

- генезиса и развития феодального общества. – М.; Л., 1934. – С. 120-156.
11. Рыбаков Б. А. Геродотова Скифия/ Б. А. Рыбаков – М., 1979. м247 с.
12. Сонько С. П. Географічна інтерпретація доповідей Римському клубу. С. П. Сонько // Український географічний журнал. – №1,2003. – С.55-62
13. Сельскохозяйственный словарь-справочник. Второе издание. Государственное издательство колхозной и совхозной литературы. – М.-Л.,1934. – 640 с.<http://www.ussr-forever.ru/plug/>
14. Чекрізов І. О. Историчний аспект розвитку основного обробітку ґрунту на Полтавщині. //Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.04.01 Ін-т земл-ва УААН./ Чекрізов І. О. –К., 2005. – 19// <http://www.lib.ua-ru.net/inode/14987.html>
15. Шнирельман В. А. Возникновение производящего хозяйства. / В. А. Шнирельман – М.:Наука,1989. – 444 с.
16. Шпаковский Н. А. Эволюция технологий обработки почвы. / Н. А. Шпаковский. Режим доступа: <http://www.trizland.ru>
17. <http://artemenko.com.ua/>
18. <http://www.erlib.com>
19. <http://www.favorites.com.ua/>
20. <http://www.lkomfort.ru/>
21. <http://www.reactor.org.ua/forum/lofiversion/index.php?t459.html>
22. <http://www.ussr-forever.ru/plug/47-21.html?showall=1>
23. http://udec.ntu-kpi.kiev.ua/lpace/history_ukr/schedule.nsf/
24. <http://ukrgazeta.plus.org.ua/article>
25. <http://zori.dokladno.info/gospodar-trip-lskikh-obshir-v/zemlerobstvo-2.html>
26. <http://litopys.org.ua>
27. <http://no-till.ru/>

Надійшла до редколегії 09.04.2012

УДК 556.51+004.9

С.В. КОСТРИКОВ, д-р геогр. наук, проф.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

РОЗПОДІЛЕНЕ ГІДРОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВОДОЗБІРНИХ БАСЕЙНІВ ЧЕРЕЗ ГІС-ЗАСОБИ

Надається методологічні засади та практична реалізація через авторське програмне забезпечення розподіленого гідрологічного моделювання водозборів. Наголос робиться на особливостях подібного моделювання, якщо воно впроваджується через ГІС-засоби. Подається багатоаспектне визначення розподіленої гідрологічної моделі. Розглядаються алгоритми визначення площі елементарного водозбору при впровадженні гідрологічного стоку за цифровою моделлю рельєфу. Наводяться приклади середовища гідрологічного інтерфейсу авторського програмного забезпечення для реалізації розподіленого моделювання руслових максимумів під час весняного сніготанення. Також дається безпосередній приклад такого моделювання із послідовним відтворенням всіх необхідних кроків.

Ключові слова: розподілена гідрологічна модель, водозбірний басейн, цифрова модель рельєфу, площа елементарного водозбору, матриця гідрологічного стоку, авторське програмне забезпечення, руслові максимуми весняних витрат

Костриков С. В. РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОСБОРНЫХ БАСЕЙНОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ГИС

Представлены методологические основы и примеры практической реализации с помощью авторского программного обеспечения распределенного гидрологического моделирования водосборов. Делается ударение на особенностях такого моделирования, если оно осуществляется через средства ГИС. Предлагается многоаспектное определение распределенной гидрологической модели. Рассматриваются алгоритмы определения площади элементарного водосбора при моделировании гидрологического стока по цифровой модели рельефа. Приводятся примеры среды гидрологического интерфейса авторского программного обеспечения для реализации распределенного моделирования русловых максимумов весеннего снеготаяния. Предлагается непосредственный пример подобного моделирования с последовательным описанием его всех необходимых шагов.

Ключевые слова: распределена гидрологическая модель, водосборный бассейн, цифровая модель рельефа, площадь элементарного водосбора, матрица гидрологического стока, авторское программное обеспечение, русловые максимумы весенних расходов

Kostrikov, S. WATERSHED DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODELING WITH GIS-TOOLS.

The paper introduces both methodological principles and applied software implementation of watershed distributed hydrological modeling. Several various definitions of a distributed model are emphasized. The algorithmic calculation of the initial basin area is considered in details upon hydrological flow simulation on the digital elevation model matrix. There are several examples of author's software hydrological graphic user's interface in this paper. These examples relate to the channel extreme flow discharge modeling upon spring flood. A direct such modeling is introduced with all its steps.

