

УДК 551.4

Байрак Г.Р.

Львівський національний університет імені Івана Франка, географічний факультет

ЗАСТОСУВАННЯ ГІС  
ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПАВОДКОНЕБЕЗПЕЧНИХ РАЙОНІВ  
ІЗ ВРАХУВАННЯМ МОРФОЛОГІЇ ТА ЛІТОЛОГІЇ РІЧКОВИХ ДОЛИН  
(НА ПРИКЛАДІ ДОЛИН РІК ПРИБЕСКИДСЬКОГО ПЕРЕДКАРПАТТЯ)

©Байрак Г.Р., 2013

**Постановка проблеми.** Геоінформаційні системи є незамінним засобом для візуалізації різного роду географічних процесів. У метеорології і кліматології з допомогою ГІС аналізують і порівнюють метеорологічні показники, вивчають багаторічні кліматичні дані та прогнозують зміни. У геології за допомогою інструментів геостатистики визначають кореляційні зв'язки між фізичними властивостями порід та інтенсивністю екзогенних процесів. У геоморфології за допомогою цифрової моделі рельєфу у ГІС представляють рельєф у двовимірному і тривимірному вигляді, в результаті чого рахують його морфометричні параметри, будують профілі та карти за заданими характеристиками. Задаючи та змінюючи вихідні дані, геоінформаційний програмний комплекс опрацьовує задані зміни, на основі чого виникає можливість спостерігати поширення і розвиток небезпечних екзогенних процесів.

Відображення паводконебезпечних районів засобами ГІС можливе власне за допомогою побудови тривимірної моделі рельєфу. На основі цифрової моделі рельєфу, задають висоти території і підйому води під час річкового паводку, після чого визначають площу території, охопленої паводковими водами. До цього в подібних дослідженнях відображали площі поширення підтоплень чисто механічно, за поширенням відміток горизонталей і відповідними рівням підйомів води. Це дуже спрощений підхід, адже не були взяті до уваги морфологічні особливості річкових долин – ділянки їхнього звуження і розширення, коліноподібних вигинів, крутість придолинних схилів, а також геологічна будова заплави і терас долини. Ми врахували ці характеристики і нами була побудована модель підтоплення території докорінно іншого вигляду.

Для досліджень підтоплених паводковими водами районів методами ГІС було вибрано територію Прибескидського Передкарпаття. Вибір зумовлений її розташуванням в зоні розвитку підтоплень населених пунктів Дрогобицького, Жидачівського та Стрийського районів. Територія досліджень охоплює долини рік Бистриці, Тисмениці з її притокою Трудницею, Нежухівки, частини долин Стрия та Дністра на проміжку від впадіння р. Бистриці до міста Жидачів.

**З історії досліджень.** Високі, видатні та катастрофічні повені і паводки стали періодично фіксувати з часу закладання гідропостів у Карпатському регіоні з кінця 19 ст. Ці дані стосувалися рівнів і стоку великих та деяких середніх карпатських рік. За отриманою інформацією склали детальні характеристики повене-паводковим явищам у гірських та передгірських районах Карпат [1-3, 12,15].

З появою на початку 21 ст. геоінформаційних програм точкові дані створив стали моделювати по поверхні згідно контурів рельєфу, отримуючи площинне поширення паводко-повеневих вод. Одними з перших оцінили важливість створення нового типу ГІС для моделювання паводконебезпечних територій науковці США і Данії, які розробили програмні продукти для досліджень повеневих ситуацій [4].

В Україні починаючи з 2001 р. з'являються все нові й нові дослідження, пов'язані з ГІС-моделюванням паводків на різних річках. Однією з перших таких робіт з детальним

висвітленням методики та аналізом площі підтопленої території у басейні Верхнього Дністра була робота науковців Львівського національного університету ім. І.Франка А.Михновича та І.П.Ковальчука [7, 8]. Зазначимо, що не відставали тут науковці з м. Мукачева, які розробили ГІС-модель підтоплення смт Рахів річкою Тисою [13].

