

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.942 ; 626/627 ; 504.05

В.М. КОРБУТЯК, Д.В. СТЕФАНИШИН

ТРАНСФОРМАЦІЇ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ р. СЛУЧ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НОВОГРАД-ВОЛИНСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ ЯК ОБ'ЄКТ МІСЦЕВОЇ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

***Анотація.** Проаналізовано фактори, які визначають трансформації мінімального стоку р. Случ, що мають негативний вплив на стан Новоград-Волинського водосховища як об'єкта критичної інфраструктури, зокрема випаровування з водних поверхонь штучних водойм (ставків, водосховищ), розташованих в басейні річки вище за течією. За даними дистанційного зондування Землі виконано загальну оцінку умов формування мінімального стоку р. Случ у створі Новоград-Волинського водосховища та побудовано геоінформаційну гідрологічну модель водозбору річки з поділом території на локальні водозбори. Ідентифікацію водних дзеркал здійснено за допомогою модифікованого нормалізованого водного індексу. Отримано наближену оцінку можливих втрат мінімального стоку внаслідок випаровування.*

***Ключові слова:** дистанційне зондування Землі, критична інфраструктура, маловоддя, мінімальний стік, Новоград-Волинське водосховище.*

Вступ

Залучення значних обсягів річкових вод у господарський обіг, їх забруднення і безповоротні втрати, великомасштабне антропогенне перетворення ландшафтів в межах річкових басейнів, гідротехнічне будівництво та гідромеліорації, інтенсифікація аграрного виробництва на водозборах – все це порушує природну рівновагу більшості річкових екосистем та призводить до виснаження водних ресурсів у багатьох регіонах нашої держави [1].

Збитки господарським об'єктам, загрози життєдіяльності населення, спричинені маловоддям (малими витратами) та низькими рівнями води на річках, вже порівнюються зі збитками та загрозами, що виникають при повенях [2]. В останньому перекоує, наприклад, надзвичайна ситуація, що виникла 28 серпня 2003 р. в м. Мостиська Львівської області, де внаслідок тривалої сухої погоди у липні-серпні різко знизився рівень води в р. Зелена Кривуля, на якій встановлено поверхневий водозабір, а це призвело до

неможливості постачання питної води місту з 8-тисячним населенням. Для подолання водної кризи знадобилося терміново прокласти тимчасовий трубопровід завдовжки 2,3 км для забору води з р. Вишня [3].

Втім, у науковому аспекті проблематиці маловоддя та низьких рівнів води на річках і, в першу чергу, проблемам кількісного аналізу, оцінювання та прогнозування мінімального стоку річок та виникнення водних дефіцитів з врахуванням впливу антропогенного фактора тощо в Україні належна увага все ще не приділяється, незважаючи на гостру необхідність та актуальність таких досліджень [4]. Традиційно (особливо що стосується маловоддя на річках) більшість науковців зосереджується на дослідженнях та оцінюванні якості водних ресурсів, а не їх кількісних характеристик [5].

При цьому, якщо негативні зміни в якості поверхневих вод в першу чергу пов'язують з антропогенним фактором, зокрема з надмірним надходженням в річки різноманітних техногенних забруднень, то можливі впливи антропогенного фактора на негативні зміни кількісних характеристик мінімального стоку (мінімальних витрат, мінімальних рівнів води) серед пріоритетних не розглядаються.

Зокрема, наприклад, згідно з Додатком 1 до пункту 13 «Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів» [6], у якому наводиться класифікація надзвичайних ситуацій (у відповідності з Державним класифікатором надзвичайних ситуацій ДК 019-2001), такі гідрологічні явища, як «Маловоддя» (шифр явища 20420) та «Низькі рівні води» (шифр явища 20450) відносяться до гідрологічних прісноводних надзвичайних ситуацій природного характеру. Тобто про можливий причинно-наслідковий зв'язок між надзвичайними ситуаціями, спричиненими екстремальними проявами мінімального стоку, та антропогенним фактором (безпосереднім чи опосередкованим) в [6] не згадується.

