

Москаленко С.О.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

ОЦІНЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ТА ПІДПОВЕРХНЕВОГО ВОДОУТВОРЕННЯ У ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА МАЛИХ РІЧКАХ ПРАВОБЕРЕЖЖЯ ПРИП'ЯТІ

Ключові слова: дощовий паводок, формування паводку, математичне моделювання, параметри моделі, процеси стоку, водоутворення

Вступ. Розробка математичних моделей формування стоку повинна супроводжуватися одночасною систематизацією її параметрів, які відображають об'єктивні фізичні характеристики та особливості водозборів та повинні бути присутніми у будь-яких моделях формування стоку. Параметри моделі повинні бути узагальнені й нормовані, склавши певний розділ інформаційної бази даних для моделювання процесів стоку. Для цього важливим є оцінювання оптимальних та встановлення достовірних значень параметрів моделі для конкретного річкового водозбору.

Мета, завдання та методика проведених досліджень. У роботі на основі аналізу модельних розрахунків стоку під час дощових паводків на малих річках Правобережжя Прип'яті визначено структурні складові дощового паводкового стоку для цих водозборів. Математична модель, яка була використана у дослідженні (Дощ-3), є системою імітації процесів формування дощових паводків з паралельними підсистемами водоутворення. Під час розвитку паводку у кожній такій підсистемі з використанням відповідних початкових та поточних даних визначається формування певного виду водоутворення (стікання) – поверхневого, підповерхневого (внутрішньогрунтового), підземного. Параметри моделі відображають ґрунтові, гідрографічні, морфометричні, гідравлічні властивості водозборів, а моделююча система процесів формування дощового стоку – часткові процеси формування стоку води на кожному частковому водозборі: випаровування, затримання води на поверхні водозбору та в ґрунтовому шарі, інфільтрація, фільтрація, утворення поверхневого та підповерхневого (внутрішньогрунтового) стоку [2, 3, 7-10].

Одне із центральних місць у моделях формування стоку займають блоки стікання води в межах річкових басейнів [8, 11]. Цільова функція таких блоків – дати можливість оцінити приплив води по схилах в руслову мережу й далі по руслах до замикального створу. Способи опису процесу руху води в річковому басейні зазвичай визначають структуру математичної моделі формування стоку в цілому.

Водовіддача з будь-якого шару ґрунту відсутня доти, поки його вологовміст не перевищить максимальну вологоутримуючу здатність. Як

тільки цей рівень досягнуто, вся додаткова вода повністю залишає цей шар і надходить у нижчерозташований. Якщо низька інфільтраційна здатність деяких шарів ґрунту накладе обмеження на вільне просочування води, то формується підповерхневий (внутрішньогрунтовий) стік [2].

Саме розділення стікання дощових вод на поверхневе, внутрішньогрунтове й підземний стік, що чітко здійснюється при математичному моделюванні, повністю невиражене при емпіричних оцінках типу традиційного розчленовування гідрографів стоку. У дослідженні формування поверхневого та підповерхневого (внутрішньогрунтового) водоутворень, гідрографи припливу до руслової мережі й стоку до замикального створу є результатом багаторазового осереднення локальних модельних процесів стікання по схилах і русловій мережі, адекватність яких природним процесам стікання не підтверджена. Єдиним критерієм працездатності моделі залишається тільки ступінь збігу розрахованих і спостережених гідрографів у замикаючому створі.

Аналіз попередніх досліджень. Важливим питанням при формуванні дощових паводків є співвідношення поверхневого, підповерхневого (внутрішньогрунтового) й підземного типів стокоутворення.

Перші відомі теорії стоку, які засновані на безпосередніх спостереженнях, пов'язані з постулатом про поверхневе стікання. Відхилення від цього звичного правила звичайно розцінювалися як виняткові. Приблизно в цей же час стало популярним заперечення самої можливості формування паводків внутрішньогрунтовим стоком. Спроба доказу, що максимальні модулі внутрішньогрунтового та підземного стоку незначні, була заснована на порівнянні коефіцієнтів фільтрації зі швидкостями поверхневого стікання. Але у дійсності в місцях формування швидкого ґрунтового стоку розвинена густа підземна дренажна мережа, у якій швидкості течії дощових вод можуть бути лише на порядок нижче поверхневих. Й зараз можна зустріти ствердження про досить незначну роль класичного поверхневого стоку [1, 5, 6].

Дослідження у цьому напрямку в основному для гірських водозборів проводилось вченими Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту – Соседко М.М., Лук'янець О. І., Масловою Т. В., Приймаченко Н.В. [4, 6-11].

