

УДК 551.4

Г.Р. Байрак

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

На сегодняшний день наиболее эффективное применение нашли геоинформационные системы в сфере прогнозирования площадей затоплений во время паводков.

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.

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.

Постановка проблеми. Геоінформаційні системи є незамінним засобом для візуалізації різного роду географічних процесів. У метеорології і кліматології за 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, у 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 паводка, після чого визначають площу території, охопленої паводковими водами. До цього такими дослідженнями визначали площі поширення підтоплення суто механічно, за поширенням відміток горизонталей і відповідними рівнями підйомів води. Це дуже спрощений підхід, адже не було взято до уваги морфологічних особливостей річкових долин – ділянки їхнього звуження і розширення, коліноподібних вигинів, крутість придолинних схилів, а також геологічну будову заплави і терас долини. Ми врахували ці характеристики і побудували модель підтоплення території докорінно іншого вигляду.

Для досліджень підтоплених паводковими водами районів методами ГІС було вибрано територію Прибескидського Передкарпаття. Вибір зумовлений її розташуванням у 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 ХІХ ст. Ці дані стосувалися рівнів і стоку великих та деяких середніх карпатських рік. За отриманою інформацією складали детальні характеристики повене-паводкових явищ у гірських та передгірських районах Карпат [1–3, 12, 15].

З появою на початку ХХІ ст. геоінформаційних програм точкові дані створів стали моделювати по поверхні згідно з контурами рельєфу, отримуючи площинне поширення паводкоповеневих вод. Одними з перших оцінили важливість створення нового типу ГІС для моделювання паводкобезпечних 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 за окремими ріками розробляли такі потужні науково-практичні організації, як Український центр менеджменту землі та ресурсів (УЦМЗР) і представник ESRI в Україні компанія ECCOM [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 використання програмного комплексу 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 аспекті слід визнати систему моделювання затоплення м. Києва дніпровськими водами, яка дає змогу побачити історію рівнів підняття води з кроком в 1 год, яку виконали організації м. Києва [6]. Спроби змоделювати паводкобезпечні території бачимо також в роботах науковців 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 було виконано прив'язку 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 отримано за результатами досліджень Львівського геотехнічного інституту та власних польових спостережень. Складено карту у вигляді тематичного шару, яку прив'язано до координат місцевості.

Було отримано 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 поєднано тематичні шари площинних і точкових даних і змодельовано площу поширення паводкових вод на досліджуваній території Прибескидського Передкарпаття.

Суть досліджень та основні результати. Поверхню Прибескидського Передкарпаття сильно розчленовано 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 сягають 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 лише 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 становить відповідно 140 м. Крутість схилів поступово наростає від долин до привершинних частин межиріч. Найбільші показники крутості характерні для правобережних схилів долин і сягають 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 свідчить про 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, виконаного Львівським геотехнічним інститутом, верхній шар підстилаючих порід є різним у великих і малих долинах рік. Заплавна фація становить найвищі шари розрізів тилових частин заплави 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 заплаву і руслову фацію алювію. Потужність шару осадів цих двох фацій та співвідношення між їхніми об'ємами в межах заплави 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 заплавної 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 аспекті 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. Доволі широкий діапазон коефіцієнта фільтрації гравійно-галечникового матеріалу, за дослідними даними, $K_{\phi} = 5\text{--}20$ і навіть 50 м/добу. Частіше ці величини не перевищують 15 м/добу, що свідчить про наявність заповнювача [17].

