

УДК: 556.5 + 528.8

**Ободовський О.Г., Сурай К.С., Почаєвець О.О.**  
*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### ОЦІНКА МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК СУББАСЕЙНУ УЖА (БАСЕЙН РІЧКИ ТИСА)

**Ключові слова:** річковий стік води; внутрішньорічний розподіл стоку; мінімальний стік води річок; оцінка мінімального стоку; мінімальні витрати води; карта мінімального стоку води; суббасейн річки Уж.

**Вступ.** Мінімальний стік води річок Українських Карпат на сьогоднішній день є мало дослідженим, адже через надмірне зволоження території більша увага приділяється максимальному стоку води цього регіону. Разом з тим в останній час були відмічені дуже низькі межні на вказаних річках, які навіть встановили подекуди історичні мінімуми. Не були винятком в цьому контексті і річки басейну Ужа. Враховуючи розташування суббасейну річки Уж на кордоні країни зі Словаччиною, вивчення мінімального стоку на його водозборі є більш складним за відсутності достатньої кількості даних. Тому досі ця територія є слабо вивченою стосовно оцінки мінімального стоку води. Однак його перебіг є вкрай важливим при вирішенні ряду водогосподарських задач.

**Аналіз попередніх досліджень.** Районування території Закарпаття за умовами формування межного стоку, вивчення та розрахунок мінімальних витрат води річок проводили Лисенко К.А. та Чіппінг Г.О. ще у 60-70-х рр. минулого століття [8]. Дослідженнями мінімального стоку води займалися також Владимиров А.М. [2], Лобода Н.С., Божок Ю.В. [6], Горбачова Л.О. [4, 5], Баужа Т.О. [1], Ободовський О.Г. [3, 9, 12, 13], Лук'янець О.І. [7, 11, 13], Почаєвець О.О. [3, 9, 12], Ромась М.І. [11, 12] Соловей Т.В. [16].

В міжнародній науковій практиці питанню дослідження мінімального стоку води на річках присвячена значна кількість публікацій. В наших дослідженнях ми намагались зосередитись на аналізі публікацій, пов'язаних з процесами формування мінімального стоку гірських річок зі схожими умовами формування стоку води. Так, в роботах американських вчених [18-29] дослідження мінімального стоку з використанням програмного продукту ІНА проводяться ще з 1996 р. Саме вони пропонують використовувати мінімальні витрати води за період 7-ми днів, як такий, що найменше піддається впливу випадіння опадів.

**Мета роботи** – оцінка мінімального стоку води річок суббасейну Ужа та побудова карти ізоліній мінімального стоку в межах суббасейну для отримання даних за відсутності спостережень.

**Вихідні дані та методика дослідження.** Вихідні дані у вигляді щоденних середньодобових витрат води для досліджень мінімального стоку були отримані у Центральній геофізичній обсерваторії ім. Бориса Срезневського. Використане інформаційне джерело – гідрологічні щорічники – містять дані спостережень з 1860 по 2015 р. включно. Для досліджень були використані дані від початку спостережень на обраних постах до 2015 р.

Суббасейн р. Уж за своїм територіальним розташуванням знаходиться не лише в Україні, а й у Словаччині, де на його річках також проводиться моніторинг (пост р. Уж – с. Лекаровце). Гідрометричні дані із закордонного поста є важко доступними, тому була використана лише інформація з українських гідрологічних постів. Для побудови карт ізоліній мінімальних модулів стоку води було використано дані з гідрологічних постів сусідніх річкових басейнів (табл.1).

**Таблиця 1. Список гідрологічних постів, дані спостережень з яких були використані для побудови карт ізоліній мінімальних модулів стоку води**

1.Тиса - Вилок	11.Бодрог - Стреда над Бодрогом
2.Біла Тиса - Луги	12.Бистра - Вісеул
3.Косівська - Косівська Поляна	13.Красна - Агердомайор
4.Тересва -Усть-Чорна	14.Шамос - Сату Маре
5.Ріка - Верхній Бистрий	15.Уж - Жорнава
6.Ріка - Міжгір'я	16.Уж - Зарічеве
7.Боржава - Довге	17.Уж- Ужгород
8.Латориця - Свалява	18.Тур'я - Сімер
9.Латориця - Мукачеве	19.Чорна Тиса - Ясіня
10.Удава - Удавське	20.Латориця - Підполоззя

У суббасейні річки Уж в межах України розташовано 7 гідрологічних постів, з них лише 4 – витратні (р. Уж – с. Жорнава, р. Уж – с. Зарічеве, р. Уж – м. Ужгород та р. Тур'я – с. Сімер).