Теоретичні можливості використання ГІС для паводкобезпечних районів України з подальшим представленням зацікавленим користувачам виконаних проектів по окремих ріках розробляли такі потужні науково-практичні організації, як Український центр менеджменту землі та ресурсів (УЦМЗР) і представник ESRI в Україні компанія ЕССОМ [5].

Значно просунулось у практичній реалізації геоінформаційних паводкових застосувань Закарпатське басейнове управління водних ресурсів р. Тиса, яке разом з європейськими країнами реалізувало проекти з попередження поширення паводків на р. Тиса, як один з методів використавши програмний комплекс ГІС [11, 14].

Районування території України за ступенем гідрологічної небезпеки, аналіз характеру повеней і паводків України, факторів їх виникнення та ураження окремих територій виконують науковці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту [16].

З початком другого десятиліття з'являються все нові ГІС-проекти з візуалізації площ затоплення населених пунктів паводковими водами різних рік. Цікавою в цьому плані слід відзначити систему моделювання затоплення м. Києва Дніпровськими водами, яка дозволяє побачити історію рівнів підняття води з кроком в 1 год., виконану рядом організацій м. Києва [6]. Спроби змодельовати паводкобезпечні території бачимо також в роботах науковців з Львівської Політехніки [10].

**Цілі статті.** Метою досліджень постала можливість за допомогою засобів ГІС, даних гідропостів і МНС про затоплення територій, а також інформації про геологічну будову території, які впливають на інфільтрацію вод, відобразити площу затоплених земель під час паводку 2008 р. на Прибескидському Передкарпатті.

**Методи досліджень.** Для візуалізації площі затоплених земель була виконана прив'язка та оцифрування топографічних карт масштабу 1:50 000 на відповідну територію у програмному пакеті ArcGIS. Отримано карти морфології рельєфу, крутості схилів та ухилу рік. Дані про літологічний склад відкладів отримані за результатами досліджень Львівського Геотехнічного інституту та власних польових спостережень. Складена карта у вигляді тематичного шару та прив'язана до координат даної місцевості.

Були отримані також дані з гідропостів у м. Дрогобич на р. Тисмениці, с. Озимина на р. Бистриці, м. Стрий на р. Стрий і смт Розділ на р. Дністер про рівні підняття води в названих ріках, а також дані МНС про ступінь підтоплення населених пунктів Львівської області.

У середовищі ArcMap виконано поєднання тематичних шарів площинних і точкових даних і змодельована площа поширення паводкових вод на досліджуваній території Прибескидського Передкарпаття.

**Суть досліджень та основні результати.** Поверхня Прибескидського Передкарпаття сильно розчленована притоками рік Стрия, Бистриці, Тисмениці, Нежухівки. Долини поступово розширюються від краю гір до заплави Дністра. Якщо на виході з гір ширина заплави досягає 100 м (наприклад, р. Тисмениця в околицях м. Дрогобича), то у низов'ях вони мають до 3 км. При вивченні морфології річкових долин спостерігається вріз сучасних русел в алювіальні відклади, що свідчить про новітні тектонічні підняття. В напрямку Стрий-Дрогобич спостерігається широка друга тераса р. Стрий. Третя тераса виражена тільки окремими ерозійними останцями з майже рівною поверхнею [9]. Давня скульптура горбастих межиріч та широкі річкові долини вироблені багатоводною гідрографічною мережею.

Домінуючим типом рельєфу височини є увалисто-хвилястий з розгалуженою ярково-балковою мережею. Значення абсолютних максимальних висот досліджуваної ділянки знаходяться на відмітці 380 м на Дрогобицькій височині, абсолютних мінімальних висот на відмітці 240 м в долині р. Дністра [9]. Відносне перевищення складає відповідно 140 м. Крутість схилів поступово наростає від долин до привершинних частин межиріч. Найбільші показники крутості характерні для правобережних схилів долин і досягають 12°.

Ґрунти дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні на більшій частині території, зокрема, на терасових поверхнях, дернові під лісами, на високих міжрічкових поверхнях, дерново-буроземні глейові – під луками у долинах рік. Це вказує на погану інфільтрацію дощових і талих вод у ґрунти, застій і перезволоження поверхні, а під час інтенсивних злив є однією із причин підняття рівня води.

