

25. *Khrystiuk B.F., Gorbachova L.O.* Dvougostrokove prognozuvannja daty pochatku vesnjanoogo vodopillja u verhiv'i' richky Pivdennyj Bug za telekonnekciynny indeksamy [Long-term forecasting of the start date of spring flood in the upper of the Southern Buh River by teleconnection indices]. *Hidrolohiya, hidrokimiya i hidroekolojiya*. 2023. № 1(67). С. 26-33. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.1.3>

Appearance dates of ice phenomena on the Dnipro Cascade reservoirs and the possibility of their long-term forecasting

Khrystiuk B.F., Gorbachova L.O., Rozlach V.O.

Long-term forecasting of the appearance dates of ice phenomena on the Dnipro Cascade reservoirs, especially with the forecast lead time at least 1 month, has important practical and scientific significance. So, it is on the basis of this characteristic of the ice regime that the terms and depths of autumn operation of each of the six Dnipro reservoirs are determined. Along with this, there are no methods for long-term forecasting of the appearance date of ice phenomena on the Dnipro Cascade reservoirs. Obviously, this is due to the fact that the problem of developing reliable long-term forecasts of the ice regime of water bodies is one of the most difficult in hydrometeorology, which has not yet received a fully satisfactory solution.

The objective of this of the research is to find connections between quantitative indicators of atmospheric processes in the North Atlantic and the appearance dates of ice phenomena on the Dnipro Cascade reservoirs, and to evaluate the possibilities of using the obtained results for operational long-term forecasting.

In long-term forecasting of ice regime is used the statistical, correlational, regression analysis as well as the atmospheric indicators as predictors. Therefore, the minimum atmospheric pressure in the center of the Icelandic minimum, the North Atlantic Oscillation (NAO) pattern and the Scandinavian Oscillation (SCAND) pattern were used in the research. These indicators characterize the atmospheric processes of the North Atlantic. Materials of the Department of Meteorological Forecasts of the Ukrainian Hydrometeorological Center (Kyiv) and the National Oceanic & Atmospheric Administration USA (archival synoptic maps, the values of NAO and SCAND patterns) were used as initial data. The obtained results show that such indicators of the atmospheric processes of the North Atlantic as the minimum atmospheric pressure in the center of the Icelandic minimum, NAO and SCAND patterns undoubtedly have a fairly significant influence on the formation of the appearance dates of ice phenomena on the Dnipro Cascade reservoirs, but such an influence is not predominant and such indicators can only be partially used as predictors for long-term forecasting. Therefore, to obtain more acceptable results, it is necessary to expand the search for predictors of atmospheric processes both in space and time.

Keywords: Dnipro reservoirs, ice phenomena, long-term forecasting, atmospheric processes, Icelandic minimum, NAO pattern, SCAND pattern.

Надійшла до редколегії 22.05.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.2.4>

УДК 556.16.047

Лободзінський О.В., Данько К.Ю.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКА ЗМІНИ ТИПІВ ЖИВЛЕННЯ РІЧОК БАСЕЙНУ Р. ГОРИНЬ

На прикладі річок басейну річки Горинь визначено алгоритм розчленування гідрографів стоку, наведено результати розрахунку величин різних типів живлення та проаналізовано їх багаторічну динаміку. Для річок України характерними є снігове, дощове та підземне (грунтове та глибоке підземне) живлення. Визначення величини снігового та дощового живлення річок, здійснюється з урахуванням характеристик атмосферних опадів, та їх співвідношення з характеристиками водного стоку. У роботі за допомогою аналітичного (розрахункового) методу встановлено показники підземного живлення, зокрема глибокого підземного. Викладено ключові принципи визначення показників живлення річок, графічну та геометричну складові застосування методу розчленування гідрографів. Розглянуто приклади застосування комп'ютерного програмного забезпечення для вирішення подібних задач. Метеорологічні характеристики приведено до відповідних водозборів за допомогою визначення вагових коефіцієнтів. Для річок басейну оцінено зміни типів живлення за два характерні періоди 1961-1990 та 1991-2020 роки.

Ключові слова: гідрограф, живлення річок, поверхневий стік, підземний стік.

Вступ. Визначення кількісних характеристик різних типів живлення водного стоку річок є одним із найважливіших питань при дослідженні їх гідрологічного режиму. Джерела живлення водного стоку річок, визначають загальний характер гідрологічного режиму річок, а разом з тим і прояв фаз водного режиму, режим хімічного складу річкових вод, режим температури води, наявність льодових явищ тощо. Динаміка живлення водного стоку, в першу чергу, проявляється через коливання рівнів та змінювання витрат води. Відповідні

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 2 (68)**

зміни водного стоку позначаються на формі гідрографу, зокрема, як раптові високі піки рівнів води під час дощових паводків або тривалі малі витрати води під час межені (живлення водного стоку лише підземне).

Актуальність дослідження. Одним з способів визначення часток різних типів живлення у загальному стоці досліджуваної річки являється розчленування гідрографу річкового стоку. Він виконується з урахуванням особливостей режиму річки, умов надходження дощової та талої води, підземного стоку тощо. Дане питання особливо актуалізується в сучасних умовах зміни клімату, а саме, в контексті інтегрованого управління водними ресурсами. Розуміння процесів формування водного стоку та умов живлення річок, сприяє ефективному використанню водних ресурсів та розвитку водозалежних секторів економіки.

Метою дослідження є визначення часток різних типів живлення річок басейну р. Горинь та подальша оцінка впливу кліматичних змін на їх перерозподіл.

Вихідні дані. У роботі використано щоденні дані спостережень з 8-ми гідрологічних постів (витрати води) та 15-ти метеорологічних станцій (температура повітря, опади та висота снігового покриву) за період з 1961 по 2020 роки. Спираючись на рекомендації WMO [13], оцінку впливу кліматичних змін проведено для двох тридцятирічних періодів: кліматологічна стандартна норма – 1961-1990 рр. та сучасний період – 1991-2020 рр.

Аналіз попередніх досліджень. Для визначення типів живлення річок використовується низка підходів. Найбільш вживаними методами визначення джерел живлення річок є методи розчленування гідрографів [6, 7, 9]. Вони ґрунтуються на розчленуванні річного гідрографа стоку за видами живлення та розрахунку частки кожного окремого виду живлення у відсотках від річного стоку.

Першочерговим і водночас найскладнішим завданням при здійсненні розчленування гідрографів являється виокремлення поверхневої і підземної складової живлення досліджуваної річки. Нижче наведемо декілька запропонованих в різні роки та періоди схем графічного розчленування гідрографів [5, 6, 7, 9].