Для оцінки мінімального стоку води було використано мінімальні витрати води як середні значення за 7-денний період (період обрано для річок гірського типу і з урахуванням можливостей американського програмного продукту ІНА (Indicators of Hydrologic Alteration [20, 21], де проводився розрахунок середніх 7-денних значень). У програмі є можливість розрахунку середніх значень за 30 та за 7 днів, а також можна обирати період (весь рік або частина року), за який розраховуватимуться середні значення: для даного дослідження було розраховано середні 7-денні мінімальні значення для літньо-осіннього та зимового меженого сезонів. Згідно з нормативним положенням [6] дослідження мінімального стоку води на території України слід проводити, використовуючи дані за 30-ти добовий період з мінімальним стоком. Проте суббасейн річки Уж, який розташований в регіоні Українських Карпат, характеризується значними похилами та частим випадінням опадів, що зумовлює інтенсивне формування паводків як у теплий, так і в холодний період року. На основі аналізу наукових праць [20], можливостей програмного середовища для виконання гідрологічних розрахунків ІНА нами для дослідження мінімального стоку було обрано підхід, який враховує аналіз мінімальних витрат води за період 7-ми діб (замість 30-ти діб).

**Виклад результатів дослідження.** Для оцінки мінімального стоку було проведено розрахунки внутрішньорічного розподілу стоку води за моделлю реального року за роки різних забезпеченостей (табл.2).

Згідно з аналізом результатів внутрішньорічного розподілу стоку води, найбільший стік припадає на весну-літо, коли проходять значні дощові паводки. Найнижчий стік формується завжди в осінній період (літньо-осіння межень). Зимові межень дуже нестійка, адже переривається відлигами і сніго-дощовими паводками, тому стік у зимовий період значно вищий, ніж в осінній.

Таблиця 2. Внутрішньорічний розподіл стоку води річок (у відсотках) у суббасейні р. Уж

Г/п	Місяці												Сезонний стік, %			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	Весна-літо	Осінь	Зима	
Багатоводний рік 5%-ї забезпеченості																
Уж - Жорнава	6,74	30,6	6,75	2,33	0,74	0,68	5,71	14,2	10	12	7,01	3,37	47,1	20,5	32,3	
Уж - Зарічово	13,7	7,4	10,2	4,49	9,89	3,02	5,65	5,71	2,62	11,6	17,9	7,87	45,7	14,4	40	
Уж - Ужгород	8,15	8,38	13,3	12,2	5,12	3,16	4,86	2,57	9,75	20,6	9,01	2,93	47,1	10,6	42,3	
Тур'я - Сімер	8,56	10	13,7	10,8	4,51	3,09	5,54	2,88	10,3	19,2	8,98	2,35	47,6	11,5	40,9	
Середній за водністю рік 50%-ї забезпеченості																
Уж - Жорнава	10,1	12,4	13,6	7,28	7,72	3,2	2,5	8,32	8,32	6,5	8,68	11,4	51,1	14	34,9	
Уж - Зарічово	9,49	9,57	13,6	5,95	9,09	2,84	2,18	6,35	8,48	8,81	10,9	12,8	47,6	11,4	41	
Уж - Ужгород	17,4	17,6	6,79	4,19	1,25	1,15	2,13	6,12	5,31	7,81	9,26	21	47,3	9,4	43,3	
Тур'я - Сімер	22,5	16,7	11,8	4,13	5,07	8,43	0,99	0,77	6,14	13,4	1,61	8,5	60,1	10,2	29,7	
Маловодний рік 95%-ї забезпеченості																
Уж - Жорнава	22,3	16,3	4,53	5,23	4,42	8,69	2,3	2,06	2,67	11,2	9,79	10,5	52,8	13,1	34,1	
Уж - Зарічово	21	19,1	4,15	4,52	4,32	7,22	1,28	1,21	1,77	11,6	10,3	13,5	53,1	9,7	37,2	
Уж - Ужгород	24,1	20,2	7,93	11,9	3,84	2,63	1,64	0,98	1,1	2,44	16,9	6,46	67,9	5,24	26,9	
Тур'я - Сімер	19,5	17,8	10,8	8,12	4,14	2,34	1,36	1,28	2,08	2,72	18,5	11,4	60,3	4,98	34,7	

Найменша частка стоку припадає частіше на жовтень на рівнинній території басейну і зазвичай у маловодний рік, що спричинено випадінням малої кількості опадів, а також на серпень-вересень.

На основі внутрішньорічного розподілу стоку було виокремлено два відносно стійкі періоди мінімальних витрат води: літньо-осінній (з серпня по жовтень) та зимовий (з листопада по лютий); у ці місяці спостерігається нижчий стік, ніж в інші. Саме ці періоди були закладені в програму ІНА для визначення середніх 7-денних мінімальних витрат води. 7-денний період обрано з урахуванням можливостей програми, фізико-географічних особливостей басейну річки та на основі аналізу виконаних [17] і власних досліджень (рис.1). На графіку можна спостерігати лише короткі 7-денні періоди мінімальних витрат води без випадіння опадів, за винятком зимового сезону, коли можуть випадати тверді опади і впливати на стік води лише через тривалий час.