За даними буріння, виконаними Львівським Геотехнічним інститутом, верхній шар підстеляючих порід є різним у великих і малих долинах рік. Заплавна фація складає найвищі шари розрізів тилових частин заплав рік і утворює верхній покривний горизонт на перших надзаплавних терасах. На великих і середніх ріках (Дністер, Бистриця, Тисмениця) серед відкладів цієї фації переважають супіски та суглинки з гравієм і галькою. У долині р. Стрий на поверхні переважають галечники потужністю 6-8 м. Вони формують заплавну і руслову фацію алювію. Потужність шару осадів цих двох фацій та співвідношення між їхніми об'ємами в межах заплав рік різні. Це зумовлено потужністю потоку, нахилом ложа русла, положенням ділянки у верхів'ях або нижній частині течії, геолого-структурними та морфологічними особливостями будови окремих ділянок річкових долин. Потужність заплавних осадів на Верхньому Дністрі становить у гірській частині близько 4 м, в районі дністерських боліт – 18, на ділянці конуса виносу р. Стрию – 3, на ділянці Колодуби–Розділ – 8–9, в районі с. Журавного – 20–25 м. Потужність фацій сучасної заплави змінюється від десятків сантиметрів до 1,5–2 м, першої надзаплавної тераси – до 2–3 м.

Відклади руслової фації у гранулометричному відношенні представлені гравелисто-гальковими сумішами з вмістом гравію і гальки (50–60%), з валунами (10%) та піщано-глинистими заповнювачами (15%). Потужність руслової фації першої надзаплавної тераси р. Стрий становить 3–5 м. Досить широкий діапазон коефіцієнта фільтрації гравійно-галечникового матеріалу, за дослідними даними,  $K_f = 5–20$  і навіть 50 м/добу. Частіше ці величини не перевищують 15 м/добу, що свідчить про наявність заповнювача [17].

В долинах малих рік у верхньому шарі геологічної структури переважають суглинки. Гранулометричний склад суглинків та супісків заплавної фації терас відзначається строкатістю та несталістю як у розрізах, так і за площею терас; серед них зустрічаються супіски, легкі, середні, важкі суглинки та глини. Всі вони містять гравій, кількість якого значно збільшується в напрямку до підшви схилу. Коефіцієнт фільтрації для суглинків заплавних фацій звичайно не перевищує 0,5 м/добу [17].

Отже, на ділянках долин рік, де переважає гравійно-галечниковий чи піщаний матеріал з гравійно-галечниковим заповнювачем, фільтрація паводкових вод у глибину є значною. Слід очікувати, що на таких ділянках підйом вод під час річних і великих паводків не буде високим. Лише катастрофічні паводки через насичення міжуламкових прошарків порід спричинюють високе стояння вод. Глинисті відклади слабо пропускають воду, стають водупором для надлишкових поверхневих вод. В таких місцях, при однакових геоморфологічних умовах, відбувається більше підняття рівня паводкових вод, ніж на ділянках неущільнених порід.

Внаслідок впливу малорухомого потужного циклону центр якого знаходився над Румунією, та пов'язаних з ним малорухомих атмосферних фронтів, протягом 22-28 липня 2008 року у Карпатах, на території прикарпатських областей і в Закарпатті випадали дуже сильні дощі. За даними спостережень метеостанцій та гідрологічних постів сума опадів, що випали за цей період, склала: у Львівській області – 60-310 мм, у Закарпатській – 63-238 мм, у Івано-Франківській – 38-351 мм, у Чернівецькій – 41-368 мм, у Тернопільській – 92-107 мм, що складає 110-250 % місячної норми опадів.