У даній роботі на основі математичного моделювання процесів формування дощового стоку на правих притоках Прип'яті (на річках Виживка, Стохід, Родоставка, Тур'я, Стир, Горинь, Случ, Уборть) досліджено співвідношення, перерозподіл у часі та трансформацію поверхневого та підповерхневого (внутрішньогрунтового) водоутворення під час дощових паводків різної висоти.

Отримані результати. Для дослідження були використано результати модельних розрахунків більш ніж 60 паводків різної висоти для басейнів Правобережжя Прип'яті з площами водозборів від 231 до 2480 км². Для річок досліджуємого басейну розрахунковий проміжок часу – 12 годин. При цьому проаналізовано результати з відпрацьованою оптимальною

структурою моделі для кожного конкретного басейну з оцінкою параметрів шляхом мінімізації критерію якості, що оцінює близькість обчисленого й спостереженого гідрографів.

На рис. 1 та 2 показано порядок проведеного аналізу – співвідношення, перерозподіл у часі та трансформацію поверхневого та підповерхневого (внутрішньогрунтового) водоутворення під час дощових паводків різної висоти. Для цього побудовано за результатами модельних розрахунків кругові діаграми часток поверхневого, підповерхневого водоутворення, величини втрат води при формуванні паводків; деталізовані у часі (за розрахунковий проміжок часу) гістограми поверхневого, підповерхневого водоутворення та гідрографи їх стікання; графіки зміни внесків різних видів стоку у часі при формуванні паводкової хвилі в замикальному створі, а також графіки порівняння розрахованого та фактичного гідрографів стоку в замикальному створі.

На рис. 1 представлено результати моделювання та проведений аналіз високого дощового паводку 1969 р. на р. Случ – Громада, на рис. 2 – дощового паводку середньої висоти 1974 р. на р. Вижівка – Стара Вижівка.

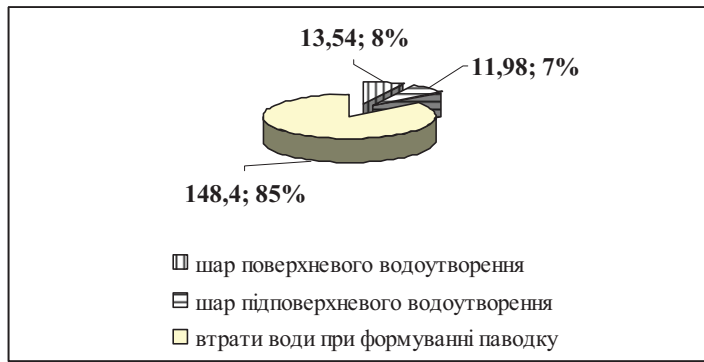
Середні за дощовий паводок коефіцієнти стоку у досліджених басейнах становить 20-30% з невеликою різницею як для високих, так й для низьких паводків. Але в окремі дощові періоди їхні значення протягом 12 -24 годин можуть сягати 0,50-0,85.

При формуванні високих паводків на поверхневе водоутворення від загальної кількості стікаючої від опадів води у середньому приходиться 34%, відповідно 66% складає підповерхневе (внутрішньогрунтове) водоутворення.

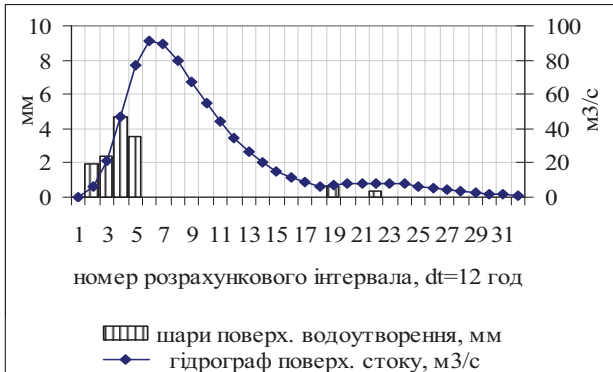
При формуванні середніх та невисоких паводків переважає підповерхневе водоутворення – 85%, й лише 15% стікає поверхнею. Хоча при аналізі низьких паводків були такі, які майже на 100% сформовані підповерхневим стоком (табл. 1).

