

УДК 556.5 (282.2)

Ф. В. Зузук – доктор геологічних наук, професор, завідувач кафедри географії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

С. С. Кутовий – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

В. В. Соловей – аспірант Волинського національного університету імені Лесі Українки

Залежність твердого стоку річок правобережної частини басейну Прип'яті від гідравлічних та гідрографічних характеристик річок та їх водозборів

*Роботу виконано на кафедрі географії
ВНУ ім. Лесі Українки*

Досліджено 16 парних графічних залежностей середньобогатолітніх річних величин мутності води і витрати завислих наносів річок правобережної частини басейну Прип'яті від основних гідравлічних та гідрографічних характеристик річок і їх водозборів.

Ключові слова: правобережна частина басейну р. Прип'ять, твердий стік річок, гідравлічні й гідрографічні характеристики річок, гідрографічні характеристики водозборів, залежності твердого стоку від гідравлічних та гідрографічних характеристик.

Зузук Ф. В., Кутовий С. С., Соловей В. В. Зависимость твердого стока рек правобережной части бассейна Припяти от гидравлических и гидрографических характеристик рек и их водосборов. Исследовано 16 парных графических зависимостей среднесовременных годовых величин мутности воды и расхода взвешенных наносов рек правобережной части бассейна Припяти от основных гидравлических и гидрографических характеристик рек и их водосборов.

Ключевые слова: правобережная часть бассейна р. Припять, твердый сток рек, гидравлические и гидрографические характеристики рек, гидрографические характеристики водосборов, зависимости твердого стока от гидравлических и гидрографических характеристик.

Zuzuk F. V., Kutoviy S. S., Solovey V. V. Dependence of Sediment of Rivers of Right-Bank Part of Prypyat River Basin Upon Hydraulic and Hydrographic Characteristics of Rivers and Basins. 16 paired graphical dependences of annual suspended materials concentration amounts and suspended silt consumption of rivers of right-bank part of Prypyat river basin upon main hydraulic and hydrographic characteristics of rivers and basins.

Key words: right-bank part of Prypyat river basin, rivers sediment, hydraulic and hydrographic characteristics of the rivers, hydrographic characteristics of basins, hydraulic and hydrographic characteristics dependence of silt.

Постановка наукової проблеми та її значення. Для вирішення багатьох теоретичних і практичних питань фізичної географії, геоморфології, гідрології, гідроекології, гідротехніки, водопостачання, річкового судноплавства, інших галузей науки і техніки важливе значення має всебічна й достовірна інформація про твердий стік річок (стік річкових наносів) та роль у його формуванні гідравлічних, морфометричних і фізико-географічних факторів. Враховуючи територіальні відмінності умов формування і режиму твердого стоку, його кількісних характеристик, найкращим способом одержання названої інформації є регіональні дослідження із оголошеної проблеми – насамперед для недостатньо вивчених у цьому плані територій. До таких відносимо і правобережну частину басейну р. Прип'ять.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. На сьогодні твердий стік річок України, порівняно з водним стоком, вивчений недостатньо. Це зумовлено недостатньою увагою до спостережень за річковими наносами у системі Державної гідрометеорологічної служби, яка є основним постачальником інформації про гідрологічний режим річок загалом та їх твердий стік зокрема. Про зазначену недостатню увагу свідчить наступне.

Перші регулярні спостереження за водним стоком річок України розпочато у 1880–1890-ті рр., а за твердим стоком – лише на початку 1930-х рр. [3]. Станом на 1987 р., твердий стік річок вимірювали на 150 гідрологічних постах, а вже 1988 р. число таких постів скорочено на 10 % [3]. Станом на 1 січня 2002 р. (без істотних змін на даний час) за річковим (водним) стоком в Україні спосте-

рігали на 340 постах гідрометслужби, а за річковими наносами – лише на 116, причому на частині з них у попередні роки спостереження припиняли [3].

Отже, інформативність рядів даних спостережень за твердим стоком гірша, ніж за водним стоком: через істотно менше число таких рядів і набагато меншу їх тривалість.