У долинах малих рік у верхньому шарі геологічної структури переважають суглинки. Гранулометричний склад суглинків та супісків заплавної фації терас характеризується 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 підосви схилу. Коефіцієнт фільтрації для суглинків заплавної фації зазвичай 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 водоупором для надлишкових поверхневих вод. У таких місцях за однакових геоморфологічних умов 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, становила: 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, або 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 стандартного рівня води становило 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. Тисмениця цю першу хвилю зафіксовано 23 липня, рівень піднявся на 3,2 м. Катастрофічний паводок на притоках Дністра – ріках Тисмениця, Бистриця, Стрий почався 25 липня, рівень підвищився на 5,6, 4,0 і 4,0 метра відповідно. Пік паводка припав на 27–28 липня, на р. Стрий підняття становило 8 м від стандартного рівня у липні (1,9 м). На Дністрі пік становив 4,8 м в районі с. Розвадів – смт Розділ (рис. 1).

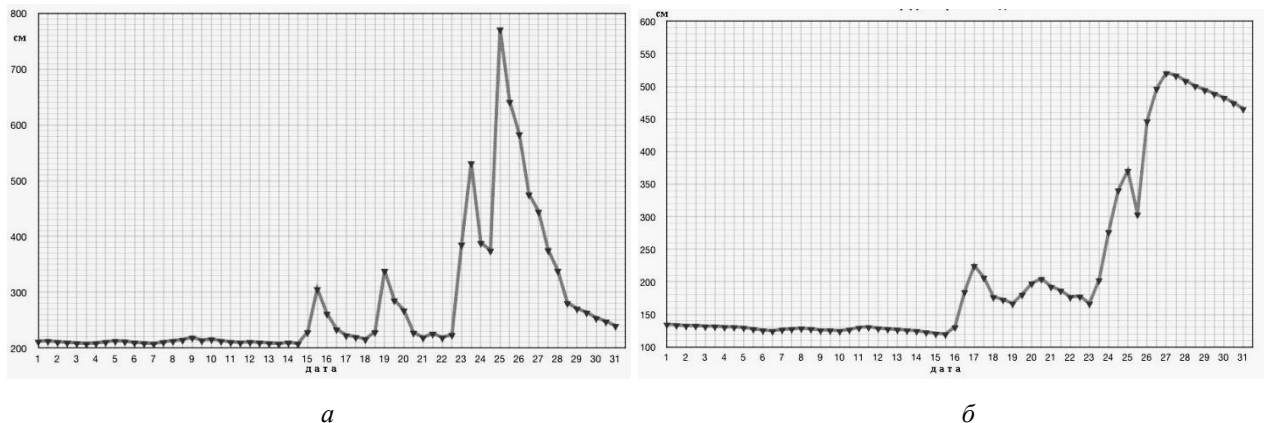


Рис. 1. Графіки підняття рівня води у липні місяці 2008 р. за даними гідропостів у:

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 аналізували 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 змоделювали 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 меншою, ніж у сухих суглинків.

Результати досліджень підтверджено зведеннями МНС за підтопленими районами і рівнями в них паводкових вод.

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

На основі досліджень було пораховано площі підтоплених територій. Найбільшою була площа територій з рівнем затоплення від 1 до 3 м – 232,2 км². Це головню місця з'єднання малих і великих рік, а також заплава Дністра. У таких долинах, зважаючи на їхню перезволоженість і часті повені, було закладено 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 становила 198,2 км². Було затоплено терасу Дністра та долину р. Нежухівки, в якій густо закладено 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 частину паводкових вод, і підняття їхнього рівня тут було незначним.

Високі рівні підняття води – від 3 до 5 м і понад 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 км². Підйом понад 5 м спостерігали на ділянці р. Стрий в районі с. Гірне (поза межами карти рис. 2), від 3 до 5 м – на ділянці Дністра між Розвадовим і Роздолом, де ріка робить майже перпендикулярний вигин, а також в місці злиття рік Трудниця і Тисмениця.