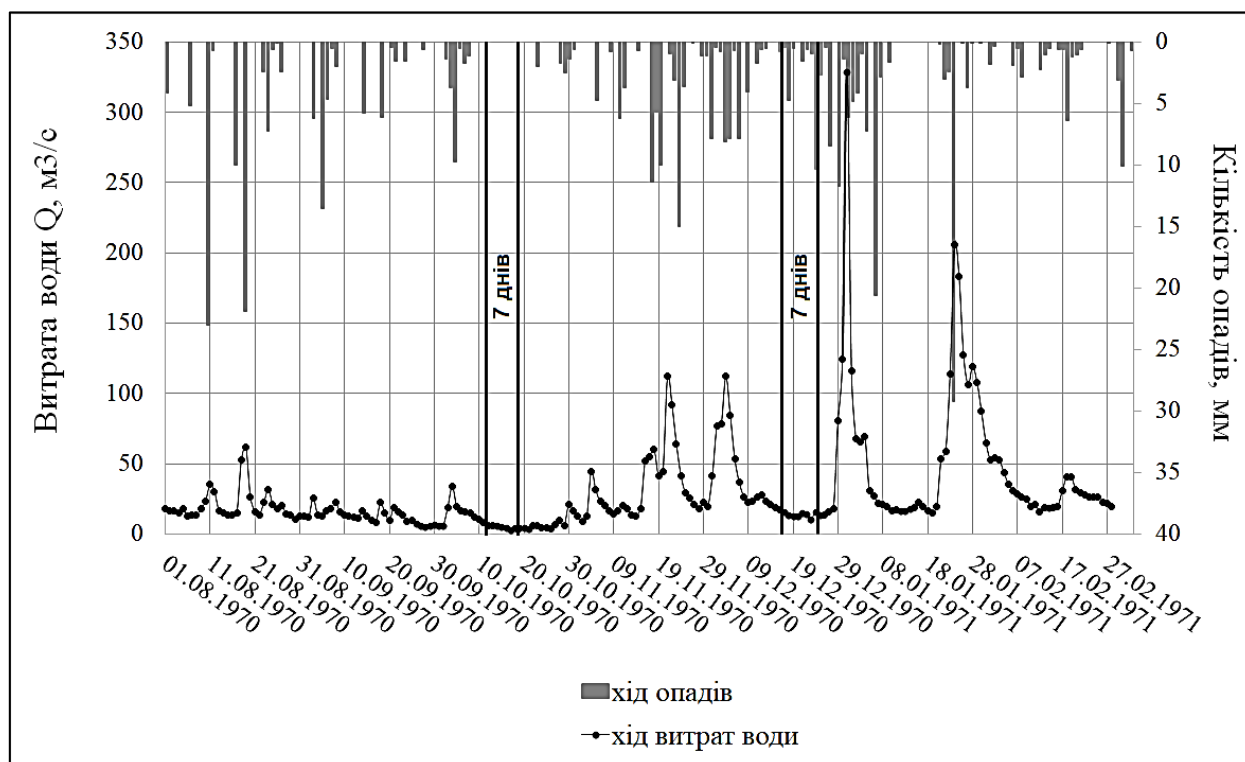


Рис. 1. Гідрограф стоку води по гідрологічному посту р. Уж – м. Ужгород та хід кількості атмосферних опадів за період мінімального стоку у багатоводний 1970 – 1971 водогосподарський рік

Отримані часові ряди даних були перевірені на однорідність у програмі StokStat [18].

Оскільки в гідрології при дослідженні за різними статистичними критеріями рівень значимості приймають 1%, 5% та 10%, то при оцінці на однорідність перевірка здійснювалася як при 5%-вому, так і при 1%-вому рівні значимості. Встановлено, що всі досліджувані часові послідовності мінімального стоку води, за виключенням рядів мінімальних витрат по посту р. Уж – м. Ужгород, є однорідними за трьома критеріями (Фішера, Стюдента і Вількоксона). Ряди середніх мінімальних витрат води гідрологічного поста у м. Ужгород однорідні лише за параметричними критеріями Фішера і Стюдента, а отже їх також можна використовувати у дослідженнях.

Для того, щоб мати уявлення про те, у якій фазі зараз перебуває мінімальний стік води в межах досліджуваної території, було проведено оцінку коливань мінімального стоку за різницевиими інтегральними кривими. Дослідження проводились за даними гідрологічного поста Ужгород, який є замикальним створом, має площу водозбору 1970 км<sup>2</sup> та описує загальний характер коливань стоку води в басейні.

Ці криві побудовані за весь період спостережень (1947-2015 рр.) за даними мінімальних 7-денних витрат води за зимовий та літньо-осінній періоди (рис.2).