Втім, як показує практика, кількісні характеристики мінімального стоку в екстремальних проявах (мінімальні витрати, мінімальні рівні води) можуть мати вирішальне значення в контексті забезпечення раціонального, екологічно безпечного використання водних ресурсів [4, 7], і негативні зміни цих кількісних характеристик значною мірою, прямо чи опосередковано, можуть викликатися саме антропогенним фактором. Особливо актуальним це може бути для України, де рівень забезпечення ресурсами річкового стоку один з найнижчих серед країн Європи, а рівень зарегулювання – один з найвищих. Так, якщо в Україні на одного жителя припадає менше 1 тис. м³ місцевих ресурсів річкового стоку, то у Європі в середньому – близько 5 тис. м³, у Швеції – 21,6, Швейцарії – 5,8, Білорусі – 3,3, Франції – 2,9, Німеччині – 1,3 тис. м³. Поряд з цим загальні обсяги акумулювання води у вітчизняних водосховищах сягають 55,3 км³, що більше в цілому водних ресурсів річок країни (52,4 км³), які формуються на її території в середні за водністю роки [8]. Штучні водойми (водосховища, ставки) є важливими інфраструктурними об'єктами в системі народного господарства України, які поряд з тим, що виконують важливі водогосподарські функції (комунальне і технічне водопостачання, іригація, гідроенергетика, рибне господарство, регулювання стоку, боротьба з повеннями, рекреація тощо), суттєво змінюють річковий стік, в тому числі і мінімальний. І ці зміни, зокрема і ті, що стосуються мінімального стоку, не завжди носять позитивний характер [9], в тому числі, як показує практика, і для окремих учасників та об'єктів

водогосподарчого комплексу [3], що забезпечують життєдіяльність населення або виконують критичні для функціонування народного господарства функції, і, відповідно, можуть у зв'язку з цим розглядатися як об'єкти критичної інфраструктури.

1. Новоград-Волинське водосховище на р. Случ як об'єкт місцевої критичної інфраструктури

До об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) у світовій (і вітчизняній) практиці прийнято відносити інженерні та інформаційні системи або мережі, об'єкти, підприємства, установи, види діяльності, а також і природні чи природно-техногенні об'єкти тощо, які мають особливо важливе значення для підтримки життєво необхідних соціальних функцій і порушення функціонування яких може призвести до критичної ситуації (колапсу) в економіці, екологічній чи соціальній сферах на загальнодержавному, регіональному або місцевому рівнях [10–13]. Це об'єкти, без яких, за умов, що склались чи складаються у відповідній сфері чи на відповідній території, наразі не обійтися, оскільки на них замикається важлива (критична) системна функція забезпечення життєдіяльності країни, регіону або окремого населеного пункту. Іншою важливою ознакою ОКІ, поряд з функціональною, є вразливість цих об'єктів до впливів зовнішнього середовища, що вимагає впровадження заходів щодо їх захисту від цих впливів [14, 15].

Новоград-Волинське водосховище, що розташовано на р. Случ (рис. 1), може розглядатися одним з прикладів ОКІ місцевого значення. Водосховище використовується для питного водопостачання міста Новоград-Волинський, де проживає понад 55 тисяч жителів, санітарної потреби, а також виробничої потреби місцевих промислових підприємств [16].



Рисунок 1 – Гребля Новоград-Волинського водосховища (фото: Ілля Стецюк, https://lh5.googleusercontent.com/p/AF1QipNy0KHRR2IVZ4NBveR-Lj9iu0ZMkCTS_qc2Jil2=w1280-h720-pd)

Водосховище має об'єм в 1,8 млн м³, площу водного дзеркала 95,5 га. Питома середньорічна реалізація води складає 1 млн 955 тис. м³/рік [16], що в середньому становить 0,062 м³/с. Це єдине джерело комунального та промислового водопостачання міста, якому наразі немає альтернативи.

Всього в басейні р. Случ вище за течією від м. Новоград-Волинський побудовано більше 200 ставків і 14 водосховищ. Загальна площа водного дзеркала водосховищ складає 2027 га, а повний об'єм – 25,6 млн м³. На чотирьох водосховищах, що розміщуються на р. Случ, експлуатуються малі гідроелектростанції (МГЕС): Миропільська (потужністю 500 кВт) та Пединківська (600 кВт), які вже працюють більше 50 років, з 1957 і 1959 рр., відповідно; Коржівська (320 кВт), яка була побудована в 1953 р. і відновлена в 2004 р.; Любарська (200 кВт), побудована в 1950 р., відновлена в 2006 р.

