга група вхідних параметрів складається із решти гідролого-метеорологічних характеристик, наприклад, інтенсивності злив та інших ландшафтних показників. Серед останніх це, перш за все, властивості підстилаючої поверхні. Ці характеристики визначають, по-перше, ступінь набрякання схилів від дощових вод і, по-друге, час добігання цих вод по руслу до замикаючого створу. Третя група вхідних параметрів РГМ витрат від дощових злив відбуває фактори місцевого характеру: лісистість водозбору; його заболоченість; ті особливості рельєфу, що не входять до першої групи, наприклад, характеристики русла та поверхні заплави; зарегульованість русла – природна (через озера) і штучна (ставки і водосховища). Для уточнення остаточних результатів у нашій другій РГМ шукалася залежність між: 1) географічним параметром розрахунків; 2) максимальним добовим шаром опадів; 3) значенням максимальної руслової ви-

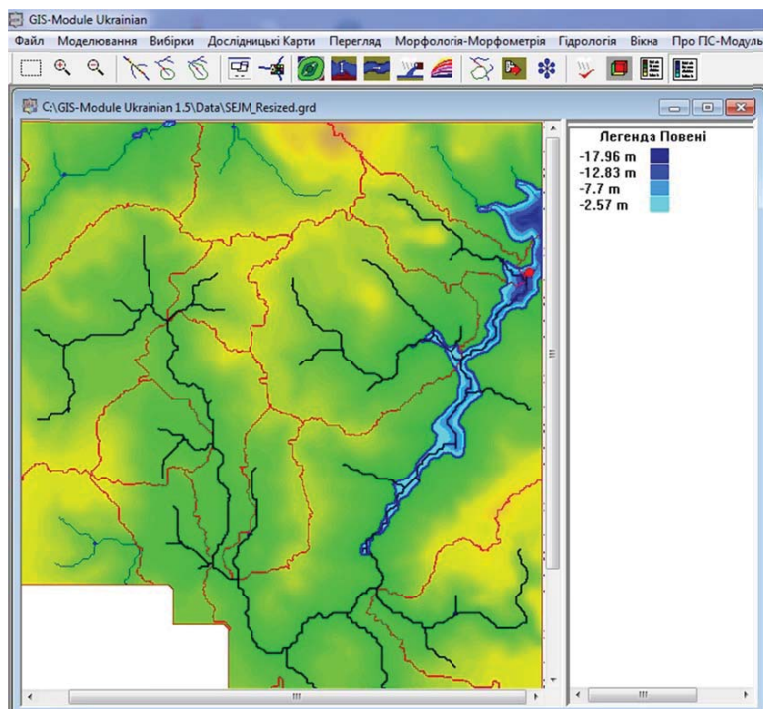


Рис. 2. Візуалізація зони повені, змодельованої через РГМ руслових максимумів

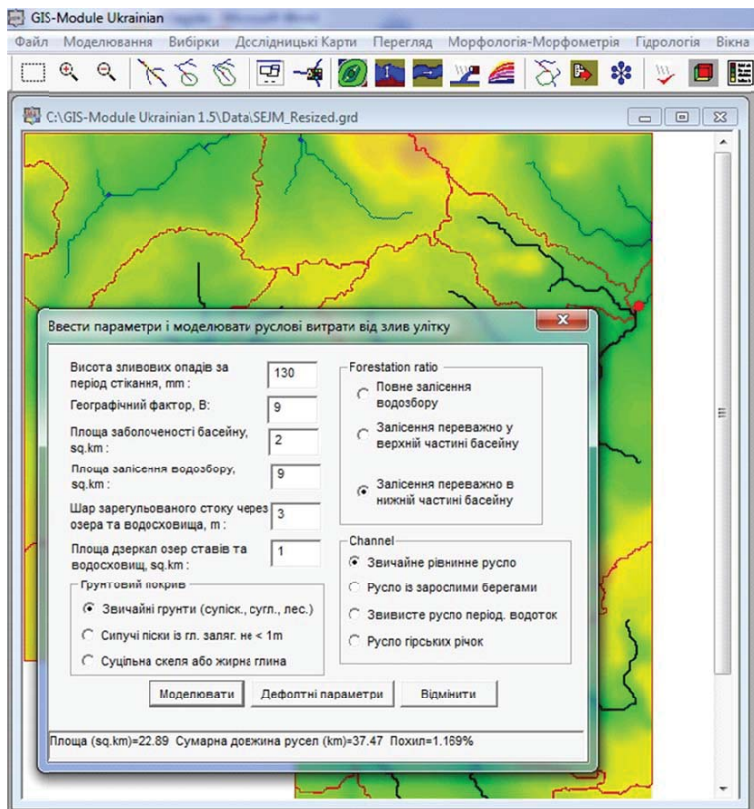


Рис. 3. Структура програмного інтерфейсу РГМ руслових витрат під час літнього зливого паводку

трати від зливи за певною емпіричною формулою; 4) значенням максимальної руслової витрати від зливи за даними спостережень. Усі ці розмірковування обумовили наступну структуру програмного інтерфейсу моделі руслових витрат від літніх дощових паводків (рис. 3).