Таблиця 1 Частки та питома вага видів стоку (%) при формуванні дощових паводків різної висоти за результатами модельних розрахунків на водозборах Правобережжя Прип'яті

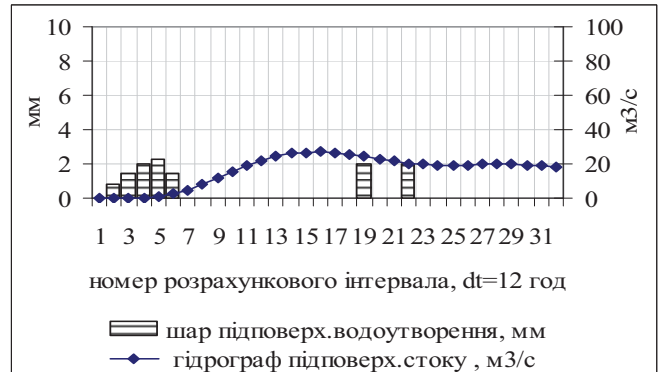
Частки та питома вага видів стоку (%)	Частки від опадів		Питома вага стоку		
	при паводках різної висоти				
	Поверхневого водоутворення	Підповерхневого водоутворення	Поверхневого стоку	Підповерхневого стоку	Підземного стоку
Паводки відповідної ймовірності перевищення					
Високі паводки (ймовірність перевищення до 10%)	10	17	35-40	45-50	5-15
Середні та низькі паводки (ймовірність перевищення 20-60%)	4	20	10-15	70-75	10-20



Кругова діаграма часток поверхневого, підповерхневого стоку та величини втрат



Гістограми поверхневого водоутворення та гідрограф його стікання



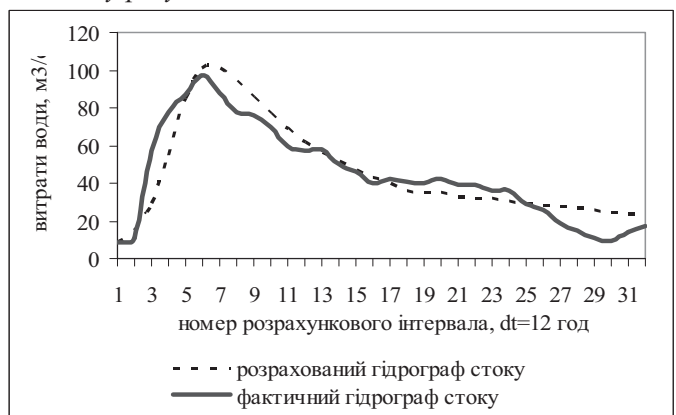
Гістограми підповерхневого водоутворення та гідрограф його стікання



Гідрограф стоку паводку та його складові у результаті моделювання

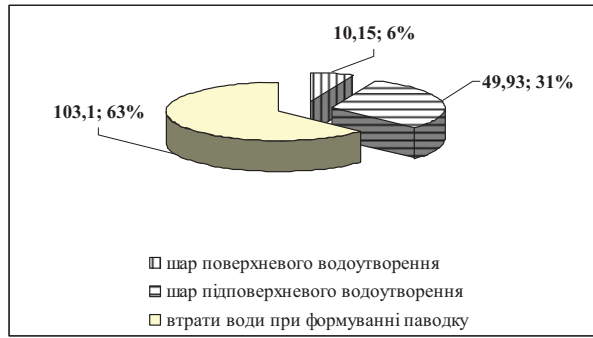


Зміни внесків різних видів стоку з часом при формуванні стоку в замикальному створі

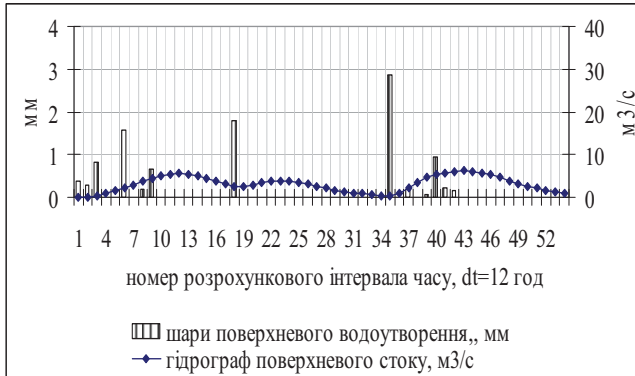


Порівняння розрахованого та фактичного гідрографів стоку в замикальному створі

Рис.1. Результати аналізу модельних розрахунків високого дощового паводку 1969 р. на р. Случ - Громеда