Абсолютна більшість виконаних на сьогодні досліджень твердого стоку річок України, як і інших рівнинних – у більшій чи меншій мірі – територій, присвячено одній із двох категорій річкових наносів – завислих. Однобічна увага саме до завислих наносів викликана тим, що для рівнинних річок їх частка у загальному стоку наносів (завислих і донних) складає понад 90 % [7; 9]. Дослідження, про які йде мова, стосуються головним чином встановлення розрахункових значень (середньо-багатолітніх та різної статистичної забезпеченості) двох найважливіших величин твердого стоку рівнинних річок (мутності води і витрати завислих наносів) та закономірностей їх територіального розподілу [3; 4; 6; 7; 9]. Окремі роботи, зокрема праці Г. І. Швєбса [10] і В. І. Вишевського [2], присвячено вивченню довготривалих змін твердого стоку річок.

Небагато досліджень стосуються взаємозв'язку річкових наносів із різноманітними природними факторами. Досі це питання у загальних рисах найбільш повно розглянуто у роботі Н. М. Бобровицької [1]. Мало вивчені взаємозв'язки характеристик твердого стоку з гідравлічними та гідрографічними характеристиками річок і водозаборів. Між тим, вивчення таких взаємозв'язків має не лише певне теоретичне, а й прикладне значення – для встановлення кількісних параметрів твердого стоку тих річок, де за ним відсутні спостереження. З урахуванням сказаного і було сплановане наше дослідження.

Мета дослідження – вивчення парних залежностей стоку завислих наносів річок правобережної частини басейну Прип'яті від їх гідравлічних та гідрографічних характеристик водозборів.

Для реалізації мети сформульовано **завдання**: виконати побудову та якісний і кількісний аналіз графічних залежностей середньо-багатолітніх річних значень мутності води і витрати завислих наносів річок правобережної частини басейну Прип'яті від:

- середніх гідравлічних і гідрографічних характеристик річок: похилів, швидкостей течії, витрат води, довжин;
- гідрографічних характеристик водозаборів: площ, середніх абсолютних висот, заболоченості, лісистості, розораності.

Матеріали і методи дослідження. Робота базується на даних багатолітніх спостережень (по 2000 р.) Державної гідрометеорологічної служби України за водним стоком і завислими наносами 10-ти річок у межах 14-ти водозборів правобережної частини басейну Прип'яті [3] та даними про їх вищеназвані гідравлічні й гідрографічні характеристики [3; 5]. Основні гідрографічні характеристики досліджених річок та їх водозборів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Гідрографічні характеристики досліджених річок та їх водозборів [3; 5]

Річка-пункт	Довжина річки, км	Середній похил річки, ‰	Площа водозбору, км ²	Середня абс. висота водозбору, м	Озерність, %	Заболоченість (болога до осушення), %	Лісистість, %	Розораність, %
Прип'ять – с. Річиця	79	0,2	2210	170	< 1	15	17	20
Вижівка – с. Руда	14	1,5	141	190	< 1	10	14	40
Турія – м. Ковель	102	0,6	1480	200	< 1	18	13	30
Стир – с. Щурівці	57	1,2	2020	240	< 1	17	20	40
Стир – м. Луцьк	194	0,4	7200	230	< 1	11	14	50
Іква – с. Великі Млинівці	59	2,4	632	320	< 1	4	14	60
Горинь – смт Ямпіль	71	1,4	1400	320	< 1	4	4	60
Горинь – с. Деражне	379	0,5	9160	260	< 1	11	12	–

Случ – с. Громада	139	0,7	2480	300	1	5	4	80
Случ – м. Новоград-Волинський	–	0,5	7460	260	< 1	9	11	–
Случ – м. Сарни	409	0,4	13 300	230	< 1	5	17	–
Уборть – с. Перга	136	0,5	2880	–	< 1	6	44	20
Уж – смт Поліське	168	0,7	5690	180	< 1	9	14	–
Норин – с. Славенщина	–	–	804	–	–	–	–	–

Використана інформація загалом є достатньою і, за умови правильної методичної інтерпретації, дає змогу зробити обґрунтовані висновки.

