

Сторінка молодого вченого

УДК 504.453 (477.42)

І. С. Кот
аспірант*

Житомирський національний агроекологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД МАЛИХ РІЧОК БАСЕЙНУ Р. ІРША

Розглянуті питання, що стосуються ідентифікації факторів формування якості природних вод малих річок басейну річки Ірша шляхом застосування інструментів факторного аналізу. Встановлено, що основними господарськими чинниками, які впливають на формування гідрохімічної системи малих річок басейну р. Ірша, є скидання стічних вод, використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин у сільському господарстві, зміна структури використання земель на водозбірних територіях, селітебне навантаження. Визначено, що гідрохімічна макросистема р. Ірша формується, переважно, під домінуючим впливом трьох основних факторів: надходженням біогенних і забруднювальних речовин з агроecosystem; характеру водозбірного басейну; надходженням біогенних та забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами.

***Ключові слова:** малі річки, показники якості води, факторний аналіз, гідрохімічна система, фактори формування.*

Постановка проблеми

У сучасних екологічних умовах використання річкових екосистем носить виключно екстенсивний та руйнівний для них характер, що проявляється у надмірному антропогенному використанні річкових басейнів (вирубання лісів, розорювання понад 80 % території, житлово-комунальна і промислова забудова тощо), зростанні обсягів надходження у річкові води забруднених господарсько-комунальних та виробничих стічних вод, руйнуванні річкового русла внаслідок інтенсифікації водно-ерозійних процесів [2, 6]. Однак, саме малі річки формують гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, а в їхніх басейнах формується понад 60 % водних ресурсів України [7]. Проте, через незначні площі водозбірних басейнів вони є найбільш вразливими до деструктивного антропогенного впливу, тому потребують постійного моніторингу якості води. Існуюча наразі державна система моніторингу якості води зорієнтована на спостереження за гідрохімічним складом води великих і середніх річок, тоді як малі річки практично не залучені до мережі спостережень. Не є виключенням і Житомирська область, де гідрохімічні спостереження здійснюються відділом лабораторно-інструментального контролю Державної екологічної інспекції в Житомирській області у 23 контрольних створах, тільки три з яких розташовані

© І. С. Кот

*Науковий керівник – к.с.-г.н. Т. М. Мислива

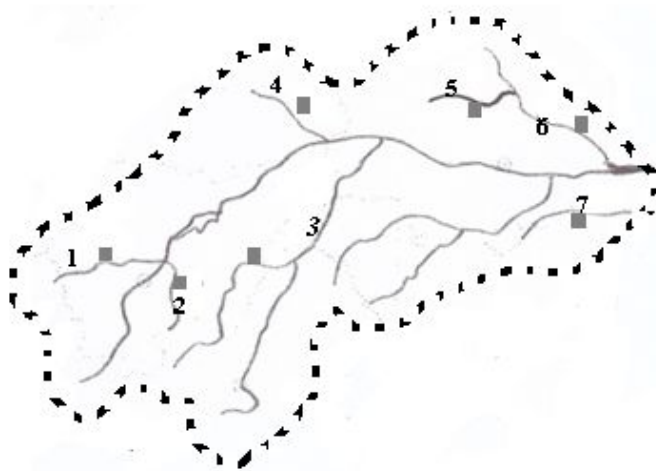
на малих річках Полісся, та Житомирським обласним управлінням водних ресурсів Держводагентства України у 10 контрольних створах, лише два з яких розташовані на малих річках Полісся. Відсутність достовірних даних про якісний склад води малих річок унеможливує проведення комплексної оцінки екологічного стану їхніх басейнів та розроблення заходів щодо його оптимізації. Виходячи зі сказаного, актуальності набуває вивчення хімічного складу вод малих річок при комплексному і поглибленому аналізі спрямованості гідрохімічних процесів, що відбуваються у них, як результату сукупного впливу природних та антропогенних чинників на відкриту гідрохімічну систему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінці екологічного стану поверхневих водних екосистем присвячено ряд досліджень вітчизняних учених, однак вони стосуються, переважно, басейнів малих річок Рівненської [3, 4] та Волинської [9, 13] областей. Крім того, вказані дослідження виконані у напрямку фітоіндикації антропогенного забруднення водних екосистем та характеристики міграції важких металів у водних екосистемах. Питання формування якості поверхневих вод малих річок Житомирського Полісся залишилися поза увагою дослідників, за виключенням робіт [1, 5, 8, 10], які знову ж таки присвячені питанням міграції й акумуляції важких металів. Окремі аспекти концепції багатofакторності формування хімічного складу вод та його системної природи, зокрема, й відносно гідросфери Полісся Житомирщини, висвітлено у роботах С. І. Сніжка [11, 12], однак подібні дослідження виконані понад десятиліття тому.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою дослідження була оцінка екологічного стану басейну р. Ірша та встановлення особливостей формування її гідрохімічної системи. Для досягнення поставленої мети досліджень передбачалося вирішення таких завдань: 1) ідентифікація основних господарських чинників, які впливають на формування зовнішньої та внутрішньої структури гідрохімічної системи р. Ірша; 2) дослідження екологічного стану гідрохімічної системи р. Ірша та факторів його формування з використанням методу системного підходу. Дослідження проводилися впродовж 2010–2014 рр. на території Володарсько-Волинського, Коростенського, Малинського та Червоноармійського районів Житомирської області. Досліджувалася вода семи малих річок (Іршиця, Злобич, Різня, Глухівка – ліві притоки р. Ірша, Тростяниця, Поромівка, Лумля – праві притоки р. Ірша). Загалом було відібрано та проаналізовано 140 проб води з малих річок. Також для проведення факторного аналізу формування якості гідрохімічної системи були використані дані Департаменту екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації й Житомирського обласного лабораторного центру Держсанепідслужби України. Розміщення контрольних створів для спостережень за якістю води показано на рис. 1.



*Рис. 1. Схема розміщення контрольних створів на малих річках басейну р. Ірша:
1 – Іршиця, 2 – Поромівка, 3 – Тростяниця, 4 – Злобич, 5 – Лумля,
6 – Різня, 7 – Глухівка*

Координати місць розміщення контрольних створів (пн. шир. / східн. довг.):
р. Іршиця – $50^{\circ}44'22''/28^{\circ}22'37''$; р. Поромівка – $50^{\circ}35'0,5''/28^{\circ}30'0,8''$;
р. Тростяниця – $50^{\circ}35'28,5''/28^{\circ}37'40,1''$; р. Злобич – $50^{\circ}49'27,9''/28^{\circ}46'27,9''$;
р. Лумля – $50^{\circ}50'2,6''/29^{\circ}12'17,7''$; р. Різня – $50^{\circ}52'20,1''/29^{\circ}13'49,8''$; р. Глухівка –
 $50^{\circ}32'45,8''/29^{\circ}16'30,5''$.

Відбір проб води здійснювали згідно з ГСТУ ISO 5667-4-2001; визначення показників якості води виконували за такими методиками: перманганатну окислюваність – за методом Кубеля; азот нітратний – згідно з вимогами КНД 211.1.4.027; азот нітритний – згідно з вимогами КНД 211.1.4.023; азот амонійний – згідно з вимогами КНД 211.1.4.030; фосфати – згідно з вимогами КНД 211.1.4.024; розчинений кисень - об'ємним методом за Вінклером; хлориди – за методикою Мора; сульфати – згідно з вимогами КНД 211.1.4.026; БСК – згідно з вимогами КНД 211.1.4.021; ХСК – згідно з вимогами КНД 211.1.4.024; завислі речовини – згідно з вимогами КНД 211.1.4.039; рН води – згідно з вимогами ДСТУ 4077-2001; загальне залізо – згідно з ГОСТ 4011-72; мідь – згідно з ГОСТ 4388-72; марганець – згідно з ГОСТ 4974-72; свинець і цинк – згідно з ГОСТ 18293-72; молібден – згідно з ГОСТ 18308-72; кадмій, нікель і кобальт – згідно з ДСТУ ISO 11885:2005; СПАР – фотометричним методом; нафтопродукти – ваговим методом при багатократному екстрагуванні нафтопродуктів із води хлороформом і подальшому хроматографічному відділенні їх від усіх інших домішок. При проведенні факторного аналізу були використані методичні

підходи, наведені у роботі [11]. Статистична обробка одержаних експериментальних даних була проведена з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel, а факторний аналіз – Statistica 10.0.

Результати досліджень

Зовнішні та внутрішні зв'язки гідрохімічних систем (ГХС) формуються під впливом прояву як природних, так і антропогенних чинників, мінливих у просторі й часі. Для дослідження особливостей формування якості природних вод малих річок басейну р. Ірша нами було проведено виявлення основних факторів, що безпосередньо впливають на перебіг гідрохімічних процесів. З цією метою була сформована вихідна інформаційна матриця даних, яка включала 30 параметрів зовнішніх (площу, лісистість, заболоченість, урбанізованість та розораність території водозбірного басейну, обсяги скидання стічних вод, обсяги внесення мінеральних та органічних добрив, обсяги застосування пестицидів) і внутрішніх (концентрація у воді головних іонів – HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} ; вміст біогенних речовин – NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} та важких металів – Cu, Pb, Cd, Zn, Mn, Fe, Co, Ni; рН води, завислі речовини, БСК₅, O₂, ХСК, вміст синтетичних поверхнево-активних речовин та нафