

УДК 542.06: 556.166

МОДЕЛЮВАННЯ ПАВОДКОВИХ СИТУАЦІЙ У ВИНОГРАДІВСЬКОМУ РАЙОНІ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Чонка І.І., Порада Н.П.

ДВНЗ “Ужгородський національний університет”,
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000, e-mail: depchem@univ.uzhgorod.ua

Сучасні методи прогнозу розвитку паводків, які дають змогу передбачити тільки кількісні характеристики змін у річкових басейнах, ґрунтуються на результатах вивчення стану поверхневих або підземних вод [1, 2] без урахування їх взаємодії між собою та з біотичними факторами [3, 4]. Серед існуючих моделей розрахунку паводкових ситуацій найбільш широко використовуються і є ефективними математичні моделі, які базуються на рівняннях математичної фізики [5-7]. В Україні широке розповсюдження знайшли моделі А. В. Огієвського (1938, 1945), В. І. Мокляка (1949, 1957), П. Ф. Вишневського (1964), Й. А. Железняка (1965, 1985) та ін. Суттєвим недоліком є те, що їх не можна застосовувати для великих за обсягом річкових басейнів, а тільки для окремих локальних ділянок через складності розробки і математичного обґрунтування. З іншого боку, більш прості і широко відомі концептуальні балансові моделі паводкових ситуацій дозволяють отримати лише наближені кількісні оцінки. Однак, на практиці їх важко належним чином науково обґрунтувати та забезпечити необхідною інформацією, для збору якої потрібна розвинута мережа пунктів спостережень за санітарно-екологічним станом як поверхневих та підземних вод, так і відповідних територій з притаманними їм природними особливостями та рівнем розвитку соціально-екологічних структур.

Інформаційні моделі, які синтезуються за допомогою космічних знімків високої роздільної здатності, електронних карт місцевості та включають цифрові моделі її рельєфу, набувають останнім часом все

більшого застосування. Однак вони потребують подальших досліджень щодо проблеми їх практичного використання для оцінки і прогнозу розвитку паводкових ситуацій з метою прийняття управлінських рішень.

Тому дослідження, пов'язані з розробкою науково обґрунтованої методики комплексного прогнозу екологічного стану річкових басейнів в залежності від рівня сумарного антропогенного навантаження на них та рекомендацій по її впровадженню, є важливою актуальною народногосподарською та науковою проблемою [8]. Для вирішенні цієї наукової проблеми, ускладненої врахуванням процесів формування водних ресурсів згідно басейнового принципу та регіональними особливостями адміністративних областей України, необхідною є розробка теоретичного обґрунтування вказаних процесів із залученням фундаментальних основ системного аналізу, гідрології та фізичної хімії поверхневих і підземних вод із врахуванням при цьому теорії геоінформаційних систем. Таке теоретичне обґрунтування необхідним є і для розробки надійних адекватних моделей прогнозу екологічного стану річкових басейнів Закарпаття [8, 9]. Реалізація таких моделей за допомогою математичних та інформаційних методів із залученням існуючих наукових даних спостережень за реальними об'єктами дозволить створити надійну розрахункову базу в системі управління природокористуванням в цілому, і, зокрема, в умовах надзвичайних ситуацій на державному та регіональному рівнях.

Окреслена вище низка невирішених питань свідчить про актуальність проблеми моделювання паводкових ситуацій, пов'язаної із забезпеченням більш надійних моделей / методів оцінки та прогнозу екологічного стану річкових басейнів Закарпаття.

Тому, метою даної роботи є апробація методу CN-кривих для обрахунку поверхневого стоку з метою отримання достовірної інформації про коливання водного стоку у часі з подальшою можливістю використання отриманих даних для побудови довгострокових прогнозів та багатофакторних моделей паводків.

Матеріали та методи досліджень

До найбільш відомих методів розрахунку стоку з малих водозбірних басейнів належить метод стокових кривих „CN” (“curve number”), розроблений американським гідрологом та гідравліком китайського походження Вен Ті Чоу (Ven Te Chow). CN-метод є відносно простим і, внаслідок своєї дієвості для малих водозборів, є хорошим компромісом між точністю та трудоємністю розрахунків.

Параметри розрахунку стоку з

річкового басейну р. Тиси у Виноградівському районі.