В.Г. Глушковим виділено дві категорії підземного живлення: живлення глибокими підземними водами та живлення алювіальними водами і верховодкою. Виокремлення першої категорії здійснюється за допомогою майже горизонтальної прямої лінії, проведеної через точки найменших витрат води на багаторічному графіці ходу стокових характеристик. Для визначення другої категорії живлення відокремлюються всі пікові значення паводків і водопілля.

За допомогою іншого підходу В.С. Советовим виділено дві категорії підземного живлення на прикладі р. Іжори. Цей метод полягає в проведенні паралельної до вісі абсцис прямої лінії через точку найменшої річної витрати, яка припадала на зимовий час (кінець лютого початок березня). Шляхом з'єднання точки найменшої зимової витрати з максимумом верховодки і найменшою витратою літньої межені, над лінією підземного живлення виділено верховодку. Недоліком вищенаведеного підходу є те, що розташування конкретної точки максимуму верховодки точно визначити неможливо.

За схемою М.І. Львовича для рівнинних річок зі сніговим живленням з початком весняного водопілля підземне живлення зростає і досягає свого максимуму в момент його завершення.

Відповідно методу розчленування гідрографів, що запропонований А. В. Огієвським, на гідрографах проводиться лінія глибоководного живлення, яка відповідає мінімумам посушливих років. За даними для холодних зим визначається інтенсивність максимального падіння підземного живлення. Точка перетину лінії підземного живлення для зимового періоду з лінією глибоководного живлення визначає межу падіння підземного живлення в кінці зими, далі до дати піку водопілля підземне живлення не змінюється. Починаючи з дати піку водопілля підземне живлення починає збільшуватися з інтенсивністю, яке дорівнює інтенсивності максимального падіння підземного живлення. З отриманої таким чином точки, лінію підземного живлення орієнтують на літній мінімум. Після чого підземне живлення зростає за рахунок осінніх дощів.

Дещо інший підхід до визначення ходу підземного живлення в період водопілля запропонував Б. В. Поляков. На його думку підземне живлення під час початку водопілля не збільшується і не залишається постійним, як у решти авторів, а зменшується до періоду

піку водопілля. Це пояснюється тим, що у вказаний період водопілля зростає гідростатичний тиск річкової паводкової хвилі на ґрунтовий стік.

В свою чергу, Б. І. Куделін запропонував розчленовувати гідрографи в залежності від гідрогеологічних умов і режиму підземного стоку в річку. Відповідно до цього підходу виділено наступні водоносні горизонти: а) що не мають гідравлічного зв'язку з річкою; б) що мають гідравлічний зв'язок з річкою; в) що мають періодичний зв'язок з річкою.

Дослідженнями з визначення типів живлення річок України з використанням вище зазначених методичних підходів займалися В.В. Гребінь, Є.В. Василенко [3], Л.О. Горбачова [2], Ю.О. Чорноморець [11, 12], Ф. В. Зузук, С. С. Кутовий, Ю. В. Грицюк [5], О.Л. Шевченко [4] та інші.

Використання тих чи інших методів на практиці обумовлено, в першу чергу, наявністю даних та завданнями конкретного дослідження. Враховуючи велику кількість підходів, нижче наведені певні особливості, які використано у роботі для розчленування гідрографів та оцінки впливу зміни клімату на превалювання тієї чи іншої частки типу живлення річки.

Методика дослідження. Враховуючи те, що метою представленого дослідження є оцінка впливу кліматичних змін на розподіл типів живлення, початковим кроком роботи було приведення у відповідність величин метеорологічних елементів на метеостанціях до територій досліджуваних річкових водозборів, що замикаються відповідними гідрологічними постами.

Оскільки мережа метеостанцій розташована неоднорідно в межах річкових басейнів і відображає значення метеорологічних показників дискретно (у окремих точках), а для дослідження необхідно їх осереднені значення для всього досліджуваного водозбору, у роботі з цією метою використано метод зважування (метод трикутників, полігони Тиссена). За цим методом зони впливу певних метеостанцій в межах конкретного водозбору виражаються через вагові коефіцієнти (як відношення площі зони впливу метеостанції до загальної площі досліджуваного водозбору). Для поділу водозбору на часткові площі впливу (полігони Тиссена) кожної метеостанції, використано інструментарій ГІС-системи – ArcGIS (рис.1). Для обраних розрахункових басейнів потрібно мати надійні дані щодо величини площі водозбору, тому отримані контури уточнювалися за картами масштабу 1: 50000.

Для того, щоб об'єктивно оцінити генезис різних піків на гідрографах, побудовано комплексні графіки для всіх досліджуваних водозборів, на яких представлено синхронні перебіги витрат води, кількості опадів, температури повітря та висоти снігового покриву (рис. 2). Аналізуючи такі графіки, можемо оцінити, які з піків на гідрографі утворені за рахунок рідких опадів, а які за рахунок сніготанення під час відлиг.

Схема розчленування гідрографів, що представлена нижче, базується виключно на гідрологічному підході [3], тобто на аналізі значень щоденних витрат води. У його основі лежить визначення величини підземного живлення за даними про стік води річок без кількісного врахування підземних вод, що надходять у річку з водоносних горизонтів.

Першим етапом розчленування гідрографу стоку було визначення **частки глибокого підземного** живлення, яке здійснювалося шляхом проведення прямої горизонтальної лінії через точки, які відповідають мінімальному значенню витрати води за конкретний рік. При цьому глибоке підземне живлення розглядається як квазістаціонарний процес, який можливий лише для умов водного потоку, що встановився. Проте глибоке підземне живлення процес неоднорідний і нестійкий. Зокрема, це обумовлено фільтраційними властивостями гірських порід, які складають основу річкових басейнів. Враховуючи це, глибоке підземне живлення на гідрографі, при його розчленуванні, варто також розглядати як динамічну характеристику, що незважаючи на певну інерційність перебігу процесів має власну внутрішньорічну та багаторічну мінливість.

Враховуючи, що водність кожного конкретного дня, місяця і року, визначається умовами формування стоку попереднього дня, місяця і року та, в свою чергу, визначає водність наступного дня, місяця або року, при визначенні частки глибокого підземного живлення на гідрографі варто враховувати не лише мінімальну витрату води кожного конкретного року, а й попереднього та, за можливістю, наступного. Для вирішення цієї задачі запропоновано проведення інтерполяції між мінімальними значеннями витрат сусідніх років за весь досліджуваний період (рис. 3).