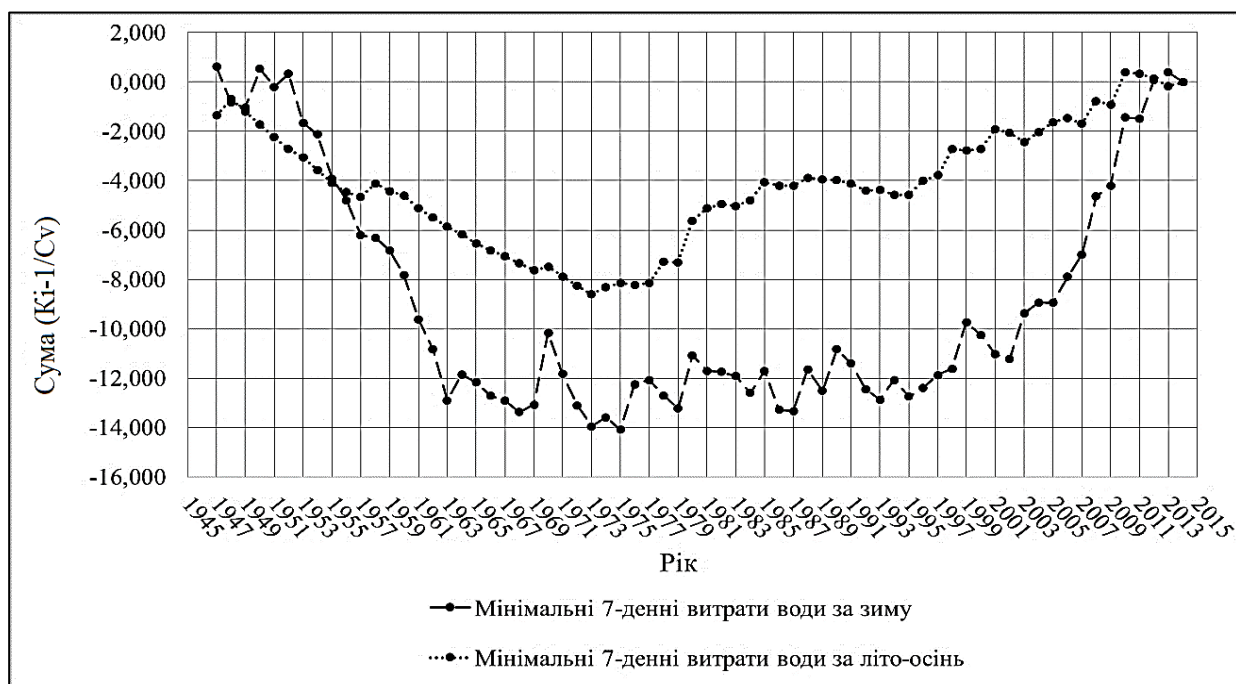
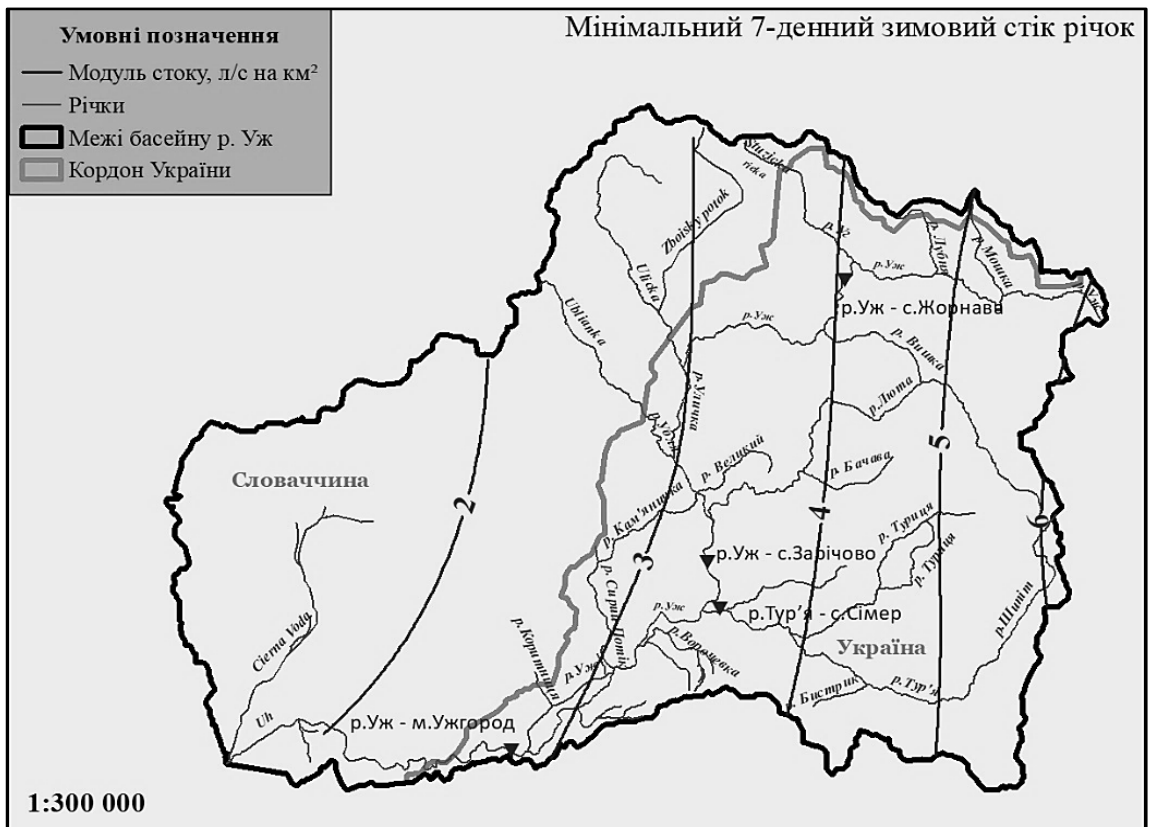


Рис.2. Різницеві інтегральні криві мінімального стоку: р. Уж – м. Ужгород

Аналізуючи отримані різницеві інтегральні криві (рис.2), слід зазначити, що помітним є перехід мінімального стоку із маловодної фази у багатоводну, і для обох періодів (зимового та літньо-осіннього) цей перехід можна спостерігати у 1971 р. Проведені дослідження співпадають із результатами досліджень інших авторів, за якими мінімальний стік води вже тривалий час знаходиться в багатоводній фазі [9, 10, 12, 13, 19].