Key words: distributed hydrologic model, watershed, digital elevation model, initial basin area, hydrological flow matrix, author's software, channel extreme discharge upon spring flood

ВСТУП

Дослідницька проблема. В два останні десятиріччя із широким застосуванням геоінформаційних систем (ГІС) і технологій в гідрологічному моделюванні виникло достатньо гостре питання: будь-які або лише деякі із, так би мовити, «ортодоксальних» гідрологічних моделей мають та можуть бути впроваджені через ГІС-засоби? При спробі відповіді на таке питання, по-перше, виявляється, що саме моделювання гідрологічного компонента географічного ландшафту може у порівнянні статися найбільш громіздким і таким, яке потребує значних обчислювальних ресурсів, а, по-друге – далеко не всі із класичних теоретичних моделей гідрологічного режиму водозбірних басейнів можуть бути переведені у практичну площину для впровадження через певну геоінформаційну платформу.

В деяких попередніх статтях доводилося, що одними із найбільш ефективних модельних конструкцій щодо впровадження їх через геоінформаційне моделювання можуть бути так звані *розподілені гідрологічні моделі* (РГМ) [1, 2]. В рамках подібної моделі припускається, що 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, приймається функцією трьох наступних факторів: наявного обсягу води, величини схилу і показника шорсткості поверхні, що підстилає.

Відповідно вказаного, геоінформаційні моделі, які будуть обиратися для відтворення гідрологічного режиму водозборів, мають, у першу чергу, прогнозувати: 1) регулярні витрати води у руслах та пікові витрати від весняних повеней та літніх дощових паводків; 2) глибини у зонах затоплення від повеней та паводків; 3) здатність руслового потоку до розмиву поверхні, що підстилає; 4) транспортуєчу здатність руслового потоку щодо твердого матеріалу. Таким чином, серед вхідних параметрів вказаних моделей повинні бути: 1) шорсткість поверхні, яка підстилає, і 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.

Як це впливає із вступної рубрики статті, **метою** є подання деяких методологічних засад геоінформаційного впровадження розподілених гідрологічних моделей водозбірних басейнів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

ГІС-підхід до розподіленого гідрологічного моделювання водозбірних басейнів. РГМ в аспекті ГІС-моделювання передбачає таку модель, яка симулює детерміністсько-ймовірнісний розподіл розрахованих величин поверхневого стоку та руслових витрат як дискретно по чарунках цифрової моделі рельєфу (ЦМР), так і через створення єдиної континуальної сутності у вигляді, наприклад, поля щільності таких показників, для всього географічного простору певного водозбірного басейну. Сформульоване нами визначення РГМ прямо впливає із узагальнення найбільш значних

публікацій, присвячених застосуванню геоінформаційних платформ і ГІС-модуль-аплікацій у розподіленому гідрологічному моделюванні [3].

В цьому аспекті модулем-аплікацією ГІС нами розуміється програмний алгоритм (чи група алгоритмів) + графічний інтерфейс користувача (ГІК), що генерують введення інформації, необхідної для моделювання, але не виконують таке моделювання безпосередньо. Додатковим ГІС-компонентом, який реалізовує гідрологічне моделювання, і є розподілена гідрологічна модель, яка може

бути визначена як набір тих програмних алгоритмів, котрі виконують гідрологічне моделювання із параметричним розподілом по чарунках ЦМР і на підставі розгляду водозбору як сукупності субводозборів. Останні також виступають у якості компонентів розподіленої моделі, а в гідролого-геоморфо-логічному відношенні є частинами більшої водозбірної площі, і мають власні гирла постійного стоку. Тут є найважливішим системоутворююче і функціональне значення субводозборів як складових частин гідролого-геоморфологічної системи водозбору [4, 5].

Розподілені гідрологічні моделі річкових басейнів дозволяють робити опис просторової варіації в характеристиках водозбору і, наприклад, в характеристиках зливого стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації. Немає ніякого розходження в цьому плані між так званими «зосереджено-розподіленими» та «процес-розподіленими» моделями. Також не існує значного розходження між рівнем інтеграції (об'єднання) параметрів моделі і типу ГІК, необхідного для реалізації специфічного варіанта моделі. Різні предметні тренди 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 супроти застосування громіздких емпіричних моделей, що включали дані по детальних вимірах крізь всю площу 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. Таким чином, подібні моделі необхідно асоціювати із елементарними водозборами, що і пропонується.

Площа елементарного водозбору як ключовий вхідний параметр РГМ і деякі особливості розрахунку стоку по матриці ЦМР. Розмір площі первинного водозбірного басейну (елементарного водозбору, водозбору 1-го порядку) – тобто такого, який фізично не має більше одного русла в своїх границях, а обсяг стоку, що формується на цій території, як раз є достатнім для утворення даного русла – ця величина завжди

була серед провідних вхідних параметрів багатьох гідрологічних моделей. Із часів початку впровадження РГМ через ГІС-засоби постало достатньо гостре питання щодо визначення на матриці чарунок цифрової моделі рельєфу відповідного показника-аналогу площі елементарного водозбору звичайної (паперової) топокарти, яка колись використовувалася при гідрологічних розрахунках.

При реалізації розподілених гідрологічних моделей в нашому авторському програмному забезпеченні *GIS-Module Ukrainian* [6] для обґрунтування застосування в моделі вказаного вище показника (площі елементарного водозбору – ПЕВ) використовувався предметний підхід американських фахівців Дж. Галанта та Дж. Вілсона, які для цифрової моделі рельєфу з ефективною точністю визначали величину ПЕВ через введення таких проміжних дефініцій як «вища по схилу площа, що додає до водозбірної» та «специфічна водозбірна площа» [7]. Схематично вказані поняття можуть бути подані наступним чином (рис. 1).

Оскільки можуть виникнути певні труднощі із визначенням необхідних для гідрологічного моделювання, так званих «первинних і вторинних атрибутів флювіального рельєфу» [8] саме на матриці ЦМР, для вирішення цієї проблеми хід методичних міркувань має бути наступним.

Перш за все, через наявні можливості ГІС-модулю по даній ЦМР впроваджується процедура побудови ізоліній поверхні (contouring – *англ.*). За методикою Галанта-Вілсона величиною «вищої по схилу площі, що додає до водозбірної», A_s , приймається певна ділянка схилу, яка розташована вище обраного відрізка ізогіпси рельєфу, тоді «специфічною водозбірною площею», A_s (або a) буде відношення «вищої по схилу площі, що додає...» до довжини даного відрізка ізогіпси, l (див. рис. 1), тобто

$$A_s = A / l \quad (1)$$

Рішення щодо визначення ПЕВ по цифровій моделі рельєфу через (1) полягало у тому, що детермінантом точності обрахунку водозбірної площі приймається повністю об'єктивний показник, а саме – роздільна здатність цифрової моделі, тобто – розмір сторони її чарунки. В якості відрізка ізолінії, величина якого присутня в (1), приймається розмір сторони чарунки (осередку) матриці. У такому разі обсяг гідрологічного стоку для даної чарунки матриці (а звідси – і площа

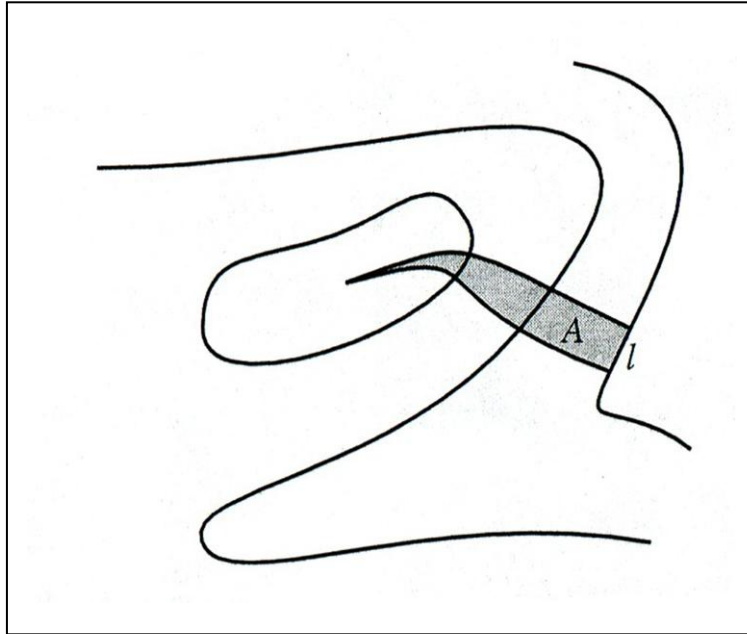


Рис. 1 – Схематичне подання визначення ПЕВ на цифровій моделі рельєфу через поняття «вища по схилу площа, що додає до водозбірної» та «специфічна водозбірна площа»

елементарного водозбору) обчислюється достатньо зрозуміло. Водозбірна площа, що додає до обсягу стоку безпосередньо в дану чарунку ЦМР з території, яка топографічно розташована вище по схилу, буде визначатися числом чарунок, розташованих на цій території, і таких, що будуть спрямовувати стік до даної чарунки на підставі показників «специфічної водозбірної площі», A_s , притаманних кожній з них. Цю величину можна також розглядати як розмір дренажної площі, що припадає на одиницю ширини схилу, перпендикулярної до напрямку стоку.