Основні характеристики водосховищ наведено нижче у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики водосховищ в басейні р. Случ, що розташовані вище за течією від м. Новоград-Волинський (дані надано О. Шпартаком)

| № з/п | Найменування водосховища, місце розташування | Річка | Площа водозбору (км ²) | Площа дзеркала (га) | Повний об'єм (млн м ³) |
|-------|---|-----------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | Базалійське, смт. Базалія Теофіпольського р-ну | Случ | 104 | 66 | 1,0 |
| 2 | Чернелівське, с. Чернелівка Красилівського р-ну | Случ | 354 | 208 | 3,1 |
| 3 | Дубищинське, с. Дубище Красилівського р-ну | Случ | 397 | 142 | 1,35 |
| 4 | Кузьминське, с. Кузьмин Красилівського р-ну | Случ | 515 | 765 | 6,12 |
| 5 | Воронківське, с. Воронківці Старокостянтинівського р-ну | Случ | 535 | 83 | 1,4 |
| 6 | Старокостянтинівське, м. Старокостянтинів | Случ | 1300 | 130 | 1,4 |
| 7 | Антонінське, смт. Антоніни Красилівського р-ну | Ікопоть | 99 | 81 | 1,62 |
| 8 | Пашковецьке, с. Пашківці Старокостянтинівського р-ну | Ікопоть | 470 | 89 | 1,30 |
| 9 | Манівецьке, с. Манівці Красилівського р-ну | Ікопоть | 153 | 83 | 1,24 |
| 10 | Росоловецьке, с. Росолівці Красилівського р-ну | Понора | 165 | 82 | 1,47 |
| 11 | Пединківське, с. Пединки Любарського р-ну | Случ | 2340 | 43 | 1,2 |
| 12 | Борушківське, с. Борушіці Любарського р-ну | Деревичка | 307 | 100 | 1,5 |
| 13 | Любарське, смт. Любар | Случ | 2450 | 60 | 1,1 |
| 14 | Новоград-Волинське, м. Новоград-Волинський | Случ | 7460 | 95,5 | 1,8 |

Наразі в басейні р. Случ немає жодної річки, яка б знаходилася в непорушеному стані. Річка потерпає від значного антропогенного пресу, хоча загальний її екологічний стан, згідно з басейновим принципом, і оцінюється як «задовільний» [17]. Річка зазнала серйозних гідроморфологічних змін, практично на всій її довжині, які значною мірою можуть бути пов'язані і з

надмірним гідротехнічним будівництвом в її басейні [18]. Поряд з постійним надходженням в її води різного роду забруднень, в тому числі і внаслідок аварійних викидів [19], все частіше річка потерпає і від маловоддя (див. рис. 2). У серпні 2017 р. проблема маловоддя трохи нижче за течією від м. Новоград-Волинський у нижньому б'єфі нещодавно відновленої Чижівської МГЕС (2015 р.) набула таких масштабів [20] (див. також рис. 3), що для вирішення проблем із пересиханням русла була утворена спеціальна комісія з представників всіх гілок районної влади. Її рішенням так звана «санітарна» витрата в $2,39 \text{ м}^3/\text{с}$, що визначалася за значенням мінімальної витрати, яка спостерігалася в 2005 р. (з 1975 р. по 2005 р., тобто протягом 30 років спостережень, див. рис. 2) за проханням власника Чижівської міні ГЕС в особі ТОВ «Гідроенергоінвест» «тимчасово» була зменшена до $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

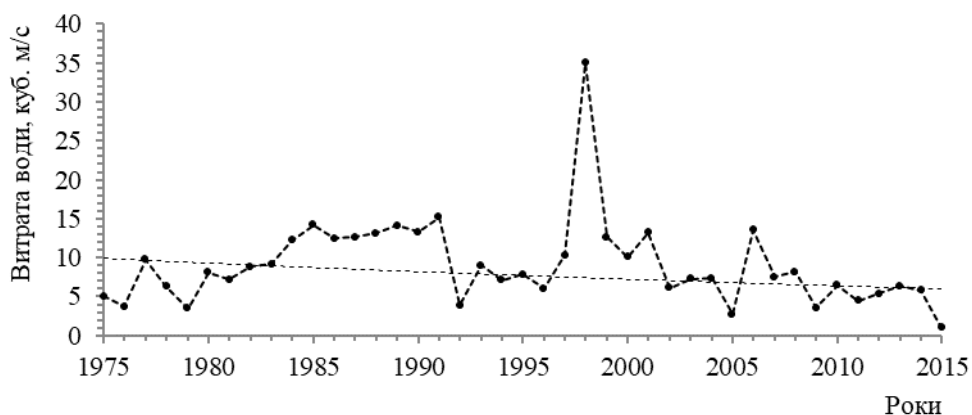


Рисунок 2 – Ряд динаміки мінімальних витрат р. Случ на гідропосту «Новоград-Волинський» (мінімуми для періодів «відкритої води»)