В основу прийнятої методики дослідження покладено комплексний підхід до аналізу процесів формування твердого стоку річок та його режиму. При цьому ми обов'язково враховували природні й антропогенні особливості кожного із водозборів, де здійснюють (здійснювали) спостереження за твердим стоком.

Як уже було відмічено, основними характеристиками твердого стоку рівнинних річок є дві:

- *мутність води* ρ – маса твердих частинок гірських порід, у сухому вигляді, в одиниці об'єму води, г/м³;
- *витрата завислих наносів* R – маса частинок гірських порід, у сухому вигляді, які проносить річка через її живий переріз за одиницю часу, кг/с.

Вказані характеристики пов'язані між собою формулою:

$$R = 0,001 \rho Q,$$

де Q – витрати води у річці, м³/с.

Отже, беручи до уваги незначну частку донних наносів у сумарному твердому стоку рівнинних річок та невелику точність їх визначення, виразником твердому стоку досліджуваних річок є виключно стік завислих наносів.

Парні залежності твердого стоку від гідравлічних і гідрографічних характеристик річок та їх водозборів досліджено шляхом побудови й аналізу (візуального і кореляційного) відповідних графіків зв'язку. При цьому дотримувалися принципів вивчення статистичних зв'язків між гідрологічними величинами, сформульованих у роботі [8].

У нашій роботі прийнято наступні буквенні позначення вищеназваних характеристик:

ρ_0 – середньобагатолітня річна мутність води, г/м³;

R_0 – середньобагатолітня річна витрата завислих наносів, кг/с;

$V_{\text{сер}}$ – середня швидкість течії річки при водності, близькій до середньобагатолітньої річної, м/с;

Q_0 – середньобагатолітня річна витрата води, м³/с;

L – довжина річки, км;

$I_{\text{р сер}}$ – середній похил річки, ‰;

F – площа водозбору річки, км²;

$H_{\text{сер}}$ – середня абсолютна висота водозбору, м;

$f_{\text{бол}}$ – заболоченість водозбору, %;

$f_{\text{ліс}}$ – лісистість водозбору, %;

$f_{\text{роз}}$ – розореність водозбору, %.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Усього побудовано і проаналізовано 16 графіків парних зв'язків двох вище названих характеристик твердого стоку (ρ_0 , R_0) і гідравлічних та гідрографічних характеристик річок і їх водозборів. Проте, достатньо чіткі зв'язки відображають лише 9 графіків (рис. 1–5). Аналіз цих графіків засвідчує, що шість із них (див. рис. 1–3) фіксують найтісніші прямолінійні залежності середньобагатолітніх річних витрат завислих наносів річок правобережжя басейну Прип'яті від трьох характеристик: середньобагатолітніх річних витрат води (норм річного стоку), довжин річок, площ їх водозборів. При цьому названі три пари залежностей окремо проявляються для двох діапазонів площ досліджених водозборів: 141–1400 і 1480–13300 км².

Інші три графіки (див. рис. 4 і 5) відображають менш тісні криволінійні залежності середньобагатолітньої річної мутності води річок від середньої абсолютної висоти водозборів, сумарної величини заболоченості і лісистості водозборів, їх розораності. При цьому кожен із вказаних графіків охоплює увесь діапазон площ досліджених водозборів: 141–13 300 км². Цілком логічно, що зв'язок мутності води річок із сумарною величиною заболоченості і лісистості водозборів – обернений (див. рис. 5 а).

На основі графіків, представлених на рисунку 5, підсумуємо: в умовах правобережної частини басейну Прип'яті твердий стік річок швидко зростає при зменшенні сумарної заболоченості й лісистості водозборів від 20 % та при збільшенні їх розораності від 40 %.