Обидва ж показники (A та A_s), які мають бути приписані кожному осередку ЦМР визначаються встановленими напрямками гідрологічного стоку з кожного вузла матриці ЦМР. У свою чергу, правила визначення цих напрямків впливають із обраної загальної методології моделювання стоку за цифровими моделями місцевості та цифровим моделям рельєфу водозбору (алгоритм «восьми імовірних напрямків стоку із центрального вузла (чарунки) міні-матриці стоку 3 X 3»), і вже викладалися у численних публікаціях раніше [1, 2, 4, 8-10 та ін.].

Тут лише необхідно додати, що для успішного моделювання через РГМ викладений вище підхід щодо визначення ПЕВ, який умовно, можна сказати, базується на поняттях «довжина ізогіпси – ширина

стоку» і використовується в «алгоритмі стоку у восьми імовірних напрямках», має бути доповнений підходом, що (також умовно) означимо як «похил схилу». Коротко зупинимося на цьому підході дещо детальніше.

При цьому підході гідрологічний стік i , відповідно – частка площа елементарного водозбору – які послідовно додаються від однієї чарунки (що вище по схилу) матриці ЦМР до іншої (яка нижче по схилу) можуть визначатися через певний вираз. Цю частку площі ПЕВ, яка замкнеться на чарунку i , що розташована нижче по схилу, позначимо A_i (у загальному випадку вона дорівнюватиме показнику A із (1) + площа, яка дрениється однією чарункою). Вказаний вираз має наступний вигляд:

$$A_i = \frac{\max(0, I_i^v)}{\sum_{i=1}^8 \max(0, I_i^v)}, \quad (2)$$

де I_i – величина похилу із центральної чарунки (вузла) до сусідньої чарунки i , міні-матриці стоку 3X3; v є додатною емпіричною константою для моделювання стоку по цифровим моделям рельєфу, який є різного генетичного походження. Ще два десятиріччя тому було встановлено, що при моделюванні стоку за цифровими моделями саме флювіального рельєфу найбільш точні результати можуть бути отримані за умовою

коли ν дорівнює 1.1 [11, 12]. Саме на підставі вказаних джерел використовували це значення в авторських прикладах розподіленого гідрологічного моделювання.

Походячи із цих прикладів можна стверджувати, що у випадку впровадження неоптимізованого (простого) алгоритму стоку (з центральної чарунки) у восьми напрямках, більші за 1.1, але менші за 2 значення ν спричиняють гіпертрофовану концентрацію стоку в меншій кількості русел на більшій площі, і мережа флювіального рельєфу стає занадто спрощеною, а показники екстремального стоку в руслах – надвеликими. Навпроти, значення в проміжку 5-9 дають у результаті дуже пересічену малими ерозійними формами поверхню, та значення руслового стоку малої забезпеченості такі, що можуть бути майже на порядок меншими від відповідних емпіричних даних гідрологічних щорічників.

Викладені вище методологічні засади розподіленого гідрологічного моделювання були апробовані й реалізовані в авторському програмному забезпеченні *GIS-Module Ukrainian*. Приклади подібної реалізації надаються в наступній рубриці. Через жорсткі нормативні рамки обсягу статті зупинимося лише на реалізації РГМ максимальних руслових витрат під час весняного сніготанення і не розглядаємо розподілену гідрологічну модель руслових максимумів від дощових паводків.

Середовище гідрологічного інтерфейсу програмного забезпечення *GIS-Module Ukrainian* та приклад реалізації РГМ максимальних руслових витрат під час весняної повені. Функціональність графічного інтерфейсу користувача нашого ПЗ в її частині, яка стосується розподіленого гідрологічного моделювання, в першому варіанті на алгоритмічному рівні була реалізована ще кілька років тому [1]. Однак ця функціональність є принципово оптимізованою в останній версії програмного забезпечення через ефективне визначення площ елементарних водозборів на підставі понять «довжина ізогіпси – ширина стоку» та «похил схилу», тобто через формальні вирази (1) і (2), які обумовлюють модельне формування стоку на матриці ЦМР. Останнє ж є, як вже підкреслювалося вище, ключовим вхідним параметром РГМ. Інші вхідні параметри моделі є в переважній більшості

емпірично-регіональними і подаються тут лише в прикладах ГІК (див. іл. нижче).