Для розрахунку обсягів поверхневого стоку з досліджуваної кадастрової одиниці використовували ортофотоплани кадастрової одиниці – Виноградівського району, дані про характер опадів, кадастрові карти, інформацію про земельні ділянки, розміщення на них нерухомого майна, про ґрунтово-екологічні елементи та структуру рослинності для кожної з частин аналізованої кадастрової одиниці, карти опадів на основі даних ГМЦ.

Щоб отримати значення CN-кривих потрібно було знати:

- гідрологічні характеристики ґрунтів в басейні,
- гідрологічні характеристики ґрунтового покриву,
- гідрологічні характеристики окремих способів обробки ґрунту.
- гідрологічні характеристики вологості ґрунтів.

Гідрологічні характеристики ґрунтів. З огляду на потреби методу CN-кривих ґрунти поділяють на 4 категорії в залежності від їх інфільтраційних властивостей (табл. 1).

Таблиця 1.

Гідрологічні категорії ґрунтів для методу CN-кривих

Категорія ґрунтів	Фільтруючі та дренажні властивості ґрунту	Характерні види ґрунтів
A	ґрунти з високою інфільтруючою здатністю навіть при повному насиченні водою	Глибокий пісок і гравій
B	ґрунти із середньою здатністю до інфільтрації навіть при повному насиченні водою, та хорошим дренажем	Помірно глибокі та глибокі піщані та глинисто-піщані ґрунти
C	ґрунти з низькою здатністю до інфільтрації навіть при повному насиченні водою, та слабким дренажем	Суглинки та ґрунти з глиняними прошарками
D	ґрунти з дуже низькою здатністю до інфільтрації і без властивостей дренажу	Глини та ґрунти з іншими обмеженнями дренажу та інфільтрації

Гідрологічні властивості ґрунтового покриву. Гідрологічні властивості ґрунтового покриву, які характеризують ступінь змочування ґрунту дощовими водами, залежать від:

- щільності і висоти рослин;
- щільності і глибини їх кореневої системи;

- кількості і різноманіття рослинних залишків.

Враховуючи, що дізнатися докладну інформацію про рослинний покрив в більшості випадків було дуже важко, його гідрологічні властивості визначали на основі використання земель у водозбірному басейні,

зокрема розрізняли:

А. Поля сівозмін, які з гідрологічної точки зору, діляться на “добрі” та “погані”:

- “добрі” – це ті, в структурі фітоценозу яких високий відсоток багаторічних кормових трав і бобових для поліпшення структури ґрунту і збільшення його інфільтруючого потенціалу;
- “поганими” вважали ті ґрунти, на яких переважають широкорядні посадки овочевих культур.

В. Природні пасовища, що з гідрологічного погляду розділяються на “хороші”, “середні” та “бідні”, відповідно до ступеню покриття площ рослинністю, та, відповідно, до обсягів врожаю вирощених культур.

С. Поля багаторічної трав'яної рослинності – не випасуються, 100% рослинне покриття, представляють собою ідеальний варіант позитивного впливу аграрного використання ґрунтів басейну на поверхневий відтік опадів (тобто відповідають найменому значенню CN-кривої). З гідрологічного погляду, поля з таким рослинним покриттям є однозначно “добрим рослинним покривом”.

Д. Ліси та заліснені площі – діляться на “хороші”, “середні” і “погані”, в залежності від того, залишають чи не залишають опале листя, гілки і т.і. на поверхні ґрунту.

Гідрологічні характеристики типів обробки ґрунтів. Для гідрологічної класифікації типів обробки ґрунту важливим є врахування:

1. напрямку агротехнічних дій;
2. впливу протиерозійних заходів.

Тому, для використання методу CN-кривих обов'язково потрібно оцінити правильність технологічної обробки ґрунтів: і) відповідність обробки напрямку схилу та куту його нахилу; ii) відповідність методу посадки рослин до параметрів схилу; iii) потребу терасування земель.