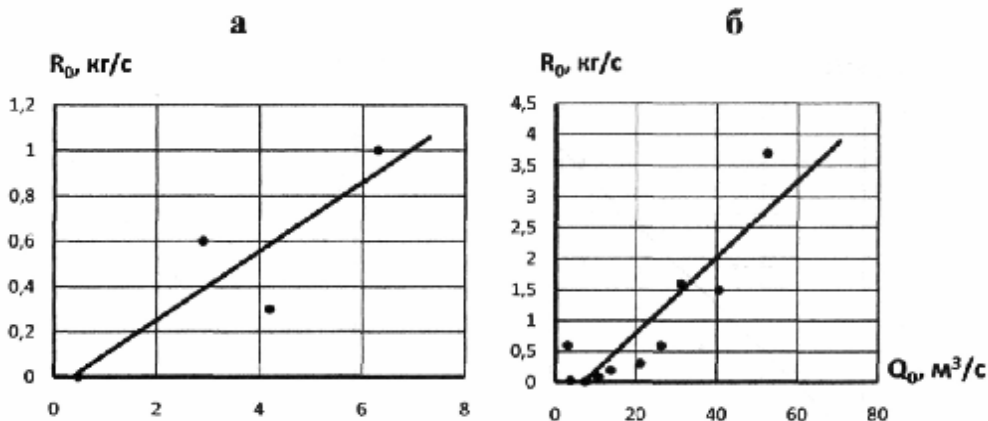


Рис. 1. Зв'язок для річок правобережної частини басейну Прип'яті середньобагатолітніх річних значень витрати завислих наносів R_0 та витрати води річок Q_0 при площі водозборів: а – 141...1400 км², б – 1480...13 300 км²

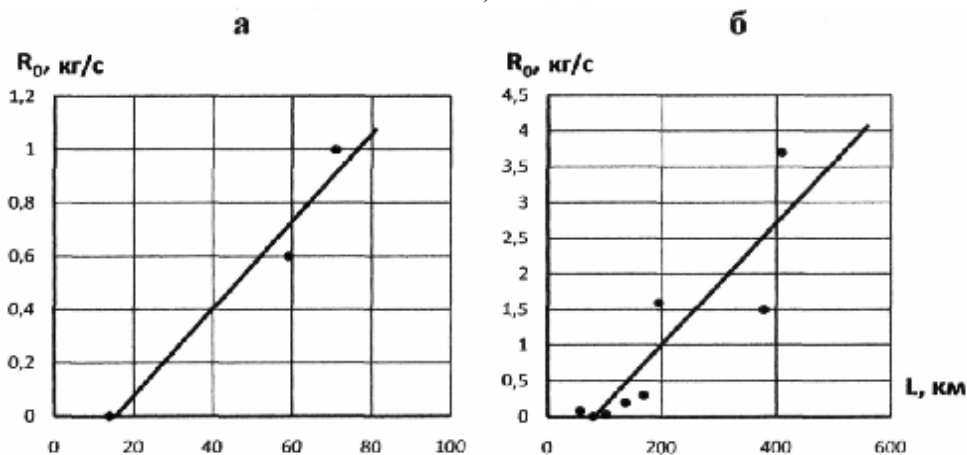


Рис. 2. Зв'язок для річок правобережної частини басейну Прип'яті середньобагатолітніх річних значень витрати завислих наносів R_0 та довжин річок L при площі водозборів: а – 141...1400 км², б – 1480...13 300 км²

