

**Возможности использования современных методов измерения морфометрических и гидравлических параметров поверхностных водотоков (на примере рек бассейнов Верхнего Прута и Сирета)**

**Иванова Н. О., Настюк М. Г., Никоряк В. В.**

*В данном исследовании проанализированы возможности использования ультразвуковых расходомеров для измерения гидравлических и морфометрических параметров на реках бассейнов Верхнего Прута и Сирета. Изучены современные мировые разработки для измерения расхода воды в поверхностных водотоках. Проведен детальный анализ параллельных измерений расхода воды с помощью гидрометрической вертушки ГР-21М и ультразвукового расходомера ОТТ Qliner 2. Выделены основные преимущества и недостатки использования ОТТ Qliner 2 на реках бассейнов верхнего Прута и Сирета, проведено параллельные сравнительные гидрометрические работы на Днестр.*

**Ключевые слова:** река, скорость течения, ультразвук, эффект Доплера, гидрометрическая вертушка.

**The possibilities of using modern measurement methods of morphometric and hydraulic parameters of surface waters (for example, river basins of the Upper Prut and Siret)**

**Ivanova Natalya, Nastyuk Mykola, Nikoryak Viktor**

*In this study analyzed the possibility of using ultrasonic flowmeters for measuring hydraulic and morphometric parameters on the river basins of the Upper Prut and Siret. Study of modern world development to measure the flow of water in surface streams. The detailed analysis of parallel measurements of water consumption by hydrometric vane ultrasonic flowmeter. The basic advantages and disadvantages of using OTT Qliner 2 in the upper basin rivers Prut and Siret, held parallel comparative hydrometric work on the Dniester River.*

**Keywords:** river, flow rate, ultrasound, Doppler effect, hydrometric vane.

**Надійшла до редколегії 20.12.2012**

УДК 551.577.21

**Приймаченко Н. В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

## **ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ОПАДІВ ПІД ЧАС ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА ПРАВОБЕРЕЖЖІ ДНІСТРА В МЕЖАХ УКРАЇНИ**

**Ключові слова:** максимальні опади; просторова структура опадів; залежність; дощові паводки

**Постановка проблеми.** Правобережжя басейну Дністра відноситься до найбільш паводконебезпечного регіону України, що зумовлено особливостями орографічних та гідрометеорологічних чинників. У гірській частині басейну (верхів'я Дністра та його правобережні притоки) спостерігаються часті дощові паводки, які нерідко набувають руйнівного за своїми наслідками характеру [17]. За теплий період року тут проходить звичайно три-п'ять паводків різної висоти. При цьому максимальні витрати води дощового походження 1–5%-ної забезпеченості перевищують відповідні максимуми сніго-дощових паводків холодного періоду року та весняного водопілля. За останні 105 років (1895–2000 рр.) найбільші річні витрати Дністра, в більшості випадків, викликані літніми дощами та зливами. Тому важливою ланкою дослідження паводкового режиму Дністра слід вважати визначення впливу гідрометеорологічних та орографічних чинників на формування максимального стоку.

**Об'єкт та мета дослідження.** Об'єктом дослідження обрані правобережні притоки Дністра. В наш час, в зв'язку із збільшенням об'єму інформації про стік води з цієї території і уточненням багаторічних характеристик максимальних зливових витрат, з'явилась можливість більш диференційовано підійти до розгляду особливостей формування дощових паводків на річках басейну Дністра.

Отримані висновки дозволяють розробити для цієї території кількісні залежності стосовно оцінювання характеристик максимальних дощових витрат з врахуванням ландшафтних особливостей водозборів та врахуванням особливостей даних про опади, які надходять з мережі спостережень. Метою цього дослідження є отримання кількісної оцінки максимальних опадів території правобережжя Дністра через статистичне узагальнення однорідних у часі та просторі даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Певно, що вивчення умов формування паводків в залежності від природних факторів і розробка рекомендацій по визначенню гідрометеорологічних характеристик регіону дослідження (як для вивчених, так і для невивчених річок) має для басейна, що розглядається, першочергове значення. Тому в багатьох дослідженнях велика увага приділялась вирішенню цих питань; ряд практичних методів розрахунку доведений до практичного застосування [1, 3, 7, 8, 11, 15, 16]. В останні роки вивченням орографії місцевості та гідрометеорологічних умов формування паводкового режиму займались вчені УкрНДГМі [16, 19].

**Оцінки інформативної здатності мережі опадомірних спостережень.** Інформація про статистичну структуру полів гідрометеорологічних величин дозволяє ретельніше обґрунтувати ступінь придатності даних спостереження для вирішення тих чи інших завдань гідрології. Зокрема, відомості про структуру полів опадів дуже важливі для оцінювання похибок прогнозування стоку, які можуть бути використані при використанні обмеженого обсягу даних [5, 10, 12–14, 20, 21]. Відповідні кількісні характеристики полів опадів можуть слугувати основою для раціоналізації мережі спостереження. При цьому звертається увага на оцінювання інформативної здатності опадомірної мережі, оскільки на гірських водозборах висота паводків визначається переважно інтенсивністю опадів, тоді як вплив інших чинників (випаровування, фільтрація) менш істотний [12].

**Методичні засади дослідження просторової структури опадів.** Оскільки приходиться оперувати реальними, а не осередненими за багаторічний період полями опадів, виникає ряд особливостей вирішення поставленої задачі порівняно з кліматичними дослідженнями.

Загальна характеристика мережі: 1) Кількість пунктів – 53; 2) Відстані між пунктами спостереження 6-213км; 3) Середні кількості опадів за 6 год=40, 12 год=60, 24 год=80.

Густота опадомірної сітки в середньому по басейну Верхнього Дністра складає 1 пункт на 429 км<sup>2</sup>. Але необхідно зауважити, що порівняно добре ведуться спостереження у частковому басейні Стрия разом із Опором, де густота опадомірної мережі становить один пункт на 100-150 км<sup>2</sup>. Найбільш обмежена мережа в басейнах Лімниці та Бистриці – один пункт на 400-600км<sup>2</sup>. Мережа в основному розташована в межах абсолютних висот від 218 до 713 м.

Існуюча на гірських водозборах мережа опадомірних спостережень може забезпечити обчислення витрат води переважно з точністю 15-25%, а в деяких часткових басейнах з обмеженою мережею – 25-35%. Але така точність може бути забезпечена лише за умов отримання під час паводків регулярної інформації про опади кожні 3–6 год. (табл. 1).

Справа в тому, що в наших розрахунках не має сенсу застосовувати постійні зв'язки з висотою або висотні градієнти, так як очевидно, що для окремих ситуацій вони будуть різними. Щоб забезпечити співставимість характеру розподілу опадів по висотам для різних реалізацій (строків спостереження, періодів), необхідно усунути неоднорідність, яка вноситься рівнем поля [22], і розглядати нормовані величини опадів. В такому випадку можна отримати для кожної реалізації, а потім осереднений за багаторічний період зв'язок з висотою відношення сум опадів в окремих пунктах до їх середньої по площі величини [2].

Таблиця 1. Оптимальна кількість пунктів опадомірних спостережень [10]

Часткові басейни	Кількість пунктів	
	наявна	оптимальна
Верхів'я Дністра	9	14
Стрий	13	20
Свіча	5	8
Лімниця	3	8
Бистриця	6	16