Розрахункова функція для методу CN-кривих. Для розрахунку стоку з досліджуваного водозбору розраховували значення CN-кривих, в діапазоні від 0 до 100. Значення CN=100 означає, що всі опади, що потрапили на територію водозбору або його частини, відводяться поверхневим стоком, а значення CN=0 означає, що всі опади всмоктуються (інфільтруються) до ґрунту. Для кожного мікробасейну (мікрководозбору)

розраховували значення CN-кривої, яке залежить від типу ґрунту (з гідрологічної точки зору) і його рослинного покриву. Для цього кадастрову карту Виноградівського району накладали на основу ортофотоплану (отриману завдяки ГІС-технологій), і здійснювали типування земель, тобто відносили кожен з мікробасейнів до одного з основних типів поверхні. Для даного типу поверхні знаходили відповідне значення CN-кривої по спеціальних таблицях. В роботі використовували результати огляду місцевості та консультацій з лісниками, фермерами, іншими місцевими жителями.

Метод CN-кривих дозволяє визначити основні характеристики водозбірних басейнів, а саме параметри А, $H_{o.p.}$, $O_{o.p.}$ з наступних рівнянь:

$$A = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right);$$

$$H_{o.p.} = \frac{(H_z - 0.2 \cdot A)^2}{H_z + 0.8 \cdot A};$$

$$O_{o.p.} = \frac{H_{o.p.} \cdot S_p}{1000}, \text{ де:}$$

А – потенціальна ретенція ділянки, що розглядається, мм;

CN – значення CN-кривих для ділянки, що розглядається;

$H_{o.p.}$ – величини поверхневого стоку з ділянки, що розглядається, обумовлені відповідними опадами, мм;

H_z – величина екстремальних опадів, мм;

$O_{o.p.}$ – об'єм поверхневого стоку з ділянки, що розглядається, обумовлений екстремальними опадами, м³;

S – площа досліджуваної ділянки, м².

Для перевірки придастності використання вище зазначених математичних функцій для обрахунку обсягу поверхневих стоків у водних басейнах Закарпаття використовували дані про добову кількість екстремальних опадів (H_z) у 1998 та 2001 роках, які призвели до катастрофічних паводків, зокрема, у Виноградівському районі. Інформацію про кількість опадів отримували із даних Гідрометеоцентру України (рис. 1).



Рис. 1 Ізолінії кількості опадів по території Закарпаття під час паводку 1998р. та 2001р. (дані Гідрометцентру України)

Для обрахунку площі водозбору (параметр S) використовували кадастрову карту Виноградівського району, отриману в ДП «Закарпатгеодезцентр», та програмне забезпечення пакету „Digitals/Delta for Windows (version 5.0)”, яке дозволяє автоматично обраховувати площу кадастрових ділянок.

Кадастрову карту накладали на відповідну супутникову карту, отриману через Інтернет-мережу за допомогою програмит „Google Планета Земля” для того, щоб встановити спосіб використання тої чи іншої ділянки ґрунту.

Для автоматичного обрахунку параметрів поверхневого стоку використовували аналітичний пакет програм комплексу „Microsoft Excel 2000”.

Результати та їх обговорення

Сучасний гідрологічний прогноз будується за допомогою математичного моделювання. Модель, як засіб наукового дослідження, представляє собою абстрактну систему, що відображає найбільш характерні особливості гідрологічних явищ. Найбільшу

складність при моделюванні, як показує наш досвід, становить отримання фактичної інформації про рельєф, рослинне покриття ділянок, дані щодо господарського використання ділянок. Однак таку інформацію все ж можливо отримати з використанням супутникових знімків Землі, сучасних ГІС-технологій. Супутникові знімки використовуються для щоденного моніторингу паводків, наприклад, в Українському центрі менеджменту землі і ресурсів. Інформація із супутника щоденно надається від УЦМЗР у розпорядження зацікавлених сторін і, зокрема, МНС України.

Згідно результатів наших розрахунків поверхневий стік з території Виноградівського району під час екстремальних весняних опадів 1998 року складав $62\,143\,133\text{ м}^3$ води у той час, як у звичайні весняні дні, для порівняння, коли добова кількість опадів може сягати 25 мм, він складає $38\,992\,525\text{ м}^3$. У 2001 році поверхневий стік із досліджуваної території був ще більшим ($85\,979\,496\text{ м}^3$), оскільки добова кількість опадів місцями досягала 125 мм. Таким чином, обсяг добового

поверхневого стоку води у 2001 році збільшився у порівнянні із даними 1998 року майже у 1,5 рази, а у порівнянні із звичайними обсягами стоків – у 3 рази. Очевидно, що за такої кількості опадів ґрунти Виноградівського району, які відносяться до важких суглинків з низькою здатністю до інфільтрації, навіть при

неповному насиченні водою не можуть її поглинути.