Склад РГМ від зливого паводку, що подається на ілюстрації вище, генерує результат максимальної зливної витрати у обраному перерізі русла (відповідає червоній точці на ілюстрації):

Перспективи створення гідрологічної інформаційної системи та висновки. Розробка РГМ у варіантах, по-перше, щодо екстремальних гідрологічних явищ весняних повеней і, по-друге, літніх дощових паводків, врешті-решт – створення проекту гідрологічного модуля-аплікації ГІС, є двома складовими комплексної процедури впровадження розподіленого гідрологічного моделювання. Авторське програмне забезпечення, в якому реалізоване розподілене гідрологічне моделювання, має стати прообразом одного з потужних модулів, так званих «плагінів» (plug-in – *англ.*) майбутньої повноформатної *гідрологічної інформаційної системи* (ГІДІС), принципову можливість створення якої один із авторів цієї статті підкреслював у своїй нещодавній публікації [14].

ГІДІС доцільно подавати як програмно-апаратний комплекс, який обробляє певну синтетичну сукупність гідрологічних даних. Остання складається як із серій часових даних гідрологічних спостережень (і це – ключова вхідна інформація для розподілених гідрологічних моделей), так і з геопросторових даних, при цьому обидва цих типи даних підтримують гідрологічний аналіз, моделювання й прийняття рішень. Необхідно підкреслити, що існує певний синергетичний зв'язок між геопросторовими даними і часовими серіями гідрологічних спостережень, яку до останнього часу – до часу застосування ГІС-платформ – було достатньо важко виявити, оскільки, як правило, геопросторові дані й часові серії гідрологічних спостережень (наприклад, екстремальні руслові витрати) зберігалися в різних форматах та в різних архівних середовищах.

Важливі питання регіонального водоресурсного менеджменту можуть бути, на нашу думку, успішно вирішені саме через ГІДІС, за умови створення її наступної адекватної специфікації:

- 1) всі гідрологічні дані для цього програмного забезпечення мають бути утримані в єдиній системі географічних координат; 2) переважне подання гідрологічного компоненту географічного ландшафту має здійснюватися через векторний формат даних (точкові, лінійні та полігональні об'єкти), однак до-

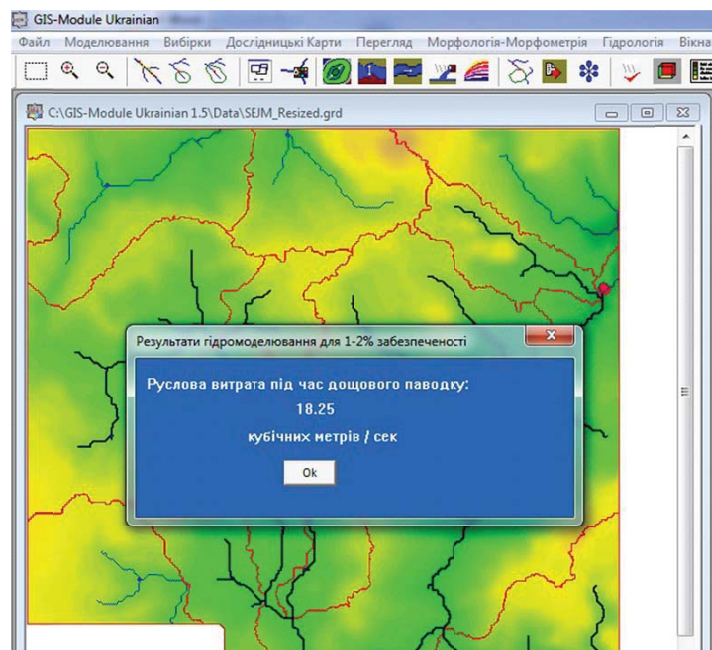


Рис. 4. Результати моделювання руслових витрат в обраному перерізі русла (відповідає червоній точці) під час зливого паводку низького ступеня забезпеченості в басейні р. Сейм

повнюватися, де необхідно, растровим форматом та поверхніми триангуляційних нерегулярних мереж; 3) відношення між ГИС-об'єктами із різних шарів даних мають бути встановлені та задіяні для визначення руху води через географічний ландшафт від одного такого об'єкту до іншого; 4) критичним є гармонічне поєднання геопросторової інформації із даними щодо часових серій гідрологічних спостережень (останні є базовою вхідною інформацією для РГМ). Таке поєднання сприятиме створенню повноформатної гідрологічної інформаційної системи.