На досліджуваній території за даними гідропостів на різних ріках Прибескидського Передкарпаття підняття води внаслідок зливових дощів почалось з 15 липня 2008 р. На р. Тисмениця перевищення над стандартним рівнем води складало 1,3 м, на р. Бистриця – 0,2 м, на р. Дністер – 0,9 м, на р. Стрий – 1 м. 19 липня на ріках Бистриця і Стрий починається перша хвиля паводку. Рівень води збільшився відповідно на 0,7 і 2,8 м. На р. Тисмениці ця перша хвиля зафіксована 23 липня, рівень піднявся на 3,2 м. Катастрофічний паводок на притоках Дністра – р. Тисмениця, Бистриця, Стрий почався 25 липня, рівень збільшився на 5,6, 4,0 і 4,0 метра відповідно. Пік паводку припав на 27-28 липня, на р. Стрий підняття становило 8 м від

стандартного рівня у липні (1,9 м). На Дністрі пік складав 4,8 м в районі с.Розвадів – смт Розділ (рис.1).

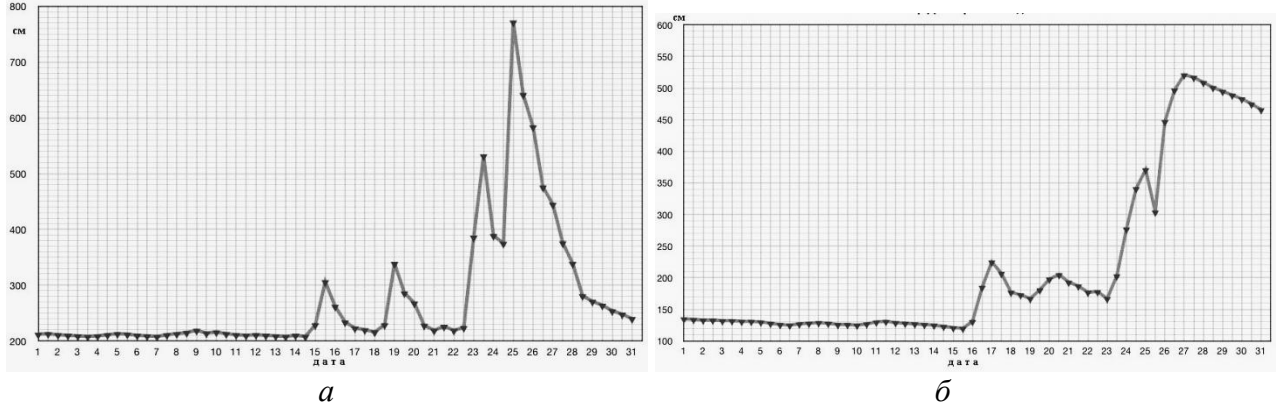


Рис. 1. Графіки підняття рівня води у липні місяці 2008 р. за даними гідропостів у:  
а) м. Дрогобич на р. Тисмениці, б) смт Розділ на р. Дністер.

Для вивчення площ підтоплень досліджуваної території ми враховували характер рельєфу та підстеляючі породи. Рельєф аналізувався за його цифровою моделлю, виконаною в ArcGIS. Зважаючи на характер підстеляючих порід та інфільтрації в них паводкових вод, а також особливості рельєфу території, зокрема, такі як ширина долин і падіння русла у поздовжньому профілі, ми змодельовали площу підтоплення території під час катастрофічного паводку.

Найбільші підтоплення виникли там, де долина звужується і змінюється характер поздовжнього профілю – він стає більш пологим. Враховувався ступінь інфільтрації вод у поверхню ґрунту. Власне він був вищим для галечників і меншим для суглинків. Тому в місцях поширення галечнику рівень вод мав би бути нижчим, ніж там, де розвинуті суглинки. Важливим також було те, що суглинок був достатньо вологим, оскільки перед тим випадали дощі, вони були вологонасичені і тому їхня інфільтраційна здатність була дуже малою, ніж у сухих суглинків.

Дослідження підтверджувалися зведеннями МНС по підтоплених районах і рівнями в них паводкових вод.

Модель підтоплень була виконана в середовищі ГІС. Це дало змогу побачити ділянки звуження та розширення долин. У місцях звуження рівень підтоплень досягав 5 м, а максимальний рівень в районі с. Гірне, перед м. Стрий досягнув 8 метрів. В місцях розширення долин вода піднімалась до 1-3м (рис. 2).