В програмному забезпеченні, яке вже детально описувалося в публікаціях [6], було реалізоване предметне меню розподіленого гідрологічного моделювання *Гідрологія* із таким змістом – рис. 2. Якщо вибрати *Гідрологія > Вибрати Точку Русла*, то відкриється наступний діалог-повідомлення, який стисло інструктує щодо необхідних процедур по розрахунку параметрів РГМ руслових витрат від весняної повені (рис. 3). Таким чином, перше, що треба зробити, це вибрати будь-яку точку на одному із русел даної флювіальної мережі. Остання має бути попередньо змодельована по матриці ЦМР через розрахунок площі елементарного водозбору, як це викладено вище.

Необхідно виконувати процедури розподіленого гідрологічного моделювання відповідно до змісту цього діалогу. Припустимо, треба визначити максимальну весняну витрату однієї з невеличких балкових (суха балка) приток р. Сейм у верхів'ях басейну цієї річки, у точці головного русла притоки для забезпеченості стоку в 1 - 2% і 3%. Моделювання для забезпеченості руслового стоку в 1-2% (повінь, що трапляється раз у 100-50 років) є базовим розрахунком в нашому пакеті ПЗ. Для розрахунку забезпеченості в 3% підключається окрема динамічна бібліотека (файл *.DLL).

За топокартами побудована ЦМР на цю частину басейну р. Сейм. Цифрова модель завантажується в модуль моделювання як файл *Sejm.GRD* – регулярна сітка висот, а потім, через дефолтні параметри, у тому числі і виразів (1) та (2) моделюється її мережа рельєфу через впровадження і обрахунок гідрологічного стоку по матриці ЦМР.

Координати центра водозбору, що замикається на визначену точку як на гирло, встановлюємо засобами повноформатної ГІС *MapInfo Professional*, яка має бібліотеку географічних проекцій на будь-яку територію (спочатку необхідно зробити імпорт ЦМР із нашого ПЗ в середовище цієї ГІС). Далі в діалозі *Вибрати Точку Русла* натиснемо *ОК* та помічаємо певний поперечний створ сухої балки, що відповідає частині річкового басейну, на яку в нас є всі ландшафтні дані, необхідні для розподіленого гідрологічного моделювання. Після цього знову вибираємо меню *Гідрологія* і натискаємо *Моделювати витрати під час весняної*