Відповідно інших ключових положень статті доцільно зауважити, що:

- розробка РГМ у варіантах, по-перше, щодо екстремальних гідрологічних явищ весняних повеней і, по-друге, щодо літніх дощових паводків, є двома складовими комплексної процедури впровадження розподіленого гідрологічного моделювання;
- розподілена гідрологічна модель водозбірного басейну дозволяє робити опис просторової варіації

його гідролого-геоморфологічних характеристик, наприклад, характеристик весняного та зливого екстремального стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації; останні обумовлюють структуру програмного інтерфейсу для відповідної РГМ;

– функціональність та графічний інтерфейс користувача програмного забезпечення, в якому реалізоване розподілене гідрологічне моделювання, мають (і це подається на відповідних ілюстраціях структури програмного інтерфейсу двох моделей) забезпечувати на вході моделі низку ключових ландшафтних чинників, які б адекватно описували довкілля даного водозбірного басейну.

**Рецензент – доктор географічних наук,
професор О. О. Світличний**

Література:

1. Костріков С. В. Про можливість моделювання гідрологічного режиму водозбору через характеристики мережі рельєфу / С. В. Костріков // Вестн. ХНУ. - 2001. - № 521: Геологія, Географія, Екологія. - С. 175-179.
2. Костріков С. В. Моделювання гідролого-геоморфологічних характеристик водозбору / С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов // Український географічний журнал. - 2002. - № 2 - С. 43-48.
3. Костріков С. В. Про деякі ключові принципи гідрологічного моделювання при роботі із геопросторовими даними / С. В. Костріков // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - 2012. - № 1-2. - С. 7-14.
4. Костріков С. В., Черваньов І. Г. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу: на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства. Наукова монографія / С. В. Костріков, І. Г. Черваньов. - Харків: Вид-во, ХНУ, 2010. - 143 с.
5. Djokic D., Maidment D. R. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with GIS. - Redlands: ESRI Press, 2000. - 125 p.
6. Maidment D. R. GIS for Water Resources. 2nd Edition - Redlands: ESRI Press, 2009. - 205 p.
7. Feldman, A. D. HEC models for water resources system simulation: theory and experience // Advances in Hydroscience. - 1981. - Vol. 12. - P. 298-396.
8. Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-1, 2: Flood hydrograph package. User's manual. - Davis: US Army Corps of Engineers, HEC, 1998. - 339 p.
9. Виссмен У., Харбаф Т., Кнэпп Д. Введение в гидрологию. : Пер. с англ - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 470 с.
10. Abbot, M. B., J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell, J. Rasmussen // An introduction to the European Hydrologic System - Systeme Hydrologique Europeen. »SHE». 1: History and philosophy of a physically based, distributed modelling system.- Journal of Hydrology. - 1990. - Vol. 87 - P. 45-59.
11. Beven K.J. TOPMODEL: a critique // Hydrological Processes. - 1997. - Vol. 11. - P. 1069-1085.
12. Костріков С. В. Цифрові моделі місцевості і три напрямки в геоінформаційному моделюванні водозборів / С. В. Костріков // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. - 2002. Вип. 3. - Харків: Видавництво ХНУ, 2002. - С.49-54.
13. Костріков С. В. Формалізована модель флювіального рельєфоутворення та її реалізація в програмному забезпеченні / С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов // Геоінформатика – GEOINFORMATIKA – 2005. - № 4. - С. 45-53.
14. Костріков С. В. Про деякі ключові принципи гідрологічного моделювання при роботі із геопросторовими даними / С. В. Костріков // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. - 2012. Вип. 1-2. - Харків: Видавництво ХНУ, 2012. - С. 7-14.
7. Роль регіональних ландшафтних парків як навчально-виховних центрів: Матеріали наук.-практ. семінару (Біостанціонер ПДПУ ім. В.Г. Короленка, 12-15 черв. 2002 р.). - Полтава: Верстка, 2002. - 152 с.
8. Ященко П.Т. Про підходи зонування території національного природного парку «Сколівські Бескиди» / П.Т. Ященко, О.Я. Надорожняк, В.О. Крамарець // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: Міжвідом. наук.-техн. зб. - Львів: УкрДЛТУ. - 2003. - Вип. 28. - С. 21-26.