На основі досліджень були пораховані площі підтоплених територій. Найбільше поширення мали території з рівнем затоплення від 1 до 3 м, їхня площа становила 232, 2 км<sup>2</sup>. Це, головню, місця з'єднання малих і великих рік, а також заплава Дністра. У таких долинах зважаючи на їхню перезволоженість і часті повені, були закладені меліоративні канали і захисні дамби. Вони частково вловили паводкові води, але останні, як бачимо, перелились через протипаводкові споруди. Були підтоплені квартали сіл Меденичі, Летиня, Гірне, частково міст Стрия, Жидачева і Дрогобича.

Не меншу територію охопило підтоплення з рівнем стояння води до 1 м. Площа таких територій складала 198,2 км<sup>2</sup>. Були затоплені тераса Дністра та долина р. Нежухівки, в якій густо закладені меліоративні канали з дамбами, що прийняли на себе частину паводкових вод. Характерно, що у долині Нежухівки в с. Нежухів свердловина № 389 під час пошукових робіт Геотехнічного інституту пройшла 19,5-метрову товщу галечників, які залягають на сарматських глинах. Ця товща можливо прийняла на себе частину паводкових вод і підняття їхнього рівня тут було невисоке.

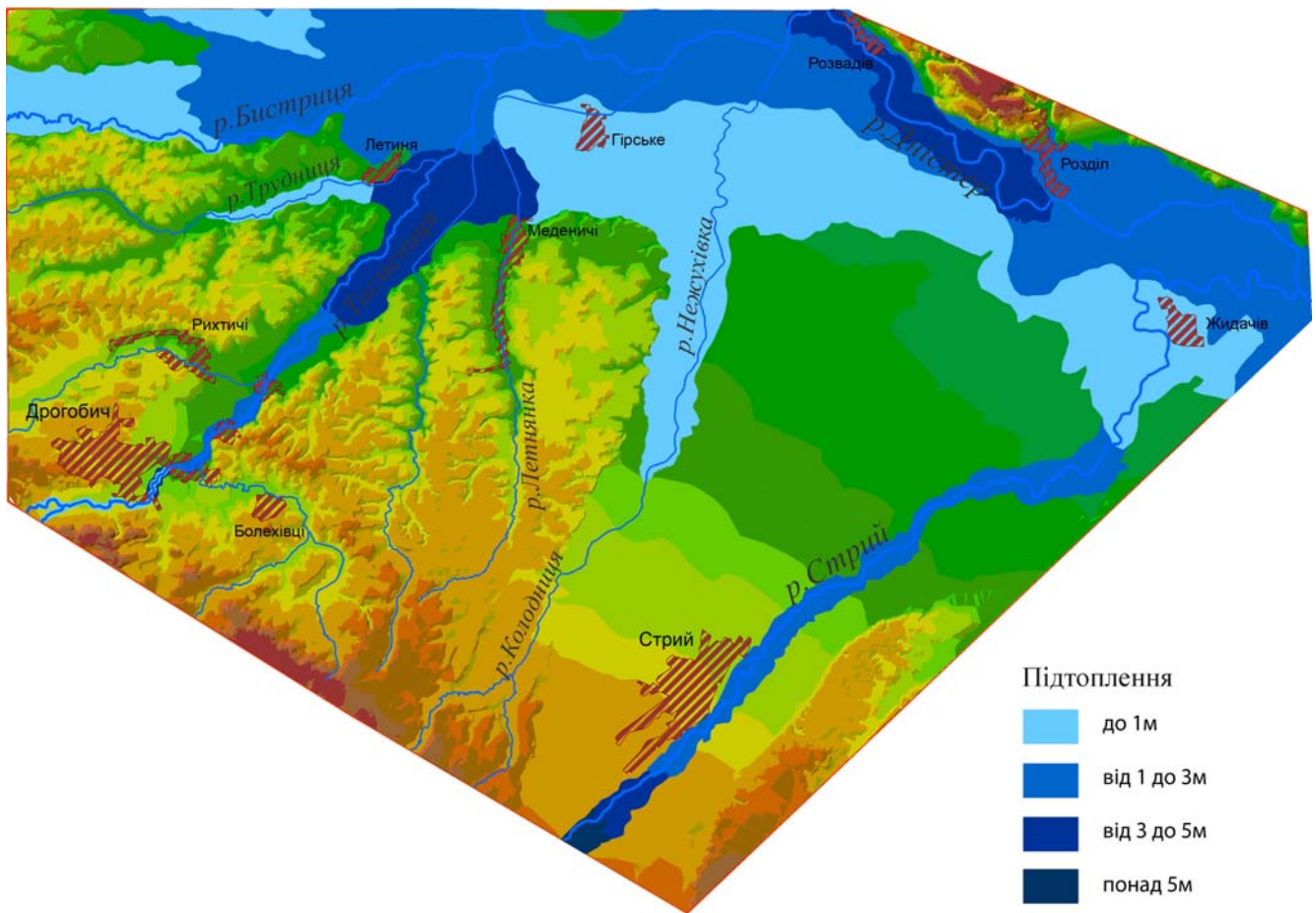


Рис. 2. Фрагмент картосхеми площ підтоплених територій Прибескидського Передкарпаття під час паводку 2008 р. за результатами моделювання у програмі ArcGIS.

Високі рівні підняття води – від 3 до 5 м і вище 5 м спостерігалися на окремих ділянках малих рік, заплави яких складені суглинками, які слабо пропускають воду, а також на великих ріках, таких як Стрий, Дністер, складених галечником, проте звужені ділянки цих долин зумовили підпір і високе стояння вод. Площі таких ділянок