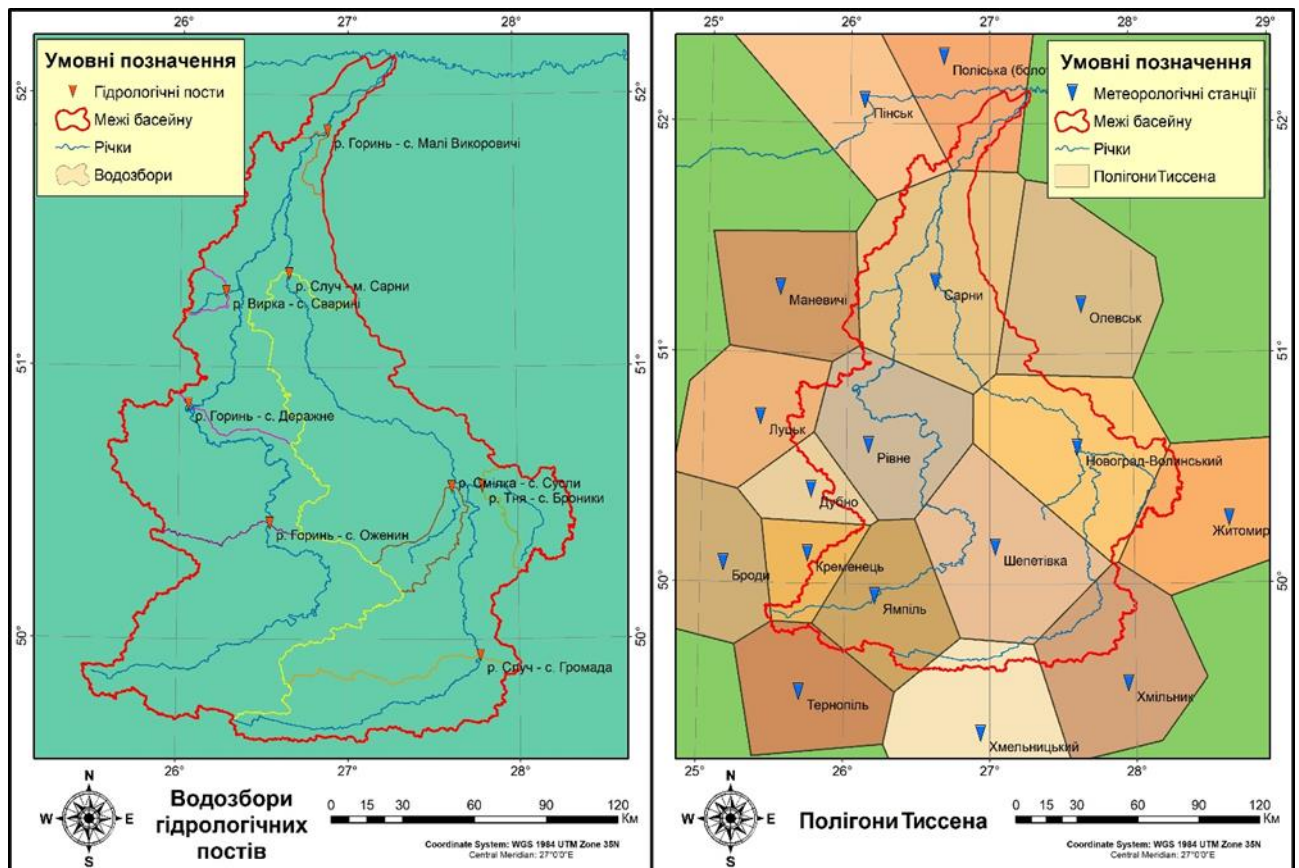


Рис. 1. Схема розташування досліджуваних водозборів та зон впливу метеостанцій у басейні р. Горинь

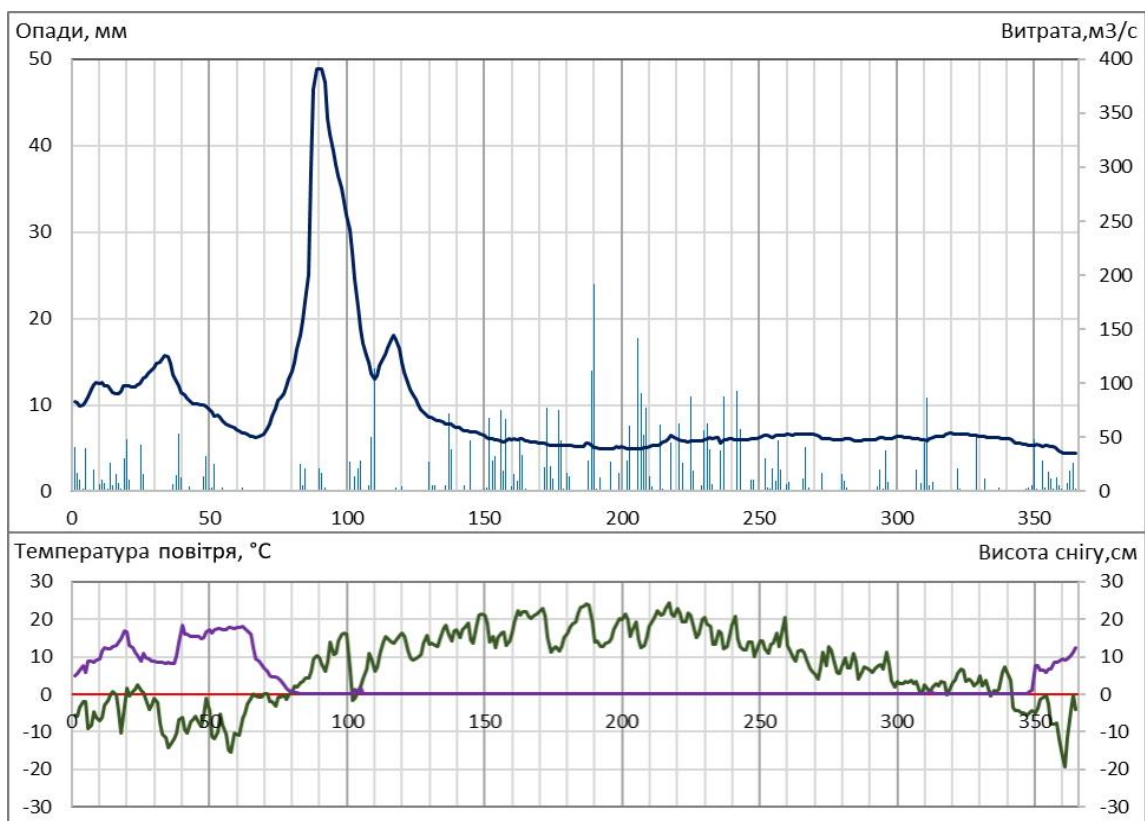


Рис. 2. Комплексний графік басейну р. Горинь-с. Малі-Викоровичі за 1986 р.