Нами здійснено розрахунок частки у загальній кількості поверхневого стоку 6 типів ділянок в залежності від типу її господарського використання та кількості опадів. Результати розрахунків наведені в таблицях 2, 3, 4.

Таблиця 2.

Розрахунок поверхневого стоку з ділянок різного типу при добовій сумі опадів 25 мм

Тип господарювання	Площа, м ²	Поверхневий стік, м ³	% стоків від загального об'єму
Ліс	133 309 124	10 462 943	27
Луки	18 578 696	1 555 407	4
Населені пункти	200 703 619	10 492 068	27
Орні землі	125 356 482	7 414 257	19
Комунікації	154 485 985	5 972 989	15
Інші угіддя	53 304 374	3 094 861	8
	685 738 280	38 992 525	

Таблиця 3.

Розрахунок поверхневого стоку з ділянок різного типу при добовій сумі опадів 45-80 мм

Тип господарювання	Площа, м ²	Поверхневий стік, м ³	% стоків від загального об'єму
Ліс	133 309 124	16 698 600	27
Луки	18 578 696	1 261 663	2
Населені пункти	200 703 619	11 820 564	19
Орні землі	125 356 482	2 322 515	4
Комунікації	154 485 985	15 009 638	24
Інші угіддя	53 304 374	15 030 153	24
	685 738 280	62 143 133	

Таблиця 4.

Розрахунок поверхневого стоку з ділянок різного типу при разовій сумі опадів 80-125 мм

Тип господарювання	Площа, м ²	Поверхневий стік, м ³	% стоків від загального об'єму
Ліс	133 309 124	18 904 286	22
Луки	18 578 696	2 588 020	3
Населені пункти	200 703 619	24 836 611	29
Орні землі	125 356 482	16 124 235	19
Комунікації	154 485 985	16 797 657	20
Інші угіддя	53 304 374	6 728 687	8
	685 738 280	85 979 496	

Встановлено, що в загальній сумі обсягів поверхневого стоку в нормі найбільшу частину формують ділянки лісу, орних земель та населених пунктів (рис. 2). Під час повеней, в залежності від кількості опадів, на сумарний об'єм поверхневого стоку більшою мірою починають впливати ділянки, через які проходять комунікації (транспортні шляхи, газоводи, водогони тощо), при цьому зменшується роль лісів та лук.

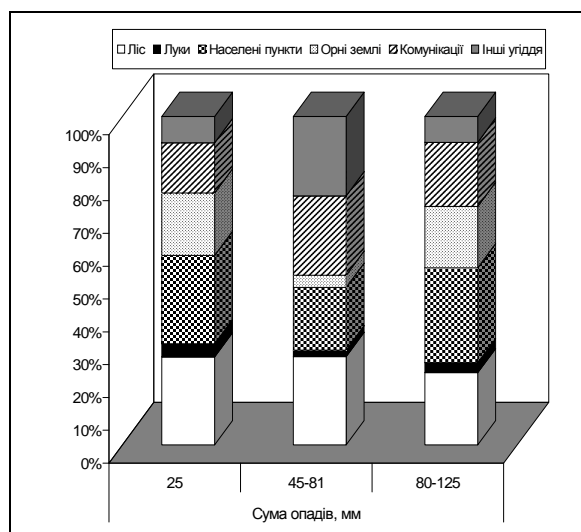


Рис. 2. Частка досліджуваного типу ділянки у формуванні поверхневого стоку за різної кількості опадів.

Встановлено, що якщо опади сягають понад 80 мм на добу, збільшується об'єм поверхневого стоку із заселених ділянок.

Цікаво, що чим більш інтенсивні опади, тим меншу роль у формуванні поверхневого стоку відіграє ліс та рілля. Це пов'язано, імовірно, із типом ґрунту. Очевидно, що важкі суглинки при великій кількості води швидко досягають насичення і тоді навіть коренева система рослин не здатна зарадити зниженню поверхневого стоку.

Отже, на нашу думку, згідно результатів наших досліджень причина паводків не пов'язана із низьким ступенем заліснення території області. Паводки на Закарпатті в першу чергу пов'язані із особливостями ґрунтового покриву. Тут переважають важкі глинисті та суглинисті ґрунти з низьким ступенем інфільтрації. Найбільшого зниження поверхневого стоку,

наприклад з території Виноградівського району, можна досягти завдяки збільшенню частки лучних екосистем на території області, або ріллі.

Висновки

Прогнозування та оцінка наслідків надзвичайних паводкових ситуацій є сукупністю заходів із складання метео- та гідрологічних прогнозів, комп'ютерного моделювання в ГІС та застосування космічних знімків для аналізу паводкових та пост-паводкових процесів. Уникнути катастрофічних наслідків паводків дозволить раціональне використання територій, вдалі попереджувальні заходи та готовність населення до певних протипаводкових дій при надзвичайних подіях.

Завдяки використанню методу CN-кривих встановлено, що під час паводків обсяг поверхневого стоку з території Виноградівського району збільшується у 1,5-3 рази. Ґрунти важкого механічного складу цієї області не здатні швидко поглинути таку значну кількість вологи.

Встановлено, що ступінь заліснення території у Виноградівському районі суттєво не змінює величину поверхневого стоку. Найбільше впливають на зниження цього показника ділянки, на яких розміщені луки та орні землі.

Література

- Кіндюх Б. В. Гідрографічна мережа та зливовий стік річок Українських Карпат: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора географ. наук: спец. 11.00.07 "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія" / Б. В. Кіндюх. – Київ, 2004. – 21 с.
- Волошкіна О. С. Наукове обґрунтування прогнозу стану річкових басейнів України і методи його оцінки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техніч. наук: спец. 21.06.01 – "Екологічна безпека" / О. С. Волошкіна. – Київ, 2004. – 37 с.
- Овчарук В. А. Розрахункові характеристики максимального стоку весняної повені у басейні р. Сіверський Донець: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. географ. наук: спец. 11.00.07 "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія" / В. А. Овчарук. – Одеса, 1998. – 20 с.
- Гопченко Е. Д. О влиянии залесенности на максимальный паводочный сток в Закарпатье: Міжвід. наук. зб. України "Метеорологія,

5. Кліматологія і гідрологія” / Е. Д. Гопченко, О. В. Краснова. – Одеса, 2002. – Вип. 46. – С. 374-380.
6. Краснова О. В. Максимальний стік дощових паводків з малих водозборів у Закарпатті: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. географ. наук: спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / О. В. Краснова. – Одеса, 2002. – 15 с.
7. Приймаченко Н. В. Структурні особливості дощових паводків на гірських водозборах / Н. В. Приймаченко // Наук. праці УкрМДГНІ. – 2003. – Вип. 251. – С. 49-53.
8. Прогнозування та оцінка наслідків надзвичайних паводкових ситуацій: Мат. конференції “Природний камертон. Природа. Людина. Суспільство”, 18-22 лютого 2002р. – Вид. УІНСір при Раді національної безпеки і оборони України / Я. Пархісенко. – К: 2002. – №3. – С.18-21.
9. Чорноморець Ю. О. Оцінка циклічності багаторічних коливань стоку річок Українських Карпат: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. географ. наук: спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / Ю. О. Чорноморець. – Київ, 2007. – 16 с.
10. Ободовський О. Г. Регіональний гідролого-екологічний аналіз руслових процесів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора географ. наук: спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / О. Г. Ободовський. – Київ, 2002. – 25 с.

MODELING OF FLOOD SITUATIONS IN VINOGRADIVSKY AREA OF ZAKARPATTYA REGION

Chonka I.I., Porada N.P.

By a method "Curve number" it is set the volume of superficial flow from territory of Vinogradivsky area is increased in 1,5-3 times. Soils of heavy mechanical composition of this area are not able quickly to eat up such far of moisture. It is set that the forest coverage of territory in the area of Vinogradivsky substantially does not change the size of superficial flow. Carry out influence on the decline of this index the areas on which the placed meadows and agriculture soils.