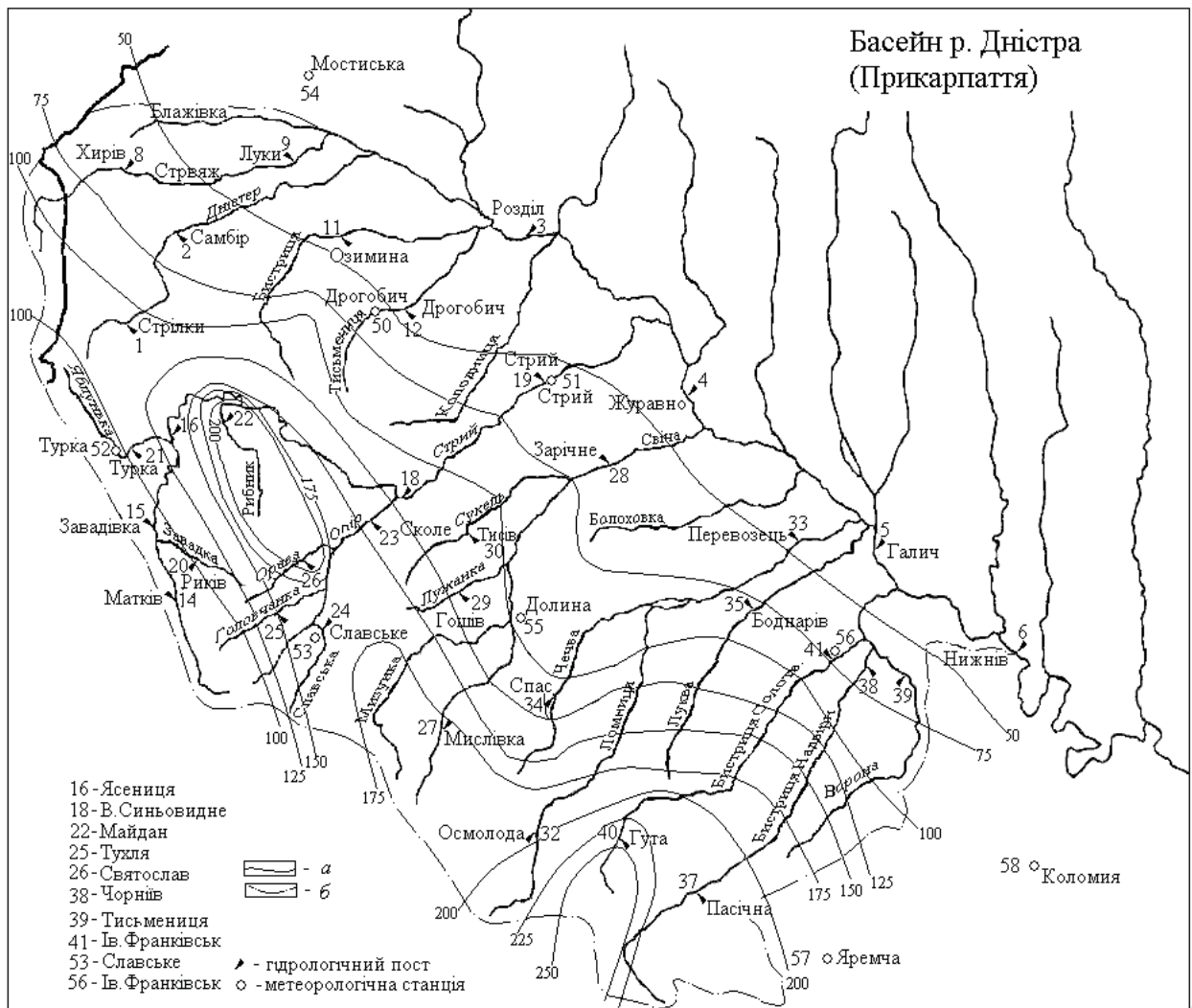
Дослідниками стоку Верхнього Дністра чітко виведений алгоритм щодо неможливості в оперативній практиці служби гідрологічних прогнозів для просторового осереднення опадів в басейні, їх залежності від висоти місцевості. При існуючій густоті мережі спостереження більш доцільно обґрунтувати способи визначення середніх по площі сум опадів за певні інтервали часу (12 або 24 години, період паводка), виходячи з характеру просторової структури їх полів без врахування висотної поясності. Відсутність даних спостережень на висотах більше 700 м не може внести помітних похибок в результати розрахунку, оскільки на рівні 700-1200 м зміна кількості опадів з висотою не відбувається [4], а територія з ще більшими висотами займає лише біля 4% всієї площі басейну.

**Основні результати дослідження.** В результаті проведеного дослідження встановлено, що процес формування максимальних витрат води дощових паводків в басейні Дністра має своєрідні особливості. Територія басейну верхнього і середнього Дністра розташована на північно-східних схилах Карпат, де виділяється три геоморфологічні області: замкнена між більш високими гірськими масивами Вододільно-Верховинська область, Зовнішні Карпати з рядом гір висотою 1000–1800 м і низькогірна зона Передкарпаття. Сам Дністер, його праві притоки, найбільші з яких Стрий, Свіча, Ломниця, Бистриця, Стрвяж, беруть початок в гірській частині басейну.

Система гірських хребтів Карпат простягається з північного-заходу на південний схід. Тому вологі повітряні маси, що переміщуються в теплий період року з Атлантики, зустрічають на території гірської частини басейну Дністра орографічні перешкоди з висотою до 1600–1800 м над рівнем моря. Рельєф вносить суттєве порушення в хід атмосферних процесів над цим районом: під впливом гір на атмосферних фронтах, що рухаються, відбувається підсилення хмароутворення і збільшення опадів. Особливо інтенсивні дощі спостерігаються при переміщенні холодних фронтів з північного-заходу та півночі, коли повітряні маси, що надходять можуть залишатися довгий час в зоні висхідних рухів біля навітряних схилів гір. З подібними явищами пов'язана значна частина катастрофічних літніх злив на східних схилах Карпат.