Рисунок 3 – Річка Случ в с. Чижівка, травень 2017. Нижній б'єф греблі Чижівської МГЕС. Фото: Петро Тестов [20]

Проблема ще більше загострилася у зв'язку з планами будівництва чергової МГЕС на р. Случ вище за течією від Новоград-Волинського в с. Гульськ. Тепер вже виникла загроза порушення і так недостатньо належних умов функціонування системи забезпечення водою жителів і підприємств

м. Новоград-Волинський. Проти нового гідротехнічного будівництва на річці виступили комунальні служби, місцева влада та громадськість міста. При цьому місцева влада і громада с. Гульськ наполягають на спорудженні МГЕС зі ще одним водосховищем на Случі, посилаючись на запевнення іноземного інвестора (норвезьку компанію), що це будівництво не завдасть шкоди довкіллю, а навпаки, навіть покращить екологічну ситуацію на р. Случ [21].

В ситуації, що склалася, Новоград-Волинське водосховище вже має розглядатися не лише як ОКІ місцевого рівня, на якому замикається критично важлива функція водопостачання населення окремого міста, а і як ОКІ, на стан якого можуть негативно впливати, в екстериторіальному вимірі, інші подібні інфраструктурні об'єкти – численні штучні водойми (ставки, водосховища), розташовані в басейні річки вище за течією. При цьому маловоддя на р. Случ, як один з важливих факторів впливу на стан Новоград-Волинського водосховища, має аналізуватися в контексті трансформації мінімального стоку внаслідок антропогенної діяльності на водозборі.

2. Мінімальний стік: особливості його формування та виклики маловоддя і низьких рівнів води

Мінімальний стік на річках спостерігається у меженний період, коли річки переходять практично на живлення за рахунок підземних вод. На річках України це може спостерігатися як улітку, так й узимку. При цьому поверхневий стік або повністю припиняється, або має найменше значення.

Величина підземного живлення річок визначається взаємодією різних чинників – як природних, так і антропогенних [3, 4, 22, 23]. Серед природних чинників найбільш важливими є фізико-географічні: кліматичні, гідрогеологічні, а також рельєф, ґрунти, природна рослинність. Зокрема, кількість ґрунтових вод, що накопичуються у верхніх ґрунтових горизонтах, залежить від властивостей ґрунтів, їх водопроникливості й утримуючої здатності. Наприклад, рихлі лісові ґрунти добре затримують поверхневий стік й сприяють утворенню підземних вод під лісом. Тому мінімальний стік річок значною мірою визначається станом лісових масивів в їх басейні.

Велике значення для формування мінімального стоку має також наявність у басейні річки озер і боліт. Наявність природних озер в басейні ріки зазвичай підвищує її мінімальний стік. В свою чергу вплив боліт на мінімальний стік залежить від типу боліт й глибини залягання ґрунтових вод. Низинні болота, в заплаві, з високими рівнями ґрунтових вод, його підвищують, верхові болота, зі значною глибиною залягання ґрунтових вод, – навпаки сприяють зменшенню мінімального стоку.

Запаси ґрунтових вод у верхніх ґрунтових горизонтах зазвичай незначні, й основну роль в живленні ріки в періоди мінімального стоку відіграють глибинні горизонти. Тому мінімальний стік ріки суттєво залежить від глибини ерозійного врізання русла, числа й характеру водоносних горизонтів й геологічного складу порід. Чим далі від витoku, тим більше водоносних горизонтів прорізує долина й русло ріки й тим вищим і стійкішим в природних умовах стає її мінімальний стік [3].

Зі збільшенням площі водозбору річки мінімальний стік зазвичай збільшується, стає стійкішим, адже при цьому одночасно підсилюється глибина ерозійного врізання русла й збільшується здатність водозбору до

аккумуляції стоку. Однак, у районах з неоднорідною геологічною будовою й різноманітними умовами підземного живлення на притоках може спостерігатися не прямий, а зворотний зв'язок величини мінімального стоку від площі водозборів річок [3, 4, 22, 23].