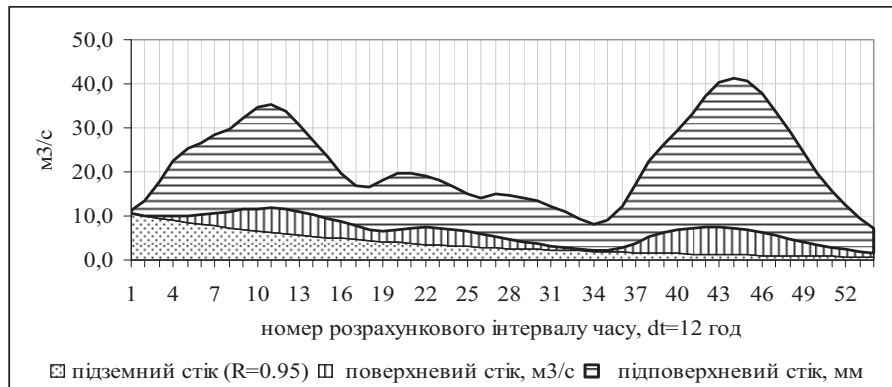
Кругова діаграма часток поверхневого, підповерхневого стоку та величини втрат



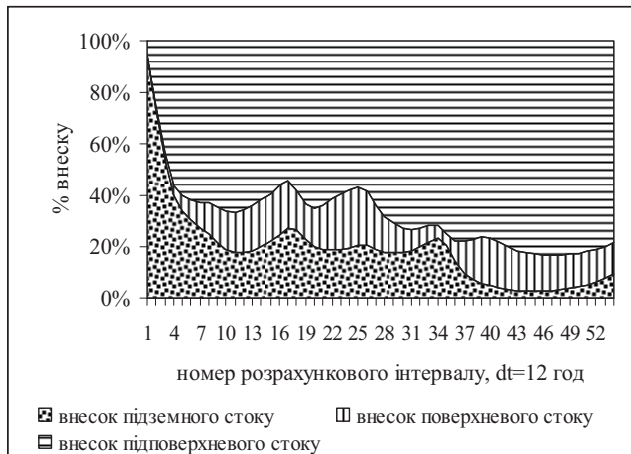
Гістограми поверхневого водоутворення та гідрограф його стікання



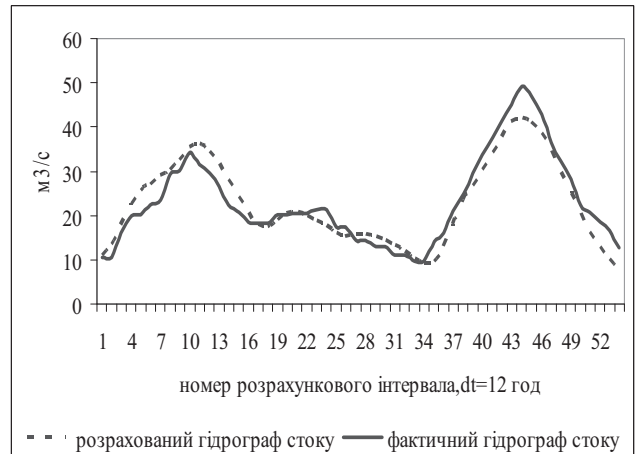
Гістограми підповерхневого водоутворення та гідрограф його стікання



Гідрограф стоку паводку та його складові у результаті моделювання



Зміни внесків різних видів стоку з часом при формуванні стоку в замикальному створі



Порівняння розрахованого та фактичного гідрографів стоку в замикальному створі

Рис.2 Результати аналізу модельних розрахунків дощового паводку середньої висоти 1974 р. на р.Вижівка – Стара Вижівка

Максимум підповерхневого (внутрішньогрунтового) водоутворення настає пізніше, ніж поверхневого, але за часом по-різному – може через 12-24 години, а може через 3-4 доби в залежності від передпаводкової зволоженості водозбору.

Висновки. На основі моделювання дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті досліджено їх структурні особливості щодо рівнинних водозборів. Поверхневому й внутрішньогрунтовому типам формування стоку відповідають і два види паводкового стоку. Паводки, сформовані поверхневим стоком, характеризуються більш високими максимальними модулями стоку, короткочасністю проходження, різкою реакцією на зміни інтенсивності дощу, що становиться особливо помітним зі зменшенням площі водозбору.

Обидва види паводкових складових стоку (поверхневий і внутрішньогрунтовий) широко поширені в горах і на рівнинах і, як правило, у межах кожного річкового басейну спільно беруть участь у живленні руслової мережі.