В роботах багатьох дослідників [2] висвітлені закономірності розподілу опадів по території Карпат, що мають складний характер і відображають умови зрошення, пов'язані з орографією місцевості. Характерно, що значні зливи в Карпатах охоплюють одночасно порівняно велику територію - нерідко всю гірську частину басейну Дністра. Поряд із цим в басейні визначені райони з постійними та квазіпостійними максимумами і мінімумами повторюваностей і кількостей літніх опадів. У багаторічному розрізі достатньо добре виражена зона максимуму опадів, що простяглася вздовж північно-східних схилів Зовнішніх Карпат приблизно по лінії, що з'єднує найбільш високі їх вершини (рис. 1). Це район Верхньо-Дністровських та Сколівських Бескидів (міжріччя Стрия та Опору) і північно-східні схили Горган (верхів'я Свічі, середні частини басейнів Лімниці та Бистриці). Тут добові суми опадів нерідко досягають 150-180 і навіть 220-240 мм, а за дощові періоди (2-3 доби) випадає до 250-320 мм (пости Гута, Пасічна і інші - червень

1969 р.). У межах вказаної зони відмічається добре виражена вертикальна зональність опадів - збільшення з висотою їх інтенсивності, повторюваності і сумарної кількості за 24 години.



а – ізолінії максимальних опадів; б – межі басейну

Рис. 1. Опادي (мм) 1% ймовірності перевищення

По мірі віддалення від Карпатських гір в сторону Волино-Подільської височини ступінь зволоження території басейну і частота злив зменшуються. Зменшення інтенсивності дощів і кількості опадів спостерігається також в протилежному від Зовнішніх Карпат напрямку - в межах Вододільно-Верховинської геоморфологічної області (верхів'я Стрия, Опору, Лімниці, Бистриці Надвірнянської, частково Дністра і Стрвяжу). Причиною мінімуму опадів в цьому міжгір'ї є захищеність місцевості від повітряних мас, що переміщуються, більш високими гірськими хребтами.

Як видно із викладеного, основною областю формування дощових паводків є центральні частини басейнів одних правобережних притоків Дністра і верхів'я інших. Тут, окрім рясних опадів, також є сприятливі умови для стоку дощових вод - значні ухили місцевості і водотоків, малопроникні ґрунти, добре розвинена річкова мережа [15, 23, 24]. Максимальні витрати в пониззях правобережних притоків Дністра, де місцевий стік значно слабший, формуються за рахунок надходження води з верхніх та центральних частин водозборів.

Досить важливим моментом є врахування неоднорідності максимальних добових кількостей опадів. Досить поширена характеристика опадів –

максимальна добова кількість. Це значення обчислюється шляхом підсумування кількості опадів за строки спостережень протягом метеорологічної доби. Тому окремі частини одного й того ж дощу можуть попасти в суміжні доби. При цьому добові кількості опадів  $P_d^m$  переважно будуть менші, ніж максимальні за 24 год., які охоплюють інтервал їх випадіння, не прив'язаний до постійного початкового відліку часу -  $P_{24}^m$ . Співвідношення між цими значеннями максимальних опадів визначаються нерівністю [18]:

$$0,5P_{24}^m \leq P_d^m \leq P_{24}^m . \quad (1)$$

У таких випадках можна отримати чітке уявлення про часове та просторове поширення максимальних опадів через районні криві розподілу ймовірностей, побудовані методом періодо-пунктів за об'єднаною послідовністю однорідних часових послідовностей, тобто шляхом об'єднання сукупностей декількох пунктів спостережень [6, 9]. Таке об'єднання можливе, оскільки інтенсивні опади в різних пунктах району практично не пов'язані між собою. Мається на увазі, що в певному районі спостерігається однаковий режим опадів, лише розподіляються вони по території випадково. Отже, для території всього району характерна одна й та ж ймовірність перевищення максимуму опадів [6, 9].