Антропогенне навантаження на прирічкові території та ріку зазвичай негативно впливає на мінімальний стік річки, спричинюючи маловоддя та низькі рівні води. Особливий вплив може мати надмірне водовідведення з осушуваних земель і водозабір [22, 23]. Значного впливу на гідрологічний режим і розподіл мінімального стоку в меженні періоди, особливо на малих ріках, завдає регулювання ставками і водосховищами та трансформація русел, спричинена ними та надмірними кар'єрними розробками в руслах та заплавах річок [9, 24-26].

Проблема маловоддя і низьких рівнів води, особливо на малих ріках, загострюється і у зв'язку з прогнозованими глобальними і локальними кліматичними змінами. Згідно з прогнозами гідрокліматологів на найближче майбутнє в умовах сучасних тенденцій до потепління клімату на території України буде продовжуватися посилення небезпечних стихійних явищ: у вологі періоди – паводків, селей, зсувів, а в сухі періоди – різке виснаження ґрунтових вод та обміління малих річок. Періоди малих витрат та рівнів води (періоди межени) навіть в умовах відсутності або незначного антропогенного навантаження на річкову систему в багатьох випадках є критичними. При цьому вже незначні антропогенні впливи на водозборах малих річок можуть суттєво змінити параметри їх мінімального стоку (режим витрат і рівнів води), які далі можуть відбитися і на стані середніх річок [27].

З явищем маловоддя пов'язуються небезпеки перебоїв в системах водопостачання та водокористування, посилення різних видів ерозії, засуходження прирічкових територій, зокрема заплави річки, відмирання вторинних рукавів, погіршення умов судноплавства тощо. За умов малих витрат та понижених рівнів води в екосистемах малих та середніх річок уповільнюються процеси самоочищення води та погіршується її якість. Це відбувається внаслідок зникнення мілководних ділянок, заселених вищою водною рослинністю та природними фільтраторами, наприклад, – двостулковими моллюсками. Більшість заплавлених територій, які мають велике значення для відтворення рибних запасів, водоплавної птиці, високих врожаїв лучних трав тощо, а також виконують роль природних бар'єрів для перехоплення забруднюючих стоків з поверхні водозбору ріки, в періоди маловоддя осушуються та піддаються деградації [8]. Зменшення води в русловій мережі нижче гранично допустимого його значення (як витрат – маловоддя, так і рівнів води – низькі рівні води) порушує не лише умови нормального існування окремих, особливо чутливих гідробіонтів, а й функціонування гідроекосистеми в цілому [7, 9, 24, 28-30].

3. Аналіз впливу на мінімальний стік р. Случ випаровування зі штучних водойм на водозбір Новоград-Волинського водосховища

Зміни мінімального стоку, особливо малих річок, можуть відбуватися навіть за відносно слабкого регулювання річкового стоку штучними водоймами. Внаслідок трансформації стоку в процесі підтримання рівнів води у штучних водоймах вниз за течією в русло ріки починає надходити менша витрата.

Вода з водосховищ і ставків втрачається також на фільтрацію в береги та ложе, причому значна частина цих втрат в річку вже не повертається (прямі, наглядні ефекти фільтрації з водосховищ, які легко можуть реєструватися, зокрема і засобами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), – це підтоплення, заболочування територій тощо; непрямі, але які можуть досліджуватися в польових умовах в комбінації з засобами ДЗЗ, – поглинання води прибережною рослинністю (транспірація), інфільтрація в напірні водні горизонти і таке інше). Збільшуються також втрати стоку ріки через збільшення водної поверхні, зокрема – на випаровування, що особливо актуально в літню межень, та на утворення крижаного покриву на водосховищах (значно більша площа водної поверхні і майже у два рази більша товщина криги), що актуально в зимову межінь. Ці втрати стоку також можуть бути оцінені з використанням даних ДЗЗ.

Для р. Случ, переобтяженої антропогенним втручанням, ефекти на штучних водоймах (трансформація стоку, фільтрація, випаровування, льодостав, транспірація), зі спорудженням ще одного водосховища вверх за течією, можуть виявитися суттєвими для забезпечення функціонування Новоград-Волинського водосховища як ОКІ місцевого значення.

З метою оцінювання умов формування стоку р. Случ на ділянці водозбору вверх за течією від м. Новоград-Волинський за даними радарного знімання SRTM (<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>) нами було побудовано геоінформаційну гідрологічну модель водозбору з поділом території на локальні водозбори. Для ідентифікації водних дзеркал було використано знімки Landsat та модифікований нормалізований водний індекс MNDWI [31]. Для аналізу було відібрано водойми площею понад 3 га. Згідно з отриманою моделлю (рис. 4) їх загальна кількість у розрахунковому басейні склала 249, сумарна їх площа становить близько 4418 га.