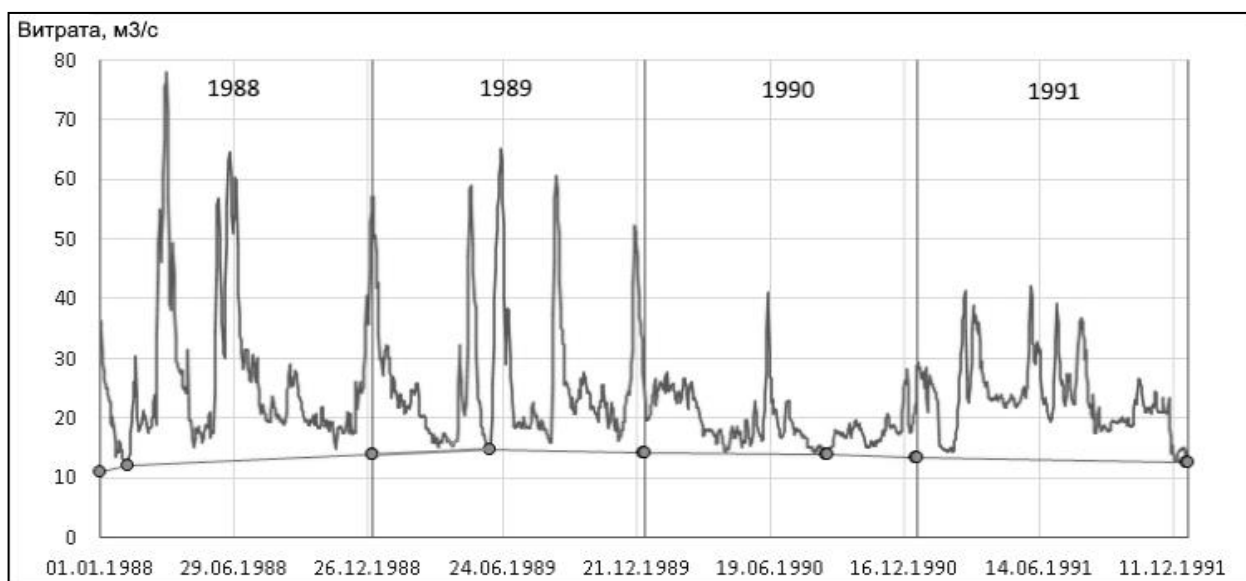


Рис.3. Інтерполяція між мінімальними значеннями витрат води сусідніх років на прикладі р. Горинь - с. Оженин

Такий підхід дозволяє визначити більш наближені до реальних значень величини глибокого підземного живлення для кожного конкретного дня, що, в свою чергу, дозволяє уникнути різких перепадів цього типу живлення на стику років

При цьому, числове вираження частки глибокого підземного живлення від загального водного стоку обчислюється за різницею площ фігур, загального гідрографу та фігури нижньої частини гідрографу, яка обмежується умовною лінією глибокого підземного живлення та віссю абсцис.

Далі на гідрографі позначалися нижні переломні точки початку й закінчення періодів більш чи менш різкого збільшення витрат води під час паводків. Відповідно до методики Полякова, під час весняного водопілля ґрунтове живлення зменшується до дати піку водопілля, а потім починає збільшуватися до дати його закінчення, тому на кожному графіку відмічено ці дати, для визначення межі ґрунтового живлення. Через ці точки проведено відрізки ламаної лінії. Площа гідрографу вище названих відрізків характеризує **поверхнєве живлення річки**.

Площа гідрографу між суцільною ламаною лінією, з одного боку, та лінією підземного глибоководного живлення, з іншого боку, виражає ґрунтове живлення річки. Якщо під час весняного водопілля відмічалися піки спричиненні рідкими опадами, вони також зрізалися плавною лінією і отримані площі додавалися до значення дощового живлення.

В окремі роки у зимовий період не формувалось достатньої кількості снігозапасів, за рахунок чого весняне водопілля не виділялось на річному гідрографі стоку. За таких умов піки на гідрографі зрізалися плавними лініями.

Задля підвищення точності та оперативності виконання розрахунків у роботі використано комп'ютерне програмне забезпечення з відкритою ліцензією Graph. На його основі здійснено розрахунки з визначення площ кожного окремого типу живлення на гідрографі. На нашу думку, такий спосіб розрахунку окремих площ, що відповідають тим чи іншим типам живлення є набагато ефективнішим та точнішим, ніж загальноприйнятий у гідрологічній практиці, де ця задача виконується вручну.

Фізико-географічні умови. Річка Горинь - типова рівнинна річка Поліської низовини, що протікає територією двох країн - України та Республіки Білорусь. Загальна площа річкового басейну становить 27700 км², а довжина річки 659 км [1]. Горинь є притокою другого порядку Дніпра (площа якої займає 5,55 % від площі басейну Дніпра) та найбільшою притокою Прип'яті (23,1 % від площі басейну Прип'яті). Річка протікає у трьох фізико-географічних зонах: зона мішаних лісів (Волинське та Житомирське Полісся), зона широколистяних лісів (Волинське Опілля, Мале Полісся та Східно-Подільська область) і,

невелика частина, у лісостеповій зоні (Північно-Західна Придніпровська височинна область). Річковий басейн Горині на заході межує з басейном річки Стир, на сході – з басейнами річок Ствига, Уборть, Уж і Тетерів, а на півдні – з басейнами Південного Бугу і Дністра.

Окрім кліматичних умов, тип живлення річок також обумовлюється підстильною поверхнею та геологічними умовами в межах басейну.

Басейн річки розташований у двох геоморфологічних областях: верхня частина знаходиться на півдні на Волино-Подільській височині, а середня і нижня частини на півночі на Поліській низовині.

Основними породами в межах Волино-Подільській височини є крейдові піски, мергелі, вапняки та крейда, що виходять на денну поверхню у долинах річок. Вони підстилаються давніми кристалічними породами, головним чином гранітами, які перекриті товщею третинних пісків, глин, мергелів та вапняків. Четвертинні утворення представлені флювіогляціальними пісками, суглинками та лесами, на яких розвинуті родючі сірі лісові ґрунти та чорноземи. У межах Полісся поширені морені відклади, представлені зазвичай суглинками з різним вмістом валунів, флювіогляціальні піски та лесоподібні суглинки з поверхневим покривом дерново-підзолистих ґрунтів; значні площі зайняті торфовищами.