Згідно з методом періодо-пунктів елементи часткових послідовностей об'єднуються в єдину просторово-часову варіаційну сукупність. Якщо розмір кожної вибірки (реалізації) дорівнює  $n_i$ , об'єднана районна сукупність досягає об'єму  $N$  :

$$N = \sum_1^{i=m} n_i , \quad (2)$$

де  $m$  - кількість виборок (часткових послідовностей, пунктів спостережень). Подальше опрацювання здійснюється, як звичайно, шляхом ранжування даних за їх величиною та побудовою теоретичної чи емпіричної кривої ймовірності перевищення.

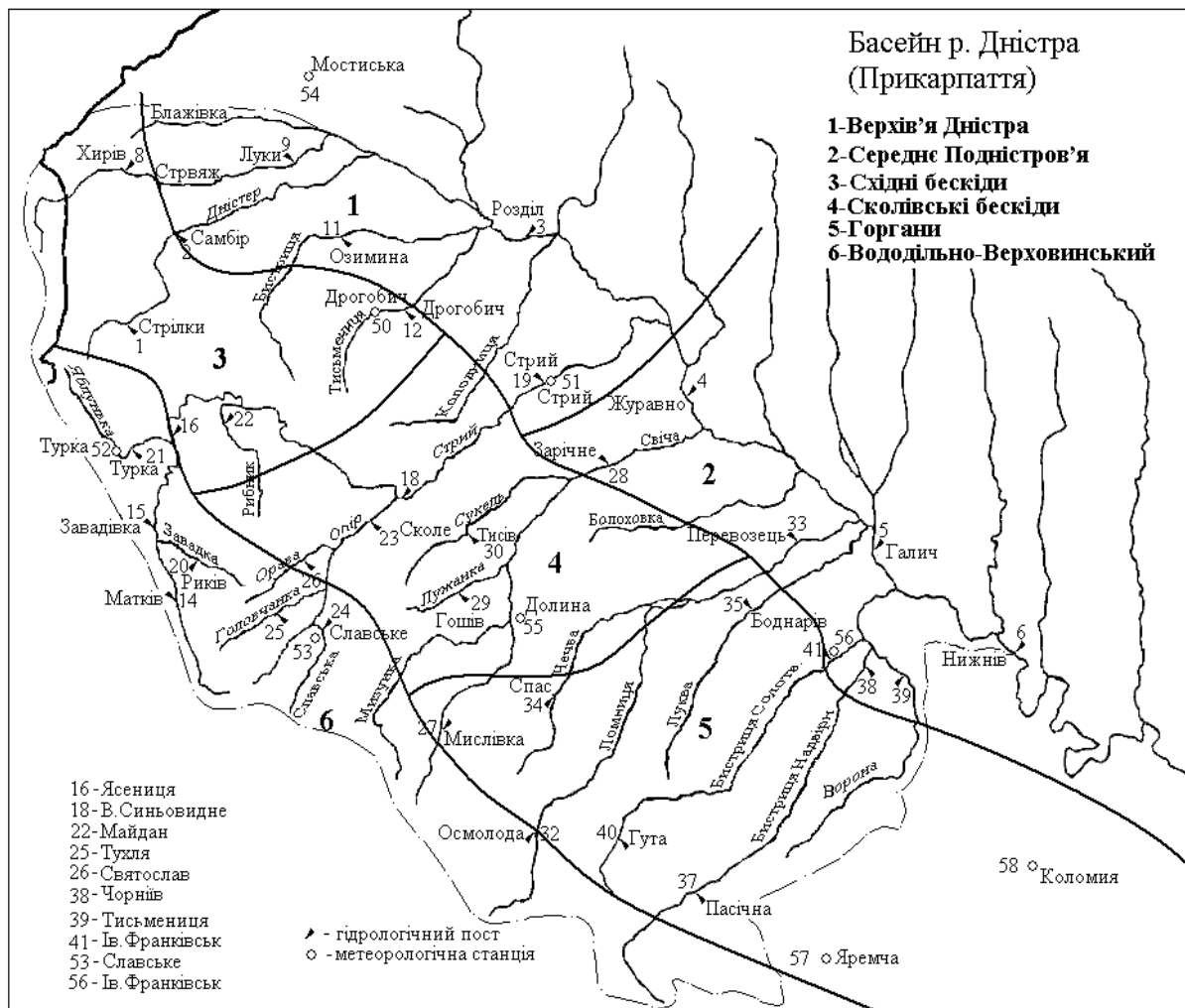
Як приклад, розглянемо розподіл максимальних опадів для гірської частини басейну Дністра (площа 14 тис. км<sup>2</sup>). Тут виділено 6 однорідних за опадами районів, зумовлених особливостями розташування гірських масивів Карпат:

- (1) Верхів'я Дністра,
- (2) Середнє Подніпров'я,
- (3) Східні Бескиди,
- (4) Сколівські Бескиди,
- (5) Горгани,
- (6) Вододільно-Верховинський район (рис.2).