Рисунок 4 – Ідентифікація водних дзеркал в басейні р. Случ (водойми площею понад 3 га, замикаючий створ Новоград-Волинського водосховища)

Вплив перехоплення транзитного стоку у маловодний період штучними водоймами в басейні р. Случ схематично зображено за допомогою моделі, наведеної на рис. 5. Можна зауважити, що створи численних ставків і водосховищ значною мірою замикають на собі мінімальний стік, що формується на територіях, розташованих вище від них за течією. Відповідно, для створу Новоград-Волинського водосховища мінімальні витрати води фактично формуються з території значно меншої від тієї, що зазначена в кадастрі (7460 км², див. табл. 1).

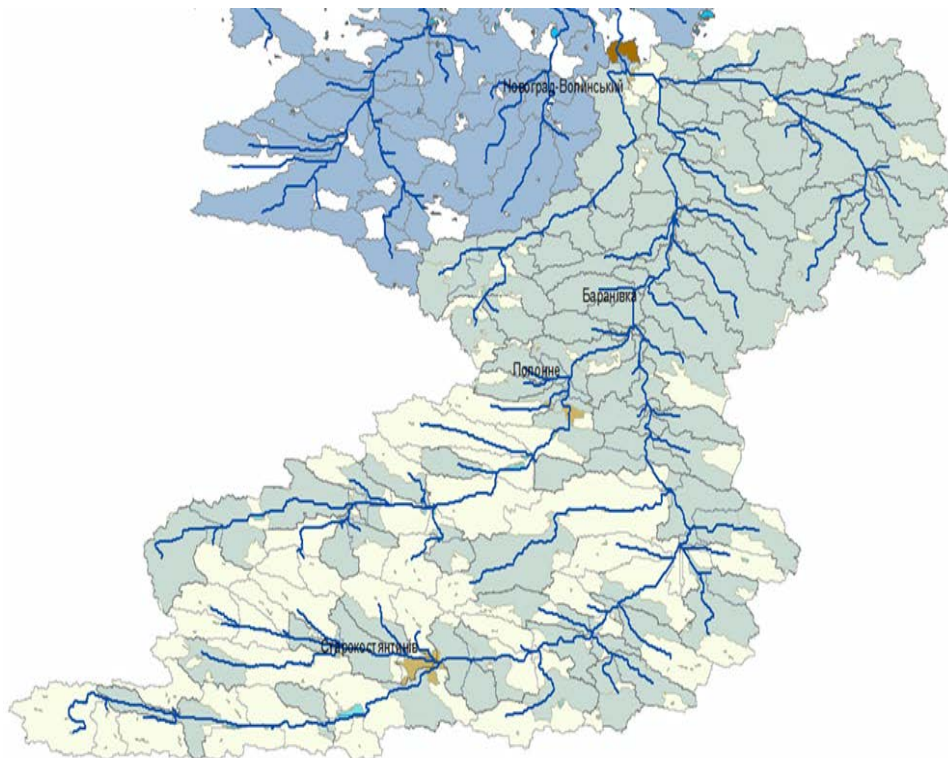


Рисунок 5 – Модель водозбору р. Случ для маловодного періоду (світлим тоном позначено ділянки, де мінімальний стік значною мірою перехоплюється місцевими водоймами)

Оскільки за даними гідрологічних спостережень критичні екстремуми (мінімуми) мінімального стоку на р. Случ на гідропосту «Новоград-Волинський» спостерігаються в літній період, то в першу чергу оцінювалися можливі втрати мінімального стоку річки внаслідок випаровування через збільшення водної поверхні.

Слід зазначити, що випаровування з водних дзеркал є складним фізичним процесом, перебіг якого залежить від температури навколишнього повітря та води, від напрямку та сили вітру, глибин водойм, водної рослинності, наявності дерев по берегах. Втім, з достатньою для практики точністю оцінку втрат на випаровування можна отримати за допомогою рядів даних метеоспостережень, в тому числі і за аналогами [32].