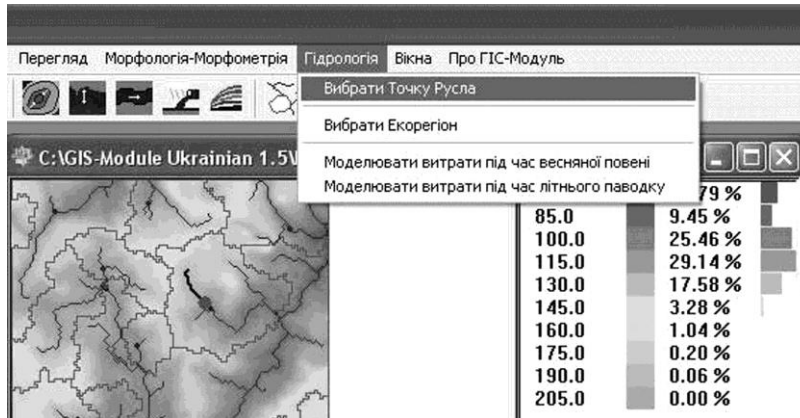


Рис. 2 – Зміст меню *Гідрологія* пакету моделювання *GIS-Module Ukrainian*

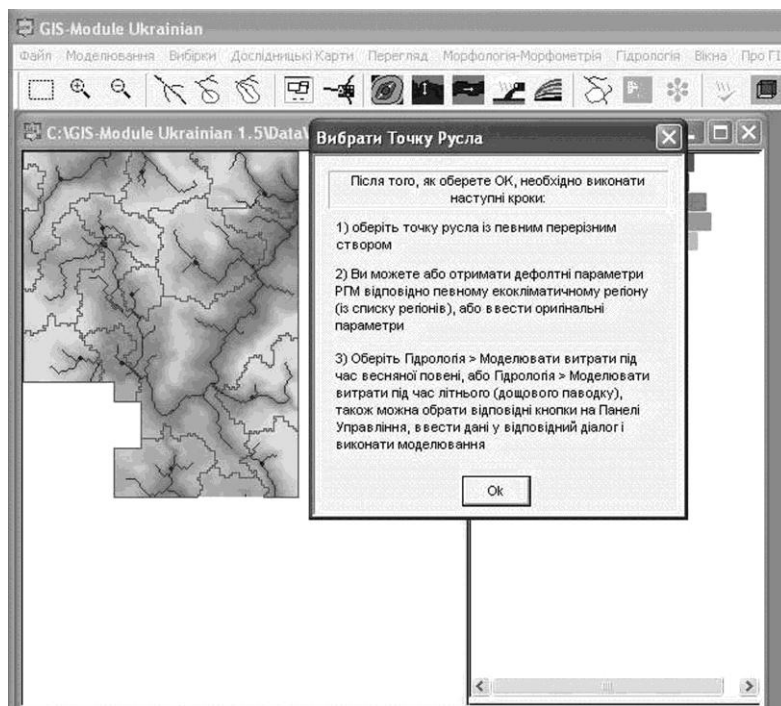


Рис. 3 – Діалог-повідомлення *Вибрати Точку Русла*, який пояснює гідрологічне моделювання в даному ПЗ

повені. З'явиться діалог *Ввести параметри моделювання руслових витрат під час повеней* – це параметри оригінальної РГМ розрахунку руслових максимумів під час повеней. В нижній частині діалогу відбиваються відповідні характеристики змодельованих через відповідне визначення ПЕВ мережі і морфології рельєфу. Таким чином визначається водозбірна площа, яка задіяна в розрахунках. Ця площа F дорівнює $20,53 \text{ км}^2$. Сумарна довжина яружно-балкової мережі від витoku до обраного поперечного створу притоки Сейму $L = 31,8 \text{ км}$, а середньозважений похил $J = 0,01169$ (1,169%). Із відповідних інформаційних джерел маємо середні показники заболоченості для басейна

Сейму – 5% і лісистості – 15%. Залісення більш-менш рівномірно розподілено по цій площі. Є відомим і той факт, що хоч трохи значної зарегульованості ставками тут немає; заплава не широка, мало заболочена. Для точки з координатами центра басейну за емпіричними картами маємо висоту весняного стоку: $H_{вс} = 135 \text{ мм}$ (в діалозі моделювання цей показник визначається як $A_{вс}$ відповідно до формули А. Огієвського) t (тривалість стоку від сніготанення) = 5,5 доби (рис. 4).

Останнє, що треба зробити перед безпосереднім розрахунком руслових витрат, зробивши це для обґрунтування об'єктивності