У гідрогеологічному відношенні басейн р. Горинь знаходиться в межах двох басейнів підземних вод: Волино-Подільський артезіанський басейн та область тріщинуватих вод Українського щита, які відрізняються за геологічною будовою та літолого-фаціальним складом. Підземні води в басейні приурочені до девонських і крейдових відкладів, в межах кристалічного масиву - пов'язані з тріщинами в кристалічних породах. У межах Полісся глибина залягання ґрунтових вод незначна, на ділянках заплав у річкових долинах може коливатись від 0,0 м до 14,0 м, частіше ґрунтові води залягають на глибині 2,0-5,0 м [8, 10].

Результати виконаних досліджень. Визначено частки усіх типів живлення для 8-ми водозборів у межах басейну р. Горинь за досліджуваний період (1961 - 2020 рр.) (табл. 1).

Таблиця 1. Відсоток частки різних типів живлення для водозборів р. Горинь

| № п/п | Річка– пост | Площа водозбору, км ² | Типи живлення*, % | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | ГПЖ | ГЖ | ГПЖ+ГЖ | СЖ | ДЖ | СЖ+ДЖ |
| 1 | Горинь – Малі Викоровичі | 27000 | 36,6 | 19,9 | 56,5 | 29,6 | 13,9 | 43,5 |
| 2 | Случ – Сарни | 13300 | 23,5 | 28,0 | 51,4 | 32,0 | 16,6 | 48,6 |
| 3 | Горинь – Деражне | 9160 | 46,2 | 21,1 | 67,3 | 21,6 | 11,0 | 32,7 |
| 4 | Горинь – Оженин | 5860 | 44,7 | 23,7 | 68,4 | 19,7 | 11,8 | 31,6 |
| 5 | Случ – Громада | 2480 | 20,0 | 34,4 | 54,4 | 24,3 | 21,4 | 45,6 |
| 6 | Тня – Броники | 982 | 13,4 | 28,6 | 42,0 | 37,1 | 20,9 | 58,0 |
| 7 | Смілка – Сусли | 632 | 7,9 | 23,7 | 31,6 | 41,6 | 26,8 | 68,4 |
| 8 | Вирка – Сварині | 231 | 17,1 | 32,4 | 49,5 | 30,2 | 20,4 | 50,5 |
| Середнє по басейну | | | 26,2 | 26,5 | 52,7 | 29,5 | 17,8 | 47,3 |

Примітка. * ГПЖ – глибоке підземне живлення, ГЖ – ґрунтове живлення, СЖ – снігове живлення, ДЖ – дощове живлення.

Розподіл типів живлення залежить від площі водозбору, його геологічної будови та кліматичних показників. Оцінка частки типів живлення за багаторічний період показала, що найменші середньобагаторічні значення глибокого підземного живлення відповідають найменшим за площею басейну гідрологічним постам, а саме Смілка – Сусли (7,9 %), Тня – Броники (13,4 %) та Вирка – Сварині (17,1 %). В свою чергу, найбільші середньобагаторічні показники частки глибокого підземного живлення відмічаються на постах Горинь – Оженин (44,7%) та Горинь – Деражне (46,2 %), що пояснюється особливостями геологічної будови. Біля поста Оженин ближче до поверхні з'являються кристалічні породи протерозою, окрім крейди, а в районі гідрологічного поста Деражне відмічається значна залежність зони інтенсивного водообміну від водоносного горизонту в карбонатних відкладах, що карстуються.

Відповідно до результатів проведених розрахунків ґрунтове живлення за багаторічний період складає від 19,9% (Горинь – Малі Викоровичі) до 34,4 % (Случ – Громада).

Поверхнева складова живлення залежить від кількості атмосферних опадів тому інтенсивніше проявляється на невеликих за площею водозборах (Тня, Вирка, Смілка), оскільки схилний стік швидше потрапляє до гідрологічної мережі.

В цілому, у басейні р. Горинь підземна складова живлення складає від 31,6% до 68,4%; частка снігового живлення коливається в межах від 19,7% (Горинь – Оженин) до 41,6% (Смілка – Сусли), а середні багаторічні значення частки дощового живлення коливаються в межах від 11% (Горинь – Деражне) до 26,8 % (Смілка – Сусли).

З метою виявлення змін у структурі типів живлення, проведено порівняння усереднених значень за два характерні періоди 1961-1990 рр. (кліматологічна стандартна норма) та 1991-2020 рр. (сучасний період) для усіх типів живлення.

Встановлено, що за багаторічний період 1961-2020 рр. на річках басейну р. Горинь прослідковується повільний тренд зростання величини глибокого підземного живлення (рис. 4). Зокрема тенденції щорічного зростання величини глибокого підземного живлення відзначались в період 1961-1990 рр. Проте у період 1991-2020 рр. спостерігалась динаміка поступового зменшення показників глибокого підземного живлення. Виключенням є показники багаторічної динаміки глибокого підземного живлення за даними гідрологічного поста Горинь – Деражне, де тренд зростання частки глибокого підземного живлення водного стоку р. Горинь зберігає тенденцію у 1991-2020 рр. порівняно з 1961-1990 рр. Ймовірно подібний тренд може бути пов'язаний з водністю річок Стубла та Путилівка, стік яких суттєво є зарегульованим ставками та мережами меліоративних каналів.

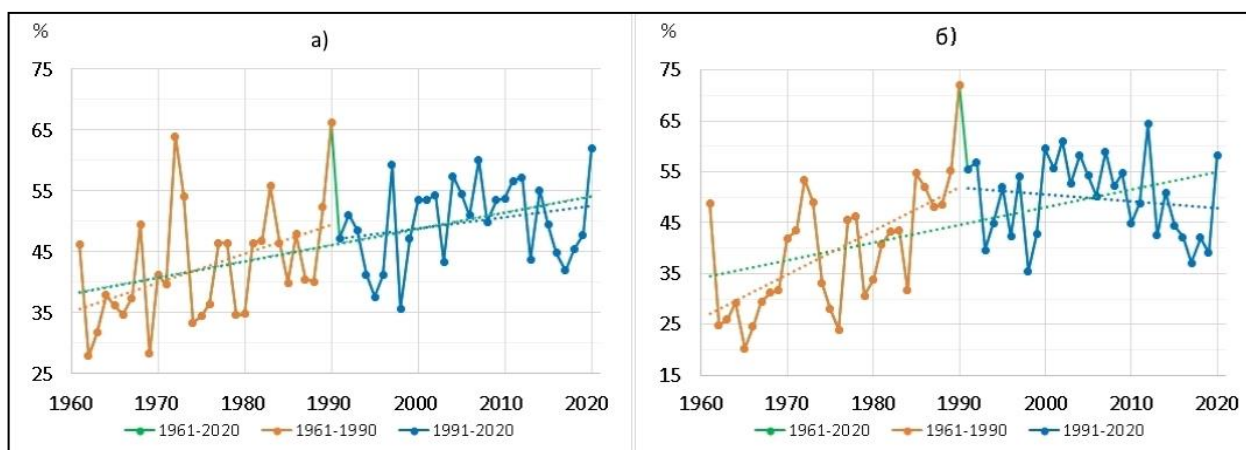


Рис. 4. Хронологічний графік ходу частки глибокого підземного живлення від загального живлення річки, а) Горинь – Деражне, б) Горинь – Оженин (1961-2020 рр.)