При оцінюванні втрат на випаровування зі штучних водойм в межах розрахункового басейну р. Случ (рис. 4) в якості аналога використовувались дані метеостанції «Рівне» для Басівкутського водосховища, розташованого в м. Рівне. За наявними даними було встановлено, що для маловодного року 75% забезпеченості за літній період (тривалістю 92 доби) сумарно з водного дзеркала Басівкутського водосховища випаровується 391 мм, або 4,25 мм/добу. Цю оцінку було використано для наближеного прогнозування втрат на випаровування зі ставків та водосховищ, що розташовані в басейні р. Случ. Розрахунки показали, що для встановленої площі водойм у басейні р. Случ вище м. Новоград-Волинський сумарні втрати на випаровування в літній період для маловодного року 75% забезпеченості можуть оцінюватися в 187,8 тис. м³/добу. Таким чином, зменшення природної витрати р. Случ у створі Новоград-Волинського водосховища влітку за рахунок випаровування з водойм, розташованих вище за течією, може скласти біля 2,17 м³/с. При цьому мінімальна витрата літньої межні забезпеченістю 75% у створі «Новоград-Волинський» оцінюється у 8,8 м³/с, мінімальна витрата 95% забезпеченості – у 4,85 м³/с, мінімальна спостережена з 1975 р. витрата 2015 р. (за 40 років) – 1,03 м³/с, а середньозважена витрата водозабору з Новоград-Волинського водосховища оцінюється всього в 0,062 м³/с.

Висновки

Трансформація мінімального стоку р. Случ внаслідок надмірного гідротехнічного будівництва в її басейні може розглядатися однією з основних причин деградації річки та загрожує подальшим погіршенням її екологічного стану в майбутньому. Оскільки перебудова гідрологічного режиму річки має певну інерційність з моменту початку дії фактора, що його дестабілізує, то без просторово-часового аналізу складно встановити всі визначальні причини негативних змін, що відбуваються на водному об'єкті, особливо коли поєднується дія як глобальних чинників, так і місцевих. При цьому мають аналізуватися різні можливі чинники таких змін.

Управління територіями, раціональне природокористування в межах річкових басейнів мають спрямовуватися не лише на оцінювання якісних показників поверхневих вод, а і їх кількісних показників, особливо тих, що стосуються маловоддя та низьких рівнів води. Серед першочергових заходів, які сприятимуть вирішенню цих завдань, зокрема і завдань щодо захисту водних об'єктів, як природних, так і штучних, які за багатьма критеріями мають розглядатися як об'єкти критичної інфраструктури, є розробка планів використання місцевого стоку за умов мінімізації його втрат, особливо у маловодні періоди. Для цього необхідно відмовитися від ставлення до водних ресурсів місцевих річок, як до виключно промислового ресурсу, який наразі все частіше використовується лише в приватних інтересах.