Одним із важливих питань гідрологічних досліджень є встановлення витрат води за відсутності спостережень. Враховуючи значний розвиток наукових досліджень та виникнення прикладних програмних комплексів для гідрологічних розрахунків, визначення таких значень стає все більш доступним. Для того, щоб в подальшому можна було оцінити мінімальний стік води річок суббасейну Ужа у будь-якій його точці, нами були побудовані карти ізоліній модуля мінімального стоку (л\*с/км<sup>2</sup>) за 7-денний період для зимового та літньо-осіннього меженого періодів (рис. 3-4).

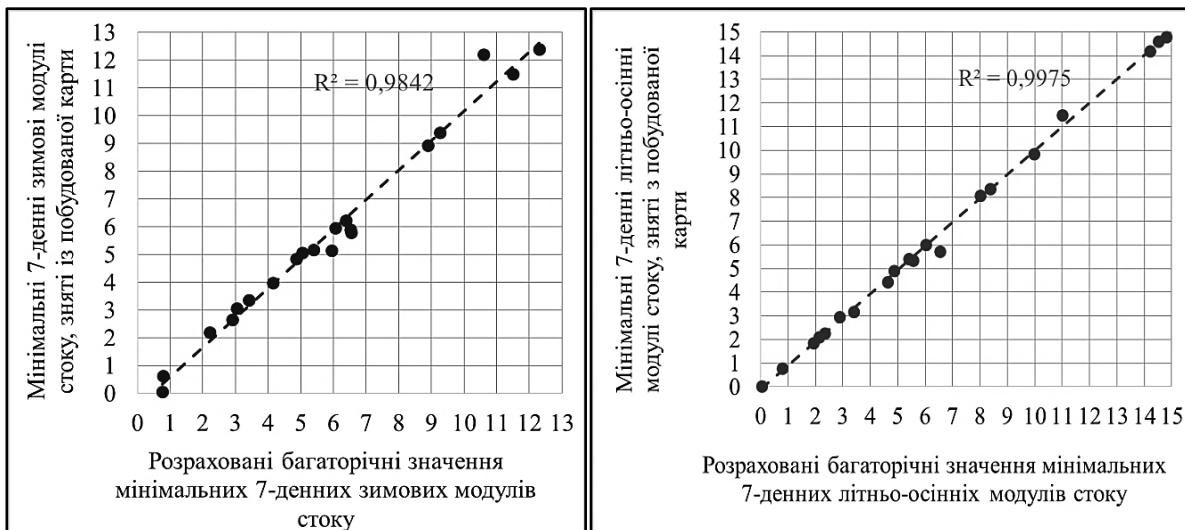
Отримані карти ізоліній стоку води є актуальними та найбільш детальними і сучасними для річок суббасейну Ужа. За результатами аналізу побудованих карт мінімальних модулів стоку води здійснена оцінка їх достовірності шляхом отримання залежності між фактичними їх значеннями за даними гідрологічних постів, розрахованими за багаторічний період, та знятими з карти (рис. 5).



**Рис. 3.** Карта ізолій мінімального 7-денного зимового стоку води річок суббасейну р. Уж



**Рис. 4.** Карта ізолій мінімального 7-денного літньо-осіннього стоку води річок суббасейну р. Уж



**Рис.5. Залежність між розрахованими та картографованими мінімальними модулями стоку води річок суббасейну Ужа**

Залежність показала тісний зв'язок, коефіцієнт кореляції склав  $r = 0,992$  та  $0,999$  для двох карт. При цьому лінія зв'язку проходить під кутом, близьким до  $45^\circ$ . Отже, представлені карти є достовірними, і ними можна користуватися у подальшому для встановлення величини модулів стоку з інших точок басейну для виконання практичних та наукових цілей. Зокрема це стосується оцінки мінімального стоку річок басейну для вирішення різних водогосподарських завдань: планування водопостачальних та водозабірних робіт, проектування та побудова гідротехнічних споруд, виконання меліоративних робіт та інше.

**Висновки.** Для того, щоб оцінити мінімальний стік води суббасейну р. Уж, було створено банк щоденних даних по всіх витратних гідрологічних постах в межах басейну на території України в с. Жорнава, с. Зарічово, м. Ужгород (розташовані на р. Уж) та с. Сімер (пост розташований на притоці Ужа – р. Тур'я).

За результатами досліджень внутрішньорічного розподілу стоку води для річок басейну було виділено два відносно стійкі періоди мінімальних витрат води: літньо-осінній (з серпня по жовтень) та зимовий (з листопада по лютий). Найбільший стік води припадає на весну-літо, найнижчий формується завжди в осінній період. Зимовий стік води річок дуже нестійкий, адже переривається відлигами і снігодошовими паводками. Стік у зимовий період значно вищий, ніж в осінній.