**Таблиця 2. Максимальна кількість опадів на правобережжі Дністра**

Ймовірність перевищення	Сума опадів за 12 годин, мм					
	1 район	2 район	3 район	4 район	5 район	6 район
0,2 %	100	145	155	160	162	103
0,5 %	83	110	126	124	128	86
1 %	69	88	107	103	110	76
2 %	60	71	90	84	93	67
5 %	50	56	72	64	75	57

Кількість пунктів спостережень за опадами становить у кожному районі 4-6. Оцінки максимальних опадів 1 %-ї ймовірності перевищення за 12 годин, обчислені для цих районів методом періодо-пунктів, знаходяться в межах 69-110 мм (табл.2). Максимальні опади 5 %-ї ймовірності коливаються по виділених районах від 50 до 75 мм за 12 годин.



**Рис. 2 . Однорідні за опадами райони, виділення яких обумовлено особливостями розташування гірських масивів Карпат**

Описані вище об'єднані районні послідовності статистично більш стійкі, вони враховують ймовірності рідкісних значень максимальних опадів, що спостерігалися лише в окремих пунктах. А ці рідкісні значення, без сумніву, найбільш цінні в теоретичному та практичному відношеннях. Вони відображають умови зливової діяльності та характеризують інтенсивність процесів, які зумовлюють режим опадів у певному фізико-географічному районі.

**Висновки.** Статистичне подання сукупностей максимальних добових кількостей опадів неправомірне, оскільки їх елементи сформовані із неоднорідних у генетичному відношенні значень і не відображають рідкісні величини опадів.

Подання максимальних за певний проміжок часу кількостей опадів в окремих пунктах спостережень без оцінки їх ймовірностей та просторової визначеності не може слугувати кліматологічним показником.

Щоб отримати цінні в інформативному відношенні дані про максимальні кількості опадів за певний проміжок часу (12, 24 год.), слід опрацювати їх методом періодо-пунктів по однорідних у фізико-географічному відношенні районах. Таке узагальнення дозволяє отримувати достовірні дані щодо просторово-часового режиму опадів.

### Список літератури

1. *Бефани А. Н.* Теория формирования дождевых паводков и методы их расчета. / А. Н. Бефани // Международный симпозиум по паводкам и их расчетам : в 2-х тт. – Л. : Гидрометиздат, 1969. – Т. 1. – С. 44-58.
2. *Богатырь Л. Ф.* Влияние орографии на распределение осадков в Украинских Карпатах и предгорьях в теплое время года / Л. Ф. Богатырь, А. И. Ромов // Труды УкрНИГМИ. – 1971. – Вып. 108. – С. 18-26.
3. *Вишневский П. Ф.* Зливи і зливовий стік на Україні / П. Ф. Вишневський. – К. : Наук. думка, 1964. – 156 с.
4. Влияние местных факторов на распределение и вертикальную зональность осадков в Украинских Карпатах : Доклады VI международной конференции по метеорологии Карпат (Киев, 20-24 нояб. 1973 г.). – Л. : Гидрометиздат, 1973. – 670 с.
5. Гідрометеорологічні та орографічні умови формування максимального стоку дощових паводків у басейні Дністра: матеріали V Міжнар. науково-практичної конференції [«Ресурси природних вод Карпатського регіону» Проблеми охорони та раціонального використання], (Львів, 25 - 26 травня 2006 р.) / НАН України, Ін-т. геології і геохімії горючих копалин та ін. – Львів : ЛЦНТЕІ, 2006. – 290 с.
6. *Груза Г. В.* Статистика и анализ гидрометеорологических данных / Г. В. Груза, Р. Г. Рейтенбах. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 216 с.
7. *Иваненко А. Г.* Метод расчета вероятных максимальных расходов ливневых и дождевых вод для рек и временных водотоков в Украинских Карпатах (с применением номограмм) / А. Г. Иваненко, О. Н. Мельничук // Метеорология, климатология и гидрология. – 1969. – Вып. 5. – 275 с.
8. *Клибашев К. П.* Гидрологические расчеты / К. П., Клибашев, И. Ф. Горошков. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 300 с.
9. *Кобышева Н. В.* Климатология / Кобышева Н. В., Костин С. И., Струнников Э. А. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 344 с.
10. *Лук'янець О. І.* Оцінка інформативної здатності мережі опадомірних спостережень у західному регіоні України / О. І. Лук'янець, М. М. Сусідко // Наукові праці УкрНДГМІ. – 1998 – Вып. 246. – С. 62-75.
11. *Люттик П. М.* Расчет дождевого паводочного стока рек Карпат / П. М. Люттик // Сб. работ по гидрологии. – 1965. – № 5 – 205 с.
12. *Паршин В. Н.* О поле стока за половодье / В. Н. Паршин // Метеорология и гидрология. – 1969. – № 9. – С. 36-44.
13. *Приймаченко Н. В.* Залежність максимального стоку дощових паводків у басейні Дністра від орографічних та гідрометеорологічних умов / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 71-77.
14. *Приймаченко Н. В.* Особливості орографічних та гідрометеорологічних умов формування дощових паводків у басейні Дністра та вплив їх стоку на руслові процеси / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 11. – С. 197-202.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. / [науч. ред. Каганера М. С.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – Т.6, вып. 1. – 884 с.
16. Тепловой и водный режим Украинских Карпат / Л. И. Сакали, Л. В. Дмитренко, Е. Н. Киптенко, П. М. Люттик. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 366 с.
17. *Соседко М. Н.* Многолетние характеристики максимальных расходов воды дождевых паводков рек бассейна Днестра / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1973. – Вып.123. – С. 64-77.
18. *Соседко М. Н.* О принципах определения максимального слоя осадков за расчетный интервал времени / М. Н. Соседко // Метеорология и гидрология. – 1980. – №10. – С.39-43.
19. *Соседко М. Н.* Особенности пространственной структуры полей осадков на территории Украинских Карпат / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1980. – Вып. 180 – С. 81-85.
20. *Соседко М. Н.* Оценка репрезентативности осадкомерной сети в бассейне Верхнего Днестра применительно к запросам службы гидрологических прогнозов / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып.153. – С. 24-33.
21. *Соседко М. Н.* Статистическая структура поля осадков в бассейне Днестра в периоды дождевых паводков / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 153. – С. 3-23.
22. *Соседко М. Н.* Характер высотной поясности осадков в бассейне верхнего Днестра в период летних дождевых паводков / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 157. – С. 44– 53.
23. *Швебс Г. І.* Каталог річок і водойм України / Г. І. Швебс, М. І. Ігошин. – Одеса : Астропринт, 2003. – 390 с.
24. Factors influencing ground-water recharge in the eastern Kimberlie United States / T. B. Nolan, W. R. Healy, E. P. Taber etc // Journal of Hydrology. – 2007. – Vol. 332. – P. 187– 205.

#### **Просторовий розподіл опадів під час дощових паводків на правобережжі Дністра в межах України**

**Приймаченко Н. В.**

*Досліджені умови формування максимальних витрат дощових паводків в басейні верхнього і середнього Дністра і розглянуто вплив орографічних особливостей в комплексі з ландшафтними на просторові зміни багаторічних характеристик опадів, в результаті чого визначені певні закономірності, які мають практичне значення.*

**Ключові слова:** максимальні опади; просторова структура опадів; залежність; дощові паводки.

**Пространственное распределение осадков во время дождевых паводков на примере правого берега Днестра в пределах Украины**

**Приймаченко Н. В.**

*Исследованы условия формирования максимальных расходов дождевых паводков в бассейне верхнего и среднего Днестра и рассмотрено влияние орографических особенностей в комплексе с ландшафтными на пространственные изменения многолетних характеристик осадков, в результате чего раскрыты определенные закономерности, которые имеют практическое значение.*

**Ключевые слова:** максимальные осадки; пространственная структура осадков; зависимость; дождевые паводки.

**Spatial allocation of precipitations during a high waters on the right bank of the Dnestr in extent of Ukraine**

**Prymachenko N.V.**

*The conditions of maximum water discharges formation of rainfall floods are investigated in upper and middle Dnister river basin. The influence of orographic in a complex with landscape peculiarities are considered on space changes of precipitations long-term characteristics. As a result of investigation, were uncovered definite regularities and they will be in practise very important.*

**Keywords:** maximal precipitations; spetial strukture of precipitations; dependence; high waters.

**Надійшла до редколегії 06.02.2013**