відповідно становлять 57,6 і 1,9 км<sup>2</sup>. Понад 5 м відмічалось на ділянці р. Стрий в районі с. Гірне (поза межами карти рис. 2). Від 3 до 5 м спостерігалось на ділянці Дністра між Розвадовим і Роздолом, де ріка робить майже перпендикулярний вигин, а також в місці злиття рік Трудниці і Тисмениці.

**Висновки.** Виконані дослідження дозволяють побачити просторове поширення паводконебезпечних територій у долинах рік, оскільки дані гідропостів мають лише точкове значення і не відображають загальної картини перебігу процесу, а дані дистанційного зондування Землі не можуть бути використані, оскільки територія під час паводку вкрита суцільною пеленою хмар. Тому ГІС-моделювання є найбільш ефективним методом для аналізу розвитку паводкових вод.

Моделюючи площі підтоплення за допомогою цифрової моделі рельєфу, геологічних особливостей території і даних гідропостів, встановили, що максимальні рівні підняття вод характерні для місць звуження долин або їхніх коліноподібних вигинів. Великим по площі стає розлиття паводкових вод у місцях з'єднання двох приток, чи притоки і головної ріки. Саме в таких місцях помітне розширення долин. Тут паводкові води хоча й широко розливаються, проте не мають значної глибини.

Виконані дослідження можуть служити прикладом для моделювання паводкових ситуацій на Пригорганському та Покутсько-Буковинському Передкарпатті.

#### Література:

1. Вишневецький В.І. Максимальні витрати води на річках Українських Карпат// Наук. праці УНДГМІ: Гідрометеорологічні дослідження в Україні. – 1999. – Вип. 247. – С. 102-113.
2. Вишневецький П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні. – Київ: Наук. думка, 1962. – 291 с.