Оцінка однорідності рядів мінімальних витрат води, сформованих на основі розрахунків в програмі ІНА, дала підставу стверджувати, що всі досліджувані послідовності є однорідними.

Оцінка коливань мінімального стоку засвідчила, що зараз він знаходиться у багатоводній фазі.

На основі отриманих середніх 7-денних мінімальних витрат води, переведених у модулі стоку, було побудовано карти модулів стоку окремо для зимового та літньо-осіннього періодів. Для створення більш достовірних карт було використано дані з 20 гідрологічних постів, у тому числі і закордонних.

Оцінка достовірності карт показала тісний зв'язок між фактичними та розрахованими значеннями витрат води в межах гідрологічних постів ( $r = 0,992$  та  $r = 0,999$ ). Отже, карти є достовірними, і ними можна користуватися у практичних цілях для отримання значень мінімальних модулів стоку води для будь-якої річки суббасейну.

## Список літератури

1. Баужа Т.О., Горбачова Л. О. Особливості часового розподілу мінімального стоку води річок та струмків басейну річки Ріка. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2013. Т.4(31). С. 36–46.
2. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. Л. : Гидрометеоздат, 1976. 296 с.
3. Гідроекологічна оцінка та прогноз енергетичного потенціалу річок Українських Карпат. Науковий звіт теми № 14БП050-01. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. № держреєстрації 0114U003482, 2015 р. 336 с.
4. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки стаціонарності і однорідності гідрологічних рядів спостережень. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2014. Т.1(32). С. 22–31.
5. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. Український географічний журнал, 2015. № 3. С. 16-23.
6. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Мінливість клімату та водних ресурсів Закарпаття. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2011. Вип. 12. С. 161-167.
7. Лук'янець О.І., Камінська Т.П. Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. Вип. 744–745: Географія, 2015. С. 18-24.
8. Лысенко К. А. Минимальный сток малых рек Карпат и его расчёты. Труды УкрНИГМИ, 1976. Вип. 149. С. 130-142.
9. Ободовський О.Г., Данько К.Ю., Почаєвець О.О., Ободовський Ю.О. Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу (на прикладі річок Українських Карпат). Вісник київського університету. Географія, 2016. №64. С. 5-11.
10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Річковий стік та гідрологічні розрахунки» для студентів географічного факультету / Упорядник С. С. Дубняк. К. : ВПЦ «Київський університет», 2006. – 37 с.
11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географічного факультету // Упорядник О.І. Лук'янець. К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. 60 с.
12. Ободовський О.Г., Почаєвець О.О., Заварзін М.А. Оцінка зв'язків мінімального та середнього стоку води річок Українських Карпат. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. Т.1(40). С. 60–69.
13. Ободовський О.Г., Лук'янець О.І. Виявлення та прогнозна оцінка коливань водності річок Карпатського регіону. Матеріали Міжнар. наук. конф. «Від географії до географічного українознавства: еволюція освітньо-наукових ідей та пошуків (до 140-річчя започаткування географії у Чернівецькому національному університеті ім. Ю. Федьковича)». 11-13 жовтня 2016 р. Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2016. С. 170-171.
14. Природа Українських Карпат. Під ред. К.І. Геренчука. Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. 266 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.6 Украина и Молдавия, вып. 1. Западная Украина и Молдавия.
16. Соловей Т.В. Характеристика мінімального стоку річок басейну Прута. С. 76-77.
17. ArcGIS Online Mapping Without Limits URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline>.
18. GeoDigital. Инженерная геодезия. StokStat 1.2 - Статистика для гидрологии. URL: [http://www.geodigital.ru/soft\\_hydr](http://www.geodigital.ru/soft_hydr).
19. How much water does a river need? / Brian Richter, Jeffrey Baumgartner, Robert Wigington, David Braun. // Freshwater Biology. February 1997. pp. 231-249.
20. Indicators of Hydrologic Alteration (IHA). URL: <https://www.coservationgateway.org/ConversationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofhydrologicAlteration/>.
21. Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1. User's Manual. The Nature Conservancy, 2009.
22. Opperman, J. (2006). Indicators of Hydrologic Alteration analysis for the Patuca River.
23. Opperman, J. (2006). Preliminary IHA analysis for the Middle Fork Willamette River at Jasper OR.
24. Reilly C. Estimation of 7-day, 10-year low-streamflow statistics using baseflow correlation / C. Reilly, N. C. Kroll. // Water resources research. – 2003. №30. С. 1–10.
25. Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Braun, D.P., and Powell, J. (1998). A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. Regulated Rivers: Research & Management, 14, 329-340.
26. Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P., (1996). A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology, 10(4), 1163-1174. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Conservation Biology.
27. Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R., and Braun, D.P. (1997). How much water does a river need? Freshwater Biology, 37, 231-249. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Freshwater Biology.
28. SASGIS Веб-картографія и навігація. URL: <http://www.sasgis.org/>.
29. Tokarczyk T.