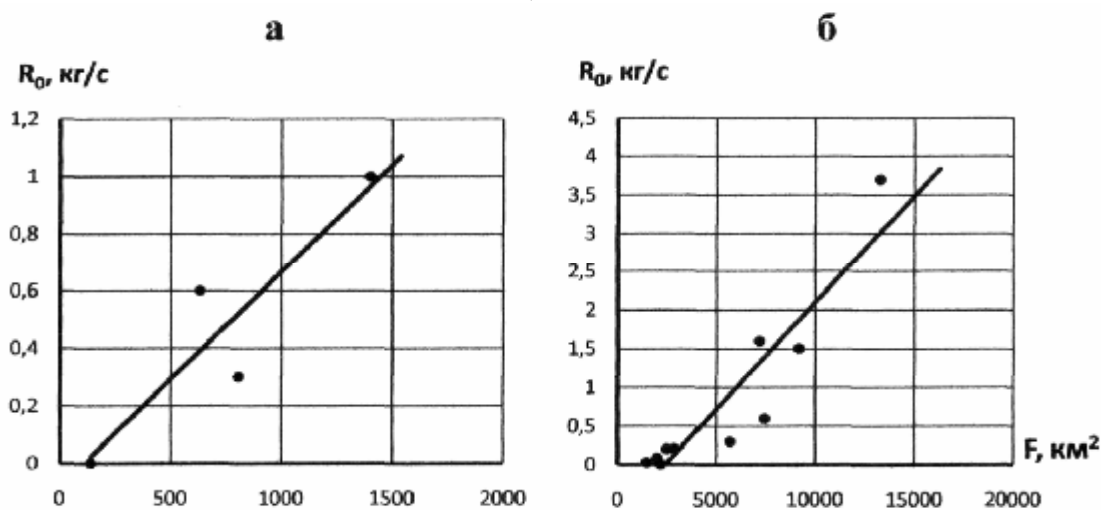


Рис. 3. Зв'язок для річок правобережної частини басейну Прип'яті середньобагатолітніх річних значень витрати завислих наносів R_0 та площ водозборів F при значенні F : а – 141...1400 км², б – 1480...13 300 км²

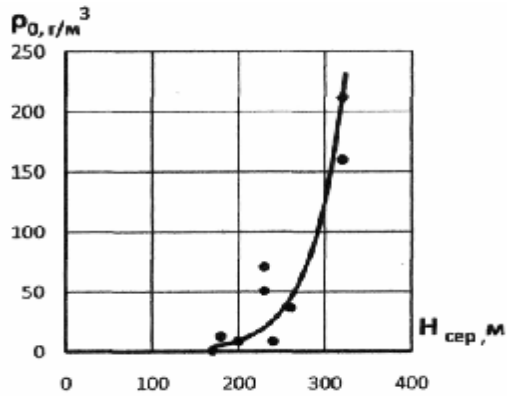


Рис. 4. Зв'язок для річок правобережної частини басейну Прип'яті середньобагатолітніх річних значень мутності води R_0 та середньої абсолютної висоти водозборів $H_{сep}$ при їх площі 141–13 300 км²

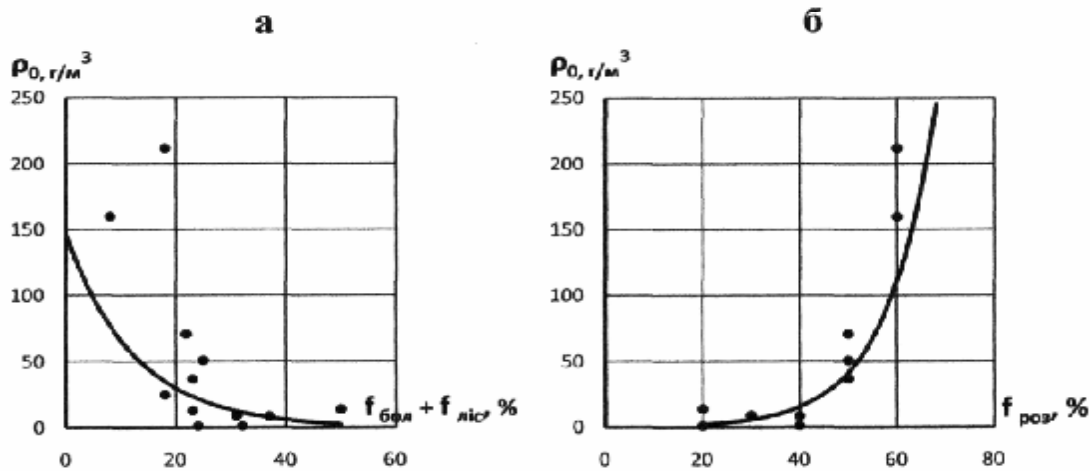


Рис. 5. Зв'язок для річок правобережної частини басейну Прип'яті середньобагатолітніх річних значень мутності води R_0 та сумарної величини заболоченості й лісистості водозборів $f_{бол} + f_{ліс}$ (а) та їх розораності $f_{роз}$ (б) при площі водозборів 141–13 300 км²

За даними виконаного графічного і кореляційного аналізу, рекомендуємо для практичних розрахунків орієнтовно середньобагатолітніх річних характеристик твердого стоку річок дослідженого регіону використовувати графіки, наведені на рисунках 1–3, або відповідні їм кореляційні рівняння (табл. 2).