Середня величина частки глибокого підземного живлення на річках басейну Горині у період 1961-1990 рр. становила 6,0 - 42,6%, а в у період 1991-2020 рр. 9,9-49,9% (табл. 2). Мінімальні значення величин глибокого підземного живлення пояснюються розмірами самих річок, базис ерозії яких знаходиться на недостатніх глибинах і прояв інших типів живлення у них більш інтенсивний.

Таблиця 2. Частка величини глибокого підземного живлення річок басейну р. Горинь

| № п/п | Річка – пост | Глибоке підземне живлення | | Різниця |
|-------|--------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| | | Частка у % від загального | | |
| | | 1961-1990 | 1991-2020 | |
| 1 | Горинь – Малі Викоровичі | 35,1 | 38,2 | 3,1 |
| 2 | Случ – Сарни | 21,8 | 25,2 | 3,4 |
| 3 | Горинь – Деражне | 42,6 | 49,9 | 7,3 |
| 4 | Горинь–Оженин | 39,5 | 49,9 | 10,3 |
| 5 | Случ – Громада | 16,0 | 23,7 | 7,7 |
| 6 | Тня – Броники | 11,2 | 15,6 | 4,4 |
| 7 | Смілка – Сусли | 6,0 | 9,9 | 3,8 |
| 8 | Вирка – Сварині | 14,2 | 19,9 | 5,7 |

У сучасний період частка глибокого підземного живлення в басейні р. Горинь в середньому збільшилася в діапазоні від 3,1% до 10,3%, об'єм стоку в середньому зменшився на 14,6%, а середньорічна сума опадів на 2,9%.

Аналіз хронологічних графіків ходу відсотку ґрунтового живлення показав, що для сучасного періоду для усіх водозборів характерний тренд до збільшення цієї частки живлення, проте відмічається тренд до зниження для окремих постів (Горинь – Малі Викоровичі, Горинь – Оженин), як для всього періоду так й для періоду кліматологічної стандартної норми. На посту Случ – Громада спостерігається тренд до зниження в період кліматологічної стандартної норми, але при цьому загальний тренд збільшується.

Середня величина частки ґрунтового живлення на річках басейну Горині у період 1961-1990 рр. становила 19,8 - 33%, а в у період 1991-2020 рр. - 19,3 - 37 %. На постах Горинь – Малі Викоровичі та Горинь – Оженин відмічається зменшення частки ґрунтового живлення у сучасний період на 1,1 % та 0,6 % відповідно. На решті постів відмічається збільшення вищенаведеної частки живлення в діапазоні від 2,8 % до 11 % (табл. 3).

Таблиця 3. Частка величини ґрунтового живлення річок басейну р. Горинь

| Ґрунтове живлення | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| № п/п | Річка – пост | Частка у % від загального | | Різниця |
| | | 1961-1990 | 1991-2020 | |
| 1 | Горинь – Малі Викоровичі | 20,5 | 19,3 | -1,1 |
| 2 | Случ – Сарни | 26,1 | 29,9 | 3,8 |
| 3 | Горинь – Деражне | 19,8 | 22,4 | 2,7 |
| 4 | Горинь – Оженин | 24,1 | 23,4 | -0,6 |
| 5 | Случ – Громада | 33,0 | 35,8 | 2,8 |
| 6 | Тня – Броники | 23,1 | 34,1 | 11,0 |
| 7 | Смілка – Сусли | 20,1 | 27,3 | 7,1 |
| 8 | Вирка – Сварині | 27,9 | 37,0 | 9,1 |

Аналіз хронологічних графіків ходу частки снігового живлення показав однозначний тренд до зменшення цього виду живлення. У сучасний період величина снігового живлення річок басейну р. Горинь в середньому зменшилася в діапазоні від 3,2 % до 16,4 % (табл. 4).

Таблиця 4. Частка величини снігового живлення річок басейну р. Горинь

| Снігове живлення | | | | |
|------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| № п/п | Річка – пост | Частка у % від загального | | Різниця |
| | | 1961-1990 | 1991-2020 | |
| 1 | Горинь – Малі Викоровичі | 31,2 | 28,0 | -3,2 |
| 2 | Случ – Сарни | 35,9 | 28,0 | -8,0 |
| 3 | Горинь – Деражне | 26,0 | 17,3 | -8,7 |
| 4 | Горинь – Оженин | 22,9 | 16,6 | -6,3 |
| 5 | Случ – Громада | 28,9 | 19,9 | -9,0 |
| 6 | Тня – Броники | 41,5 | 32,7 | -8,8 |
| 7 | Смілка – Сусли | 45,2 | 38,0 | -7,2 |
| 8 | Вирка – Сварині | 38,4 | 21,9 | -16,4 |

В першу чергу це пов'язано зі зростанням температури повітря. Відповідно до проведеної оцінки метеорологічних характеристик, у басейні зафіксовано зростання середньої річної температури повітря на 1,2°C у сучасний період. Для території басейну р. Горинь загальна кількість діб з від'ємною температурою в цей же період у середньому зменшилась на 16 діб.

Частка дощової складової живлення, в першу чергу, залежить від кількості та інтенсивності рідких опадів. Для періоду кліматологічної стандартної норми на частку дощового живлення припадало від 11,7 % до 28,7 %, а у сучасний період від 10,1 % до 24,9 %. Для постів які розташовані у північній частині басейну (Горинь – Малі Викоровичі, Случ – Сарни та Вирка – Сварині) відмічається збільшення частки дощового живлення на 1,3 %, 0,8 % та 1,7 % відповідно. Для решти постів частка дощового живлення зменшилася в діапазоні від 1,3 % до 6,6 %.

Таблиця 5. Частка величини дощового живлення річок басейну р. Горинь

| № п/п | Річка – пост | Дощове живлення | | Різниця |
|-------|--------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| | | Частка у % від загального | | |
| | | 1961-1990 | 1991-2020 | |
| 1 | Горинь – Малі Викоровичі | 13,2 | 14,5 | 1,3 |
| 2 | Случ – Сарни | 16,2 | 17,0 | 0,8 |
| 3 | Горинь – Деражне | 11,7 | 10,4 | -1,3 |
| 4 | Горинь – Оженин | 13,5 | 10,1 | -3,4 |
| 5 | Случ – Громада | 22,1 | 20,6 | -1,5 |
| 6 | Тня – Броники | 24,2 | 17,6 | -6,6 |
| 7 | Смілка – Сусли | 28,7 | 24,9 | -3,8 |
| 8 | Вирка – Сварині | 19,5 | 21,2 | 1,7 |

У середньому по басейну річки Горинь за багаторічний період з 1961 по 2020 роки, на частку глибокого підземного живлення припадає 26,2%, на частку ґрунтового живлення 26,5 %, на частку снігового живлення 29,5 % та на частку дощового живлення 17,8 %.

Структура живлення річок басейну р. Горинь за 1961-2020 роки в середньому по басейну змінилася наступним чином: у порівнянні з періодом кліматологічної стандартної норми снігове та дощове живлення у сучасний період зменшилося на 8,4 % і 1,6 % відповідно, а глибоке підземне та ґрунтове живлення збільшилося на 5,7 % та 4,3 % відповідно.

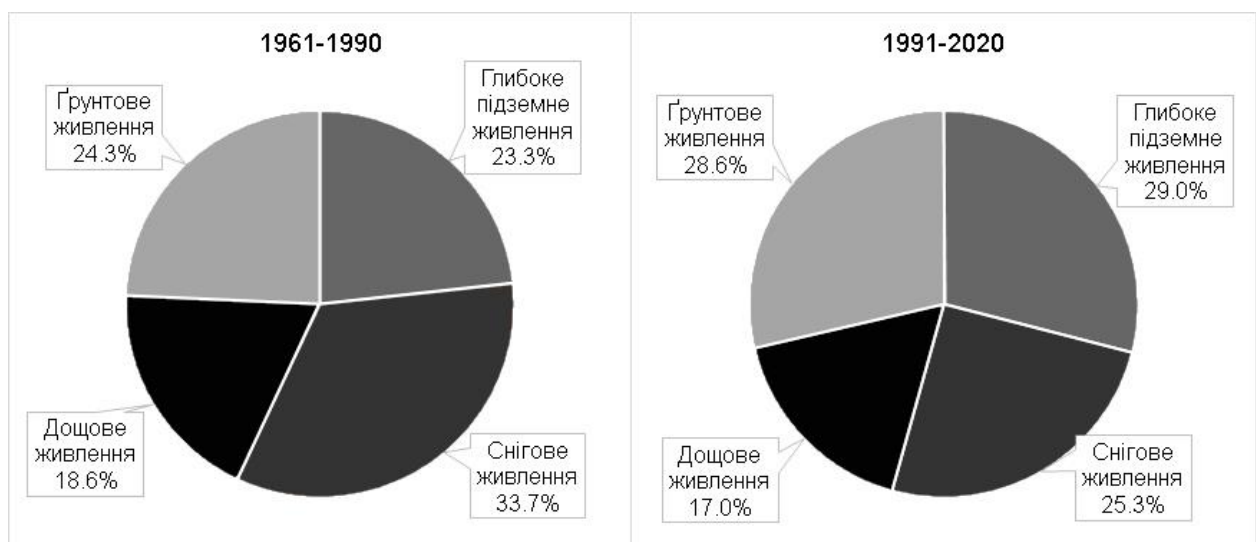


Рис. 5. Діаграма розподілу типів живлення в басейні р. Горинь за два характерні періоди

Отже, можемо припустити, що зменшення снігового і дощового живлення пов'язане, насамперед, зі збільшенням середньорічної температури повітря (на 1,2 °С) та зі зменшенням річної кількості атмосферних опадів на території басейну (на 19 мм).

Для перевірки правильності отриманих результатів, частки підземних складових живлення також було визначено розрахунковим способом, який рекомендовано у роботі [3]. Де пропонується визначати повний та постійний (глибоководний) підземний стік досліджуваної річки, відповідно, за величинами мінімального середньомісячного та мінімального річного стоку за багаторічний період. Різниця у отриманих різними методами результатах в середньому для басейну р. Горинь коливається в діапазоні від 2,1 % до 10,5 %.

Висновки. Оцінено зміни окремих часток типів живлення в річному розрізі, що спричинені кліматичними змінами. У порівнянні з періодом кліматологічної стандартної норми (1961-1990 рр.) виявлено зменшення частки снігового та дощового живлення у сучасний період (1991-2020 рр.) на 8,4 % і 1,6 % відповідно та збільшення частки глибокого підземного та ґрунтового живлення на 5,7 % та 4,3 % відповідно. Можна припустити, що відбувається перерозподіл вологи між різними типами живлення.

Зменшення частки поверхневої складової живлення, на нашу думку, пов'язано зі зміною кліматичних показників, а саме, зі збільшенням середньорічної температури повітря на 1,2 °С у сучасний період. У річному розрізі по басейну Горині найбільше потеплішав січень на 2,3 °С, а найменше – жовтень на 0,5 °С. Така ситуація призвела до зменшення кількості днів з від'ємними температурами і, як результат, до зменшення снігонакопичення на території басейну та до незначного промерзання ґрунту або зовсім його відсутності, що сприяє, навіть у зимовий період, вільній інфільтрації та фільтрації атмосферної води та поповненню підземних вод. Крім того, у сучасний період, річна кількість опадів в межах території басейну р. Горинь зменшилася на 19 мм, що є додатковим фактором зменшення поверхневої складової живлення. Збільшення підземної складової живлення пов'язано зі зменшенням рівня води в річці, тобто завдяки зростанню гідравлічного градієнта при тому, що рівні глибоких міжпластових горизонтів лишаються більш менш сталими.

Список літератури

1. Вишневецький В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-центр, 2003. 324 с.
2. Горбачова Л.О. Чинники, структура і динаміка вносу розчиненого цезію-137 з водним стоком у басейні Прип'яті : дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. Київ, 2005. 185 с.
3. Гребінь В. В., Василенко Є. В. Методичні аспекти виділення підземної складової у живленні річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. № 4(21). С. 8–15.
4. Закономірності міграції техногенних радіонуклідів на меліоративних системах чорнобильської зони відчуження за результатами досліджень 1986-2004 рр. : монографія / О.Л. Шевченко та ін. Херсон : Олді - плюс, 2011. 415 с.
5. Зузук Ф. В., Кутовий С. С., Грицюк Ю. В. Роль різних видів живлення річок Волинської області у формуванні їх водних ресурсів: монографія. Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2019. 109 с.
6. Лучшева А. А. Практическая гидрология. Л: Гидрометеиздат, 1976. 438 с.
7. Огиевський А.В. Гидрология суши (общая и инженерная): учебник. М: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. 1952. 515 с.
8. Ресурси поверхневих вод СРСР. Т.6: Україна і Молдавія. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье / под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
9. Соколовский Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов). Л.: Гидрометеиздат, 1968. 540 с.
10. Справочник по водным ресурсам СССР. Украинская ССР / Под ред. М.С. Каганера. К.: Изво АН УССР. Т. VIII, Часть 2, 1955. 656 с.
11. Чорноморець Ю. О. Кількісна оцінка основних джерел живлення р. Дністер-м. Заліщики. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. № 3(38). С. 6-16.
12. Чорноморець Ю. О., Гребінь В. В. Багаторічна динаміка режиму живлення річки Десна. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. № 3(20). С. 59-67.
13. Seventeenth World Meteorological Congress : Abridged final report with resolutions / World Meteorological Organization (WMO). Geneva, 2015. P. 695. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3138.

References

1. Vyshnevskiy V. I., Kosovets O. O. Hidrolohichni kharakterystyky richok Ukrainy [Ukrainian Rivers' Hydrological Characteristics]. Kyiv: Nika- tsentr, 2003. 324 s.
2. Horbachova L.O. Chynnyky, struktura i dynamika vynosu rozchynenoho tseziiu-137 z vodnym stokom u baseini Prypiati [Factors, structure and dynamics of the dissolution of dissolved cesium-137 with water runoff in the Pripyat basin] : dys. ... kand. heohr. nauk: 11.00.07. Kyiv, 2005. 185 s.
3. Hrebin V. V., Vasylenko Ye. V. Methodychni aspekty vydilennia pidzemnoi skladovoi u zhyvleni richok [Methodological aspects of the selection underground constituent in the nourishment of the rivers]. Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2010. № 4(21). S. 8–15.
4. Zakonomirnosti mihratsii tekhnohennykh radionuklidiv na melioratyvnykh systemakh chornobylskoi zony vidchuzhennia za rezultatamy doslidzhen 1986-2004 rr [Patterns of relationship of migration of man-caused radionuclides on reclamation work of Chernobyl radioactive contamination zone on results researches 1986–2004]: monohrafiia / O.L.Shevchenko ta in. Kherson: Oldi - plus, 2011. 415 s.
5. Zuzuk F. V., Kutovyi S. S., Hrytsiuk Yu. V. Rol riznykh vydiv zhyvleniia richok Volynskoi oblasti u formuvanni yikh vodnykh resursiv: monohrafiia [The role of different types of the Volyn region rivers feeding in their water resources formation]. Lutsk : Skhidnoievrop. nats. un-tu im. Lesi Ukrainsky, 2019. 109 s.

6. Luchsheva A. A. *Praktycheskaia hydrolohiia* [Practical hydrology]. L.: Hydrometeoyzdat, 1976. 438 s.
7. Ohyevskiy A.V. *Hydrolohiia sushy (obshchaia y ynzhenernaia)* [Land Hydrology (General and Engineering)]: uchebnyk. M: Hosudarstvennoe yzdatelstvo selskokhoziaistvennoi lyteratury. 1952. 515 s.
8. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [USSR Surface Water Resources. Issue 6: Ukraine and Moldova. Vol.2. The Middle and the Lower Dnieper.]. T.6: Ukrayna y Moldavyia. Vyp.2. Srednee y Nyzhnee Podneprove / pod red. M.S. Kahanera . L.: Hydrometeoyzdat, 1971. 656 s.
9. Cokolovskiy D.L. *Rechnoi stok (osnovy teoryy y metody raschetov)* [River Runoff (Theory Fundamentals and Calculation Methods)]. L.: Hydrometeoyzdat, 1968. 540 s.
10. Spravochnyk po vodnym resursam SSSR [USSR Water Resources Handbook. UkrSSR. Ed. Kaganer]. Ukraynskaia SSR / Pod red. M.S. Kahanera. K.: Yz-vo AN USSR. T. VIII, Chast 2, 1955. 656 s.
11. Chornomorets Yu. O. *Kilkisna otsinka osnovnykh dzherel zhyvlennia r. Dnister – m. Zalishchyky* [Quantitative estimate of alimentation river for river Dniester outlet Zaleschiki]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*. 2015. № 3(38). S. 6-16
12. Chornomorets Yu. O., Hrebin V. V. *Bahatorichna dynamika rezhyumu zhyvlennia richky Desna* [Long-term dynamic of alimentation regime of Desna river]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*. 2010. № 3(20). S. 59-67
13. Seventeenth World Meteorological Congress : Abridged final report with resolutions / World Meteorological Organization (WMO). Geneva, 2015. P. 695. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3138.

Determination and assessment of the Horyn River Basin rivers feeding types changes

Lobodzynskiy O., Danko K.

Using the Horyn River Basin rivers as an example the hydrograph separation algorithm was defined. The results of calculating different river feeding types values were given in the paper. Also, were analyzed their long-term dynamics. Ukrainian rivers are characterized by snow, rain, and ground (soil and underground) types of rivers feeding. The amount of snow and rain rivers feeding is determined by taking into account the characteristics of atmospheric precipitation and their correlation with water runoff characteristics. In the paper, the ground rivers feeding amount, in particular underground feeding, was established using an analytical (calculation) method. The key principles for river feeding amount determination such as graphic and geometric components of the hydrograph separation method application were described. Examples of using computer software for elementary figures areas calculating were considered. The total amount of separated hydrographs was 480.

Daily observation data from 8 hydrological stations (water discharges) and 15 meteorological stations (air temperature, precipitation and snow cover height) were used for the research. Meteorological characteristics were correlated to the corresponding watersheds by determining the weight coefficient. The GIS system tools - ArcGIS were used for the catchment areas construction and their further division into separate areas of each weather station influence (Thiessen polygons). The resulting contours of the catchments were further refined on maps with a scale of 1: 50000.

In general, for the period 1961-2020, it was established that the Horyn River Basin ground feeding values were from 31.6% to 68.4%; the share of snow feeding ranged from 19.7% (Horyn – Ozhenyn) to 41.6% (Smilka – Susly), and the average long-term values of the rain feeding share were ranged from 11% (Horyn – Derazhne) to 26.8% (Smilka – Susly). For Horyn River Basin rivers feeding types changes were assessed for two representative periods - 1961-1990 and 1991-2020. In general, for the Horyn River Basin in the present period (1991-2020) it was revealed a decrease in the relative values of the snow and rain feeding share by 8.4% and 1.6%, respectively, and an increase in the underground and soil feeding share by 5.7% and 4.3%, respectively.

Key words: hydrograph; rivers feeding; surface runoff; ground runoff

Надійшла до редколегії 11.05.2023