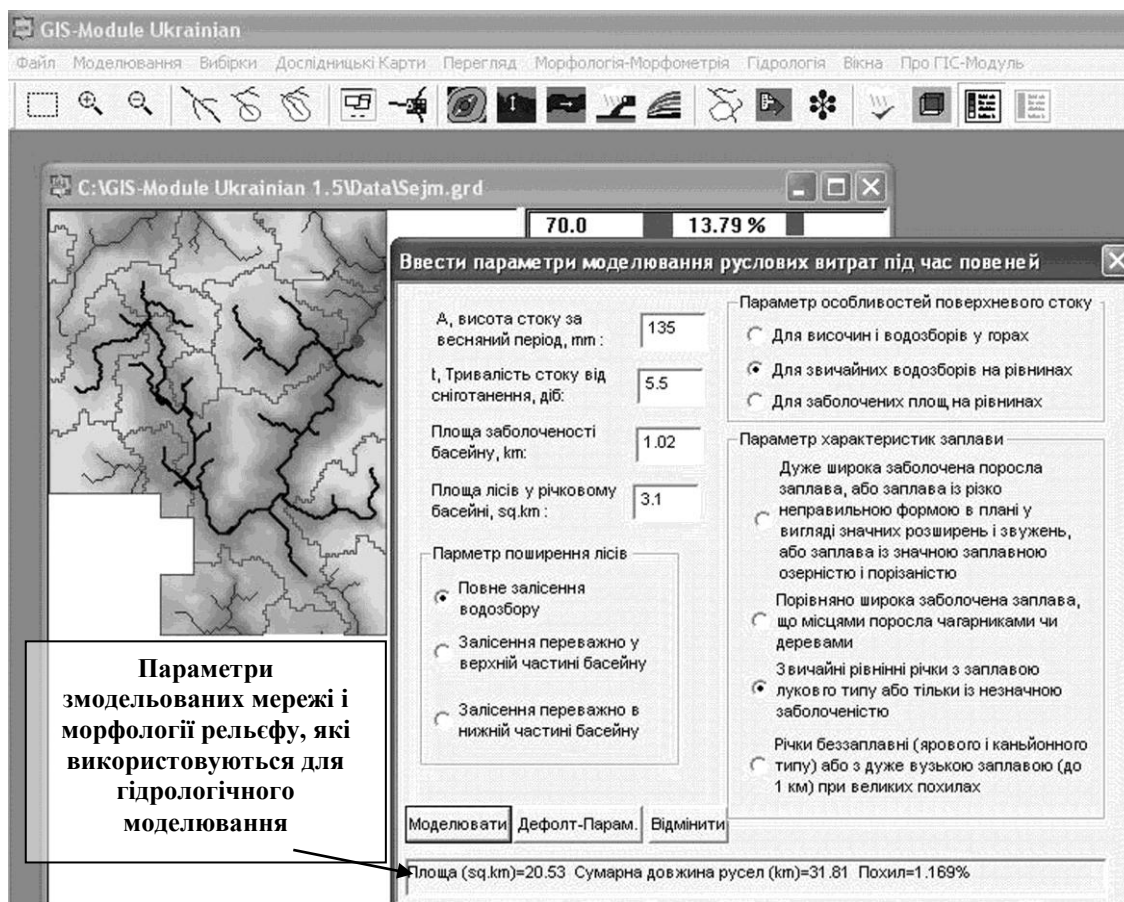


Рис. 4 – Діалог *Ввести параметри моделювання руслових витрат під час повеней* із параметрами відповідно розрахунку максимальних витрат в руслі сухої балки в басейні р. Сейм

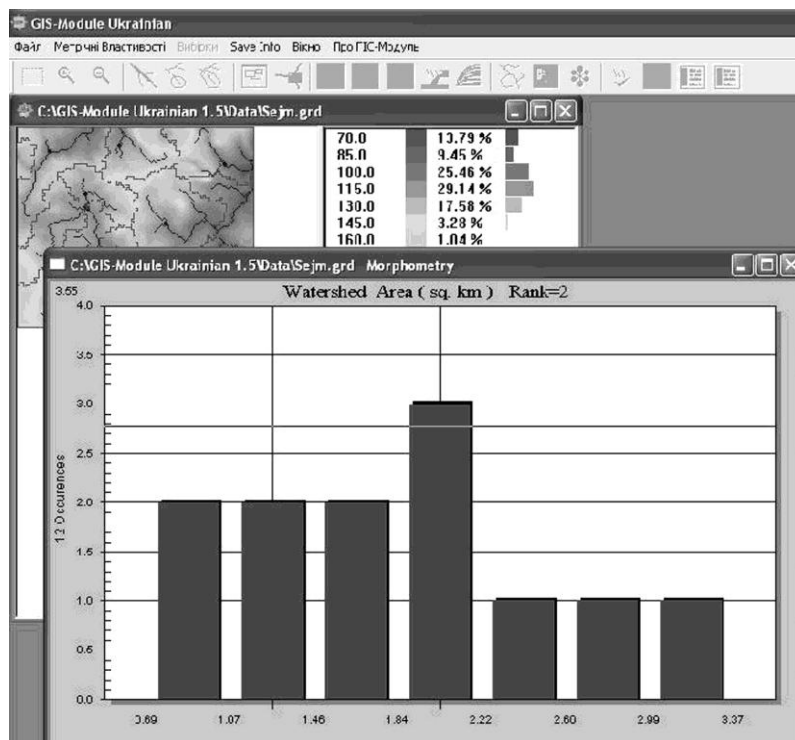


Рис. 5 – Розподіл площ субводозборів 2-го порядку у верхів'ях басейну р. Сейм

розподіленого моделювання – треба перевірити вірогідність редуційних залежностей між модулями максимальних весняних витрат (q_{MAX}) та величинами площ субводозборів (F) для водозбірної території, щодо якої обраховується витрата. Перевірка здійснюється засобом порівняння змодельованого статистичного розподілу площ із характерним рисунком ізоліній емпіричної карти параметрів H_{ec} і t . Для отримання розподілу площ звертаємося до опції головного меню *Морфологія-Морфометрія*, а потім – команди *Площа Водозбору*. В результаті одержуємо гістограму розподілу площ субводозборів 2-го порядку (рис. 5).

Результати порівняння даних, знятих з емпіричних карт параметрів H_{ec} і t на цю

територію, із цим статистичним розподілом площ підтверджують вірогідність регіональних редуційних залежностей $q_{MAX} = f(F)$. Отже, розрахунок максимальної весняної витрати в руслі сухої балки, який ми здійснюємо, натиснувши *Моделювати* в діалозі (див. рис. 4), можна вважати коректним, а витрата 1-2% забезпеченості дорівнює $18.1 \text{ м}^3/\text{сек}$ (рис. 6). Як додатковий розрахунок (через підключення відповідної *.DLL*) для забезпеченості в 3% обчислюємо *полегшену витрату*, чие значення через спрощений запис дорівнює: $Q_{m 3\%} = 18,1 \cdot 0,82 = 14,8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Таким чином, ми змодельували всі три характерних значення максимальних витрат для певного поперечного створу сухої балки – притоки русла р. Сейм.