3. Гинко С.С. Катастрофы на берегах рек: речные наводнения и борьба с ними / Под ред. А.И. Чеботарева. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 128 с.
4. Іщук О.О., Ободовський О.Г., Коноваленко О.С. Взаємодія ГІС та проблемно-орієнтованих моделюючих комплексів в системах прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з паводками // Науковий збірник КГУ «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія». – 2002. – т.3 – с. 53-59. [http://www.giscenter.net.ua/articles%5Carticle\\_of\\_18.htm](http://www.giscenter.net.ua/articles%5Carticle_of_18.htm).
5. Іщук О.О., Середінін Є.С. Прогнозування й оцінка наслідків екстремальних повеневих ситуацій засобами просторового аналізу ГІС // Вісник геодезії та картографії, № 2. – 2000. – С.37- 42.
6. Іщук О.О. ГІС в оцінці ризиків від екстремальних ситуацій, викликаних паводками і водопіллям//Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия географическая. Том 25 (64). – 2012. – № 1. – С. 86-94
7. Ковальчук І., Михнович А. Особливості геоінформаційного моделювання катастрофічних паводків у басейні Дністра. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. Науково-технічний журнал. № 3, 2001. – С. 24 – 29.
8. Ковальчук І., Михнович А., Steid I J. Геоінформаційне моделювання гідргеоморфологічних процесів у долині Верхнього Дністра. // Геоморфологічні дослідження в Україні: минуле, сучасне, майбутнє. – Львів: Видавництво ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. – С. 223-227.
9. Кравчук Я.С. Геоморфологія Передкарпаття. – Львів: Меркатор, 1999.
10. Мельник Т. П. Застосування ГІС для потреби попередження стихійних гідрологічних явищ// Вісник Харківського національного університету. – №1037. – 2012. – с.125-132.
11. Оцінка ризику та управління повеннями Закарпатської області. Проект ТАСІС. <http://buvrtyusa.gov.ua/projects>
12. Перехрест С.М., Кочубей С.Г., Печковська О.М. Шкідливі стихійні явища в Українських Карпатах та засоби боротьби з ними. – К.: Наукова думка, 1971.
13. Плиска Л. Моделювання паводків з використанням інструментальної ГІС ArcView // Можливості дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій у вирішенні проблем Полісся: Тези доп. регіон. наради. – Луцьк, 2002. – С. 83–84.
14. Подальший розвиток і гармонізація Верхньо-Тисайських українських і угорських програм розвитку протипаводкового захисту та створення інтегрованої системи прогнозування паводків із застосуванням моделей на основі ГІС. Угорсько-український проект протипаводкового захисту// <http://zakarpattya.net.ua/News/92080>
15. Ромащенко М., Савчук Д. Водні стихії. Карпатські повені. – К.: Аграрна наука, 2002. – 304 с.
16. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових // Наук.праці УкрНДГМІ, 2004 – Вип. 253.
17. Штогрин О.Д. Підземні води четвертинних відкладів Передкарпаття. – К.: АН УРСР, 1963.

Байрак Г.Р.

Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПАВОДКООПАСНЫХ РАЙОНОВ  
 С УЧЕТОМ МОРФОЛОГИИ И ЛИТОЛОГИИ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ  
 (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИН РЕК ПРИБЕСКИДСКОГО ПРИКАРПАТЬЯ)

На сегодняшний день наиболее эффективное применение нашли геоинформационные системы в сфере прогнозирования площадей затоплений во время половодий. В данной статье рассматриваются возможности моделирования наводнений при учете не только высот местности, но и литологического состава пород, влияющего на инфильтрацию вод в глубину слоев. Учтены также морфологические особенности долин, в частности, их сужения и резкие изгибы. Установлено, что эти характеристики в большей степени влияют на высоту подъема вод, тогда как их растекание по площади зависит от ширины долины и впадения больших притоков.

Bayrak G.R.

The Ivan Franko National University of Lviv  
 USE OF GIS FOR THE PRESENTATION OF FLOOD AREAS  
 WITH MORPHOLOGY AND LITHOLOGY OF THE RIVER VALLEYS  
 (ON THE EXAMPLE OF RIVER VALLEYS PRIBESKIDSKOGO PRYKARPATTYA)

This article discusses the possibility of floods GIS-modeling at the height of terrain, rock lithology, which affects the infiltration of water into the depth of the layers. Into account the morphological features of the valleys, in particular, their restrictions and sharp bends. Found that these characteristics have greater effects on the lift height of water, whereas the spreading area is dependent on the width of the valley and the confluence of large affluents.