Показано, що необґрунтоване, стихійне будівництво штучних водойм в басейні р. Случ, неправильна їх експлуатація в інтересах окремих приватних осіб може поставити під загрозу функціонування Новоград-Волинського водосховища як об'єкта місцевої критичної інфраструктури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Галущенко М.Г., Ромась І.М. Умови формування та розрахунки мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Наук. зб. / Відп. ред. В.К. Хільчевський. Київ : Ніка-Центр, 2001. Т. 2. С. 289-295.
2. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Районування території України за ступенем гідрологічної небезпеки. Наук. праці УкрНДГМІ. Вип. 253. 2004. С. 196-204.
3. Ромась І.М. Періоди мінімальної середньої добової водності в басейні Дніпра в межень. Наукові праці УНДГМІ. 2003. Вип. 251. С. 38-42.
4. Методы расчета низкого стока. Вклад в Международную гидрологическую программу. Под ред. Т.А. Мак Магона и А.Д. Арена. Ленинград : Гидрометеоздат, 1984. 127 с.
5. Рациональне використання та відновлення водних ресурсів. Монографія / За заг. ред. Фещенка В.П. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 250 с.
6. Методика ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів. Затверджена наказом МНС України від 23.02.2006 р. за № 98. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 20.03.2006 р. за № 286/12160. URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>.
7. Securing Water for Ecosystems and Human Well-being: The Importance of Environmental Flows. Copyright ©2009, Swedish Water House (SWH). P. 52. URL:https://cmsdata.iucn.org/downloads/securing_water_for_ecosystems_and_human_well_being.pdf.
8. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. Київ : Генеза, 2001. 216 с.
9. Environmental experience gained from reservoirs in operation. Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams. Vol. 2. Q.69. Durban – South Africa, November, 1994. 780 p.
10. Об'єкти критичної інфраструктури та об'єкти критичної інформаційної інфраструктури в європейських країнах. Інформаційна довідка, підготовлена ЄІДЦ на запит Апарату ВР України. URL: <http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29297.pdf>.
11. Гнатюк С.О., Рябий М.О., Лядовська В.М. Визначення критичної інформаційної інфраструктури та її захисту: аналіз підходів. Зв'язок, № 4, 2014. С. 3-7.
12. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні : зб. мат-лів міжнар. експерт. нарад / упоряд. Д.С. Бірюков, С.І. Кондратов; за заг. ред. О.М. Суходолі. Київ : НІСД, 2015. 176 с.
13. Zaballos A.G., Inkyung Jeun. Best practices for Critical Information Infrastructure Protection: experiences from Latin America and the Caribbean and selected countries. 98 p. URL : [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7848/Best-Practices-for-Critical-Information-Infrastructure-Protection-\(CIIP\)-Experiences-from-Latin-America-and-the-Caribbean-and-Selected-Countries.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7848/Best-Practices-for-Critical-Information-Infrastructure-Protection-(CIIP)-Experiences-from-Latin-America-and-the-Caribbean-and-Selected-Countries.pdf?sequence=1).
14. Концепція створення державної системи захисту критичної інфраструктури. Схвалено розпорядженням КМ України від 6 грудня 2017 р. № 1009-р. URL : <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/pro-shvalennya-koncepciyi-stvorennya-derzhavnoyi-sistemi-zahistu-kritichnoyi-infrastrukturi>.
15. Бірюков Д.С. Концепція захисту критичної інфраструктури як елемент загальноєвропейської безпекової політики. ШІЕНД ім. І.Ф. Кураса НАН України. Наукові записки. Вип. 6 (68). С. 106-115.
16. Приймаченко І.В. Екологічний моніторинг басейну річки Случ. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 183(2). 2013. С. 241-248.
17. Бедункова О.О. Оцінка сучасного екологічного стану поверхневих вод річки Случ за басейновим принципом. Вісник НУВГП. Вип. 4(64). Серія «Сільськогосподарські науки», 2013. С. 74-81.
18. Стефанишин Д.В. Про деякі побічні ефекти гідротехнічного будівництва в басейні р. Случ. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

- «Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації». Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р. С. 45-47.
19. На Житомирщині вдалося стабілізувати ситуацію із забрудненням річок Случ та Хомора – ОДА. URL : <https://www.unian.ua/ecology/naturalresources /1377210-na-jitomirschini-vdalosya-stabilizuvati-situatsiyu-iz-zabrudnennyam-richok-sluch-ta-homora-oda.html>.
20. Тестов П. Каскад ставків замість річки Случ? Екологія, право, людина. URL : <http://epl.org.ua/announces/kaskad-stavkiv-zamist-richky-sluch/>
21. Міні-ГЕС у Гульську може залишити Новоград без води. URL : <http://www.zvyagel.com.ua/?p=14557>.
22. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка-Центр. 2003. 324 с.
23. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України (Довідковий посібник). Київ : Ніка-Центр, 2001. 388 с.
24. Knighton D. River channels: environment and processes. N.Y. : Basil Blackwell Ink, 1987. 234 p.
25. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. СПб. : ВНИИГ, 2002. 591 с.
26. Немировская И.А., Бреховских В.Ф. и др. Гидроэкология: оценка экологических последствий проведения дночерпательных работ в водных объектах. Инженерная экология. 2008. № 2. С. 43-53.
27. Шикломанов И.А., Григорьев В.Ю. К проблеме оценки влияния крупных водохозяйственных проектов на окружающую среду. Гидротехническое строительство. 1987. № 10. С. 52–55.
28. Коренева И.Б., Христофоров А.В. Об оценке минимального экологического стока воды в реках. Вестник Московского университета. Серия географическая. Москва : Издательство Московского университета. 1993. № 1. С. 77-83.
29. Ободовський О.Г., Савицький В.М. та ін. Про деякі аспекти впливу екологічно допустимих витрат на якість річкових вод басейну Дніпра. Український географічний журнал. 2002. № 1. С. 37-45.
30. Орлов В.Т. Оценка допустимых изъятий объемов воды из русловой сети без нарушения экологии речной системы. Проблемы современной гидрологии. Сборник научных трудов сотрудников гидрологического факультета. СПб.: РГГМУ. 2004. С. 126-131.
31. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. International Journal of Remote Sensing. 27. P. 3025-3033. URL : <https://doi.org/10.1080/ 01431160600589179>.
32. Железняков Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. Москва: Колос. 1984. 205 с.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2018.