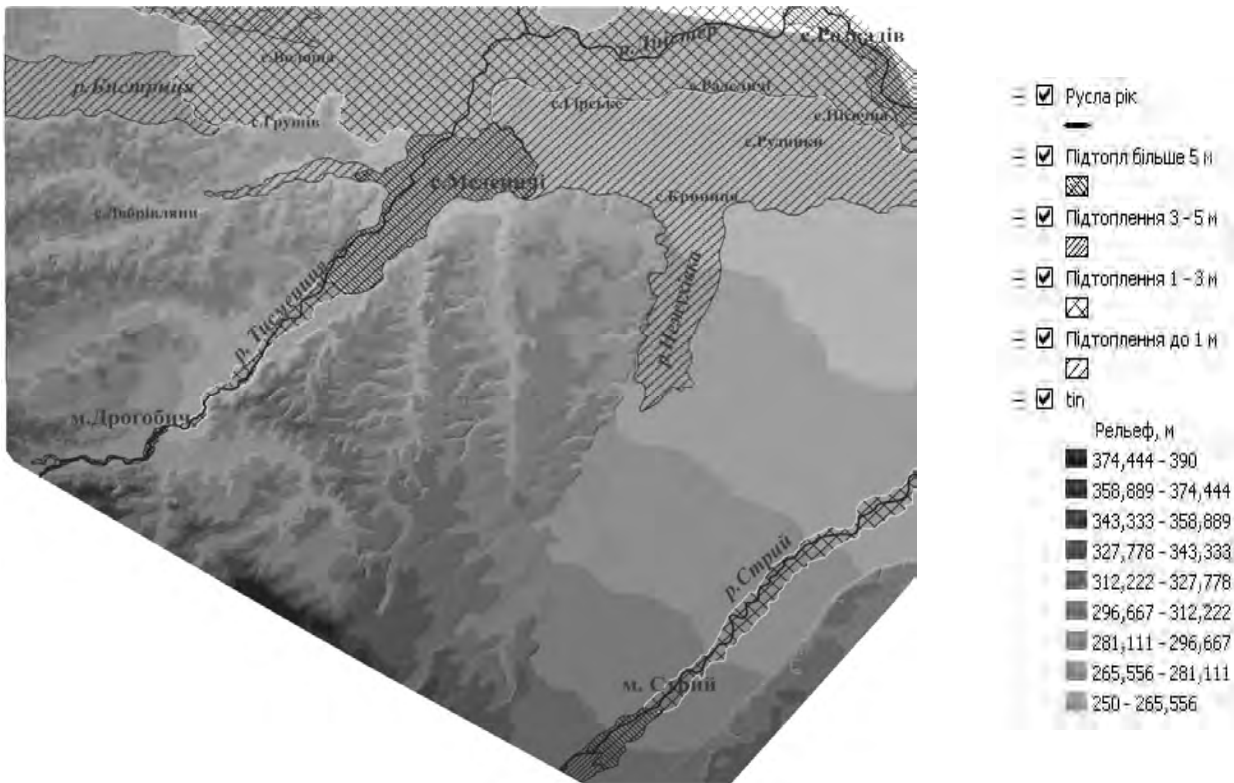


Рис. 2. Фрагмент картосхеми площ підтоплених територій Прибескидського Передкарпаття під час паводку 2008 р. за результатами моделювання у програмі ArcGIS

Висновки. Результати досліджень дають змогу побачити просторове поширення паводконебезпечних територій у долинах рік, оскільки дані гідропостів мають лише точкове значення і не відображають загальної картини процесу, а дані дистанційного зондування Землі не можна використати, оскільки територія під час паводку вкрита суцільною пеленою хмар. Тому ГІС-моделювання є найефективнішим методом 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 за площею 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 слугувати прикладом для моделювання паводкових ситуацій на Пригородському та Покутсько-Буковинському Передкарпатті.

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. – К.: *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.: *Гидрометеоиздат*, 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.
5. Іщук О.О., Середінін Є.С. Прогнозування й оцінка наслідків екстремальних повеневих ситуацій засобами просторового аналізу ГІС // *Вісник геодезії та картографії.* – 2000. – № 2. – 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.* – Т. 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 повенями Закарпатської області. Проект TACIS. // <http://buvrtysa.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. Плиська 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.