Рис. 6 – Діалог-повідомлення результатів моделювання

ВИСНОВКИ

Розподілена гідрологічна модель водозбору дозволяє робити опис просторової варіації його гідролого-геоморфологічних характеристик, наприклад, характеристик весняного та зливового екстремального стоку в залежності від визначеного шаблону моделі та її конфігурації.

РГМ в аспекті моделювання через ГІС-засоби передбачає таку модельну конструкцію, яка впроваджує детерміністсько-ймо-вірнісний розподіл розрахованих величин поверхневого стоку та руслових витрат як дискретно по чарунках ЦМР водозбору, так і через створення єдиної континуальної сутності модельних показників для всього географічного простору певного водозбірного басейну.

Принциповою умовою успішності впровадження розподіленого гідрологічного моделювання є вибір ефективних алгоритмів гідрологічного стоку за цифровою моделлю рельєфу, зокрема – алгоритмів, які забезпечують зрозумілу локалізацію концентрації стоку (утворення русел) і окреслюють площу елементарного водозбірного басейну.

Крім реалізації вказаної умови функціональності та графічний інтерфейс користувача ПЗ для розподіленого гідрологічного моделювання мають (і це подається на відповідних ілюстраціях до статті) забезпечувати на вході моделі низку ключових ландшафтних чинників, які б адекватно описували довкілля даного водозбірного басейну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костріков С. В. Автоматизований розрахунок за допомогою модуля-додатка ГІС руслових максимумів від талих вод./ С. В. Костріков // Вісник ХНУ. – 2002. – № 563: Геологія – Географія – Екологія. – С. 205-211.
2. Костріков С. В. Реалізація розподіленої гідрологічної моделі руслових витрат від дощових паводків у річковому басейні./ С. В. Костріков. // Людина і довкілля. 2002. Вип. 4. – Х.: Видавництво ХНУ, 2003. – С. 77-81.
3. Geographic information system modules and distributed models of the watershed: the 10th Anniversary Report / Ed. P. DeBarry. – The ASCE Task Committee on GIS Modules. – Reston, Virginia, 2009 – 135 p.
4. Костріков С. В. Гідролого-геоморфологічний підхід до дослідження водозбірної організації флювіального рельєфу./ С. В. Костріков. // Український географічний журнал. – 2006. – № 3 – С. 46-54.
5. Костріков С. В. Визначення само організаційних властивостей флювіального рельєфу через фрактальні характеристики гідрологічного режиму водозбору / Костріков С.В., Пересадько В.А.// Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2011.- № 3-4. – С. 13-23.
6. Kostrikov S. GIS-Module Ukrainian – Watershed Modeling Software for Environmental Research Purposes / С.В. Костріков // Часопис соціально-економічної географії. – Вип. 10 (1) – Х.: Видавництво ХНУ, 2011. – С. 58-64.
7. Gallant J. C. TAPES-G: a grid-based terrain analysis program for the environmental sciences. / J. C. Gallant, J. P. Wilson // Computers and Geosciences. – 1999. – Vol. 22. – 713-722.
8. Костріков С. В. Атрибутивні дані для ГІС і визначення морфолого-морфометричних атрибутів флювіального рельєфу. С. В. Костріков. // Геоінформатика. – 2004. – № 4. – С. 70-77.
9. Костріков С. В. Цифрові моделі місцевості і три напрямки в геоінформаційному моделюванні водозборів./ С. В. Костріков. // Людина і довкілля. 2002. Вип. 3. – Х.: Видавництво ХНУ, 2002. – С.49-54.
10. Костріков С. В. Морфологія рельєфу як керуюча ланка гідролого-геоморфологічного процесу на водозборі / С. В. Костріков, І. Г. Черваньов // Фізична географія та геоморфологія: міжвідомчий науковий збірник. – К., 2009. – Вип. 56. – С. 67-74.
11. Freeman G. T. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. / G. T. Freeman // Computers and Geosciences. – 1991. – Vol. 17. – P. 413-422.
12. Moore I. D. Terrain analysis programs for the environmental sciences. / I. D. Moore. // Agricultural systems and information technology. – 1992. – Vol. 2. – P. 37-41.

Надійшла до редколегії 29.02.2012