### References

1. *Bauzha T.O., Horbachova L. O.*. Osoblyvosti chasovoho rozpodilu minimal'noho stoku vody richok ta strumkiv basejnu richky Rika. Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia, 2013. T.4(31). S. 36–46.
2. *Vladymyrov A.M.* Stok rek v malovodnyj peryod hoda. L. : Hydrometeoizdat, 1976. 296 s.
3. *Hidroekolohichna otsinka ta prohnoz enerhetychnoho potentsialu richok Ukrain's'kykh Karpat.* Naukovyj zvit temy № 14BP050-01. Kyivs'kyj natsional'nyj universytet imeni Tarasa Shevchenka. № derzhreiestratsii 0114U003482 2015 r. 336 s.
4. *Horbachova L.O.* Metodychni pidkhody schodo otsinky statsionarnosti i odnoridnosti hidrolohichnykh riadiv sposterezhen'. Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia. 2014. T.1(32). S. 22–31.
5. *Horbachova L.O.* Suchasnyj vnurishn'orichnyj rozpodil vodnoho stoku richok Ukrainy. Ukr. heohr. zhurn. 2015. № 3. S. 16-23.
6. *Loboda N.S., Bozhok Yu.V.* Minlyvist' klimatu ta vodnykh resursiv Zakarpattia. Visnyk Odes'koho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu. 2011. Vyp. 12. S. 161-167.
7. *Luk'ianets' O.I., Kamins'ka T.P.* Zakonomirnosti ta prostorova synkhronnist' bahatorichnykh tsyklichnykh kolyvan' vodnoho stoku richok Ukrain's'kykh Karpat. Naukovyj visnyk Chernivets'koho universytetu: zbirnyk naukovykh prats'. Chernivtsi: Chernivets'kyj nats. un-t. Vyp. 744–745: Heohrafiia. 2015. S. 18-24.
8. *Lysenko K. A.* Mynymal'nyj stok malykh rek Karpat y eho raschioty. Trudy UkrNYHMY, 1976. Vyp. 149. S. 130-142.
9. *Obodovs'kyj O.H., Dan'ko K.Yu., Pochaievets' O.O., Obodovs'kyj Yu.O.* Metodyka vstanovlennia hidroenerhetychnoho potentsialu (na prykladi richok Ukrain's'kykh Karpat). Visnyk kyivs'koho universytetu. Heohrafiia. 2016. №64. S. 5-11.
10. Metodychni vkazivky do vykonannia praktychnykh robot z dystsypliny «Richkovyj stik ta hidrolohichni rozrakhunky» dlia studentiv heohrafichnoho fakul'tetu// Uporiadnyk S. S. Dubniak. K.: VTs Kyivs'kyj universytet», 2006. 37 s.
11. Metodychni vkazivky do vykonannia praktychnykh robot iz dystsypliny «*Matematychni metodi v hidrometeorolohii*» dlia studentiv heohrafichnoho fakul'tetu. Uporiadnyk O.I. Luk'ianets'. K.: VTs Kyivs'kyj universytet», 2010. 60 s.
12. *Obodovs'kyj O.H., O.O. Pochaievets', M.A. Zavarzin.* Otsinka zv'iazkiv minimal'noho ta seredn'oho stoku vody richok Ukrain's'kykh Karpat. Nauk. zbirnyk. Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia. Kyiv: VHL Obrii. 2016. T1(40). S. 60–69.
13. *Obodovs'kyj O.H., Luk'ianets' O.I.* Vyavlennia ta prohnozna otsinka kolyvan' vodnosti richok Karpats'koho rehionu. Materialy Mizhnar. nauk. konf. «Vid heohrafii do heohrafichnoho ukrainoznavstva: evoliutsiia osvith'o-naukovykh idej ta poshukiv (do 140-richchia zapochatkuvannia heohrafii u Chernivets'komu natsional'nomu universyteti im. Yu. Fed'kovycha)». 11-13 zhovtnia 2016 r. Chernivtsi: Cherniv. nats. un-t, 2016. S. 170-171.
14. *Pryroda Ukrain's'kykh Karpat.* Pid red. K.I. Herenchuka. L'viv: Vyd-vo L'viv. un-tu, 1968. 266s.
15. *Resursy poverhnostnykh vod SSSR, t.6 Ukraina i Moldavija,* vyp. 1. Zapadnaja Ukraina i Moldavija.
16. *Solovej T.V.* Kharakterystyka minimal'noho stoku richok basejnu Pruta. S. 76-77.
17. ArcGIS Online Mapping Without Limits, 2018. URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline>.
18. GeoDigital. Inzhenernaja geodezija. StokStat 1.2 - Statistika dlja gidrologii. URL:[http://www.geodigital.ru/soft\\_hydr](http://www.geodigital.ru/soft_hydr).
19. How much water does a river need? / Brian Richter, Jeffrey Baumgartner, Robert Wigington, David Braun. // Freshwater Biology. February 1997. – pp. 231-249.
20. Indicators of Hydrologic Alteration (IHA). URL:<https://www.coservationgateway.org/ConversationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofhydrologicAlteration/>.
21. Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1. *User's Manual.* The Nature Conservancy, 2009.
22. *Opperman, J.* (2006). Indicators of Hydrologic Alteration analysis for the Patuca River.
23. *Opperman, J.* (2006). Preliminary IHA analysis for the Middle Fork Willamette River at Jasper OR.
24. *Reilly C.* Estimation of 7-day, 10-year low-streamflow statistics using baseflow correlation / C. Reilly, N. C. Kroll. // Water resources research. 2003. №30. C. 1–10.
25. *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Braun, D.P., and Powell, J.* (1998). A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14, 329-340.
26. *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P.,* (1996). A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10(4), 1163-1174. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Conservation Biology.
27. *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R., and Braun, D.P.* (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, 231-249. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Freshwater Biology.

28. SASGIS Veb-kartografija i navigacija. URL: <http://www.sasgis.org/>. 29. Tokarczyk T. Classification of Low Flow and Hydrological Drought for a River Basin. Acta Geophysica. 2013. №61. S. 404–421.

#### **Оцінка мінімального стоку води річок суббасейну Ужа (басейн річки Тиса)**

**Ободовський О.Г. Сурай К.С., Почаєвець О.О.**

У статті наведено оцінку мінімального стоку води в суббасейні річки Уж (оцінка внутрішньорічного розподілу з виокремленням характерних межених сезонів, оцінка однорідності рядів спостережень, оцінка циклічності стоку для визначення фази, в якій наразі перебуває мінімальний стік). Виконана оцінка коливань мінімального стоку води та його сучасного стану. Створені нові карти ізоліній мінімального стоку води літньо-осіннього та зимового межених періодів суббасейну р. Уж за 7-денний період.

**Ключові слова:** річковий стік води; внутрішньорічний розподіл стоку; мінімальний стік води річок; оцінка мінімального стоку; мінімальні витрати води; карта мінімального стоку води; суббасейн річки Уж.

#### **Оценка минимального стока воды рек суббасейна Ужа (бассейн реки Тиса)**

**Ободовский А.Г. Сурай К.С., Почаевец А.А.**

В статье приведена оценка минимального стока в суббасейне реки Уж (оценка внутригодового распределения с выделением характерных межених сезонов, оценка однородности рядов наблюдений, оценка цикличности стока для определения фазы, в которой сейчас находится минимальный сток). Была проведена оценка минимального стока и его современного состояния. Созданы новые карты изолиний минимального стока летне-осеннего и зимнего межених периодов суббасейна р. Уж за 7-дневный период.

**Ключевые слова:** речной сток воды; внутригодовое распределение стока; минимальный сток воды рек; оценка минимального стока; минимальные расходы воды; карта минимального стока воды; бассейн реки Уж.

#### **Rating of minimal river water flow of the Uzh River subbasin (the Tisa River basin)**

**Obodovsky O., Surai K., Pochaevets O.**

This article gives a rating of minimum river flow of the Uzh River subbasin. As part of the research, there was done intra-annual flow distribution. It was discovered that there are two special periods of low flow on this subbasin's rivers. The first one runs from August to November (summer-autumn period). The second one runs from December to February (winter period). Also was found that months from August to October are accounted for the lowest percentage of the annual runoff.

In order to calculate the average minimum values for each year for two periods of runoff was found 7 days with a stable minimum flow. Physical and geographical features of the river basin, comparative flow and precipitation graph, scientific works of American scientists and IHA (Indicators of Hydrologic Alteration) program features became the basis for giving preference to 7-days period.

All series of observations are homogeneous according to the calculations in the program StokStat. The data series of hydrological post Uzh – Uzhhorod is homogeneous with only parametrical criteria.

An estimation of the fluctuations of the minimum runoff was carried out using the method of constructing difference integral in order to know in what phase of the cycle there is a minimum flow currently. It is quite noticeable to see the transition of the minimum flow from the phase of low into the phase of high streamflow, and for both periods this transition can be observed in 1971.

One of the important issues of hydrological research is the determination of water consumption in the absence of observations. In order to further evaluate the minimum runoff of the Uzh River at any point, there were constructed maps of isolines of the modules of the minimum runoff ( $l^*s / km^2$ ) for the 7-day period for the winter and summer-autumn periods. The obtained maps are relevant and most detailed and modern for the rivers of the Uzh basin.

There was conducted the research of the connection between the actual values and the values taken from the maps. The connection between calculated and cartographed minimal flow modules showed a close correlation, the correlation coefficients are  $r = 0.992$  and  $0.999$  for two maps. In this case, the connection line is at an angle close to  $45^\circ$ . Consequently, the constructed maps are reliable and can be used in the future to determine the value of minimum flow modules from other parts of the basin for practical and scientific purposes. In particular, this concerns the estimation of the minimum runoff of the river basins, for solving various water management tasks: planning water supply and water intake works, designing and constructing hydrotechnical structures, performing reclamation works, etc.

**Keywords:** river water flow; intra-annual flow distribution; minimal river water flow; estimation of the minimum runoff; minimum water flow; a map of the minimum runoff of water; the river Uzh subbasin.

**Надійшла до редколегії 12.05.2018**