Аналіз модельних розрахунків у співставленні з даними спостережень за ходом паводків дозволяє впевнено оцінити параметри моделі та уникнути при цьому невизначеності щодо конкретного водозбору, а також отримані співвідношення різних видів водоутворення та стікання забезпечують достовірне оцінювання модельних параметрів.

Список літератури

1. *Бышовец Л. Б.* Русловая емкость малых рек Карпат и учет ее влияния на паводочный сток / Л.Б.Бышовец. // Тр. УкрНИГМИ. – 1967. – Вып.69. – С. 94-104.
2. *Георгиевский Ю.М.* Гидрологические прогнозы / Ю.М.Георгиевский, С.В.Шаночкин – СПб. : изд-во. РГГМУ. – 2007. – С.140-169.
3. *Кучмент Л.С.* Математическое моделирование речного стока / Л.С.Кучмент. – Л. : Гидрометеиздат – 1972. – С.115-118.
4. *Лук'янець О.І.* Ландшафтні характеристики як основа оцінювання параметрів математичних моделей стоку води / О.І.Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 78-84.
5. *Нежиховский Р. А.* Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды / Р.А. Нежиховский. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 290 с.
6. *Приймаченко Н.В.* Узагальнення параметрів математичної моделі формування дощового стоку на прикладі малих водозборів басейну Дністра / Н.В.Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 47-55.
7. *Соседко М.Н.* Зависимость характеристик максимальных расходов воды дождевых паводков в бассейне Днестра от ландшафтных русловий / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИГМИ. – 1973. – Вып.123. – С.100-118.
8. *Соседко М.Н.* Анализ чувствительности математической модели формирования дождевого стока на горном водозборе / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета – 1986 – Вып. 212. – С. 85-93.
9. *Соседко М.Н.* Методика идентификации математической модели дождевого стока на горных водозборах / Соседко М.Н., Панайотов Т., Янков В. // Проблемы на метеорологията и хидрологията. – София : Наука, 1987. – С. 35-44.
10. *Сусідко М.М.* Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем / М.М.Сусідко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т.1. – С.32-40.
11. *Sossedko M.N.* Anwendung des mathematischen Modells mit verteilten Parametern zur Formierung des Regenabflusses bei der kurzfristigen Vorhersagen des Hochwassers / Sossedko M.N., Maslowa T.W., Luk'janetz O.I. // XV. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen. – Sofia, 1991. – S. 126-131.

Оцінювання поверхневого та підповерхневого водоутворення у процесі моделювання дощових паводків на малих річках Правобережжя Прип'яті

Москаленко С.О.

На основі математичного моделювання процесів формування дощового стоку на правих притоках Прип'яті досліджено співвідношення, перерозподіл у часі та трансформацію поверхневого та підповерхневого (внутрішньогрунтового) водоутворення під час дощових паводків різної висоти.

Ключові слова: дощовий паводок, формування паводку, математичне моделювання, параметри моделі, процеси стоку, водоутворення.

Оценка поверхностного та подповерхностного водообразования в процессе моделирования дождевых паводков на малых реках Правобережья Припяти

Москаленко С.А.

На основе математического моделирования процессов формирования дождевого стока на правых притоках Припяти исследовано соотношение, распределение во времени, трансформация поверхностного и подповерхностного (внутрипочвенного) водообразования при прохождении дождевых паводком разной высоты.

Ключевые слова: дождевой паводок, формирование паводка, математическое моделирование, параметры модели, процессы стока, водообразование.

Estimation superficial and subsuperficial formations of water in the process of modeling of rain floods on the rivers of the Right bank of Pripyat

Moskalenko S.O.

On the basis of mathematical modeling of processes of formation of a rain flow is investigated the correlation, distribution in time, transformation superficial and subsuperficial (intrasoil) formation of water at rain high waters of different height on the right inflows of Pripyat.

Keywords: a rain high water, flood forming, mathematical modeling, model parameters, processes of runoff, water formation.

Надійшла до редколегії 24.11.11

УДК 556.535

Рахматулліна Е.Р., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОРІЧНОЇ ДИНАМІКИ ТОВЩИНИ
ЛЬДОВОГО ПОКРИВУ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ**

Ключові слова: льодовий режим; товщина льоду; багаторічні коливання

Постановка проблеми. Впродовж останніх десятиліть ХХ століття, коли глобальні зміни клімату почали проявлятися в широкому спектрі гідрологічних процесів, не залишились поза їх впливом і терміни настання льодових явищ на річках України, зокрема басейну Південного Бугу. Вони, а також терміни руйнування льодових явищ на річках, є важливими

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.3(24)