Таблиця 2

Рекомендовані для практичних розрахунків рівняння парних кореляційних залежностей твердого стоку річок правобережної частини басейну Прип'яті від їх основних гідравлічних і гідрографічних характеристик

Вид залежності	r	$\pm E$	Рівняння
$F = 141 \dots 1400 \text{ км}^2$			
$R_0 = f(Q_0)$	0,87	0,08	$R_0 = 0,15Q_0 - 0,05$
$R_0 = f(L)$	0,98	0,03	$R_0 = 0,02L - 0,25$
$R_0 = f(F)$	0,91	0,06	$R_0 = 0,0001F - 0,08$
$F = 1480 \dots 13\,300 \text{ км}^2$			
$R_0 = f(Q_0)$	0,88	0,05	$R_0 = 0,06Q_0 - 0,42$
$R_0 = f(L)$	0,88	0,05	$R_0 = 0,01L - 0,69$
$R_0 = f(F)$	0,92	0,03	$R_0 = 0,0003F - 0,67$

Примітка. r – коефіцієнт парної лінійної кореляції, E – ймовірна похибка коефіцієнта кореляції. Гранична похибка коефіцієнта кореляції становить $4E$.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для правобережної частини басейну Прип'яті виконано наймасштабніше на сьогодні дослідження парних залежностей твердого стоку річок

(стоку завислих наносів) від гідравлічних і гідрографічних характеристик річок та їх водозборів. На основі цього дослідження рекомендовано графіки та кореляційні рівняння для практичних розрахунків середньобагатолітніх річних витрат завислих наносів невивчених (стосовно твердого стоку) річок регіону.

Встановлено критичні межі сумарної заболоченості й лісистості та розораності водозборів, перехід через які супроводжується різким збільшенням твердого стоку річок.

У подальшому варто виконати дослідження залежності твердого стоку річок названої території від розглянутих нами та інших природних й антропогенних факторів із використанням методу множинної кореляції.

Список використаної літератури

1. Бобровицкая Н. Н. Зависимость среднего многолетнего стока взвешенных наносов рек Европейской территории СССР от физико-географических фактов / Н. Н. Бобровицкая // Тр. Гос. гидрол. ин-та. – 1972. – Вып. 191. – С. 68–84.
2. Вишневський В. І. Довготривалі зміни стоку наносів на території України / В. І. Вишневський // Ерозійно-аккумулятивні процеси і річкові системи освоєних регіонів : зб. наук. пр. III Укр.-пол.-рос. семінару з вивч. флювіальних форм рельєфу і процесів у гір., височинних і низовинних регіонах, Львів–Ворохта, 23–26 жовт. 2006 р. – Львів : Вид. центр. ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – С. 67–76.
3. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневський, О. О. Косовець. – К. : Ніка-центр, 2003. – 323 с.
4. Вишневский В. И. Твердый сток малых рек Украины / В. И. Вишневский, Л. Н. Кулачинская // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1992. – Вып.76. – С. 78–88.
5. Гидрографические характеристики речных бассейнов Европейской территории СССР / под ред. В. В. Куприянова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1971. – 99 с.
6. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. М. Ю. Калинина и А. Г. Ободовского. – Минск : Белсенс, 2003. – 269 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 6. Украина и Молдавия. – Вып. 2. – Среднее и Нижнее Поднепровье / под ред. М. С. Каганера. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 656 с.
8. Рождественский А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
9. Справочник по водным ресурсам / под ред. Б. И. Стрельца. – Киев : Урожай, 1987. – 304 с.
10. Швевс Г. И. Современные изменения режима наносов рек Украины / Г. И. Швевс, С. А. Антонова // Тр. V Всесоюз. гидрол. съезда. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – Т. 10. – Кн. 2. – С. 155–160.

Адреса для листування:

43025, м. Луцьк, просп. Волі, 13,
Волинський національний університет
імені Лесі Українки, географічний факультет.

Статтю подано до редколегії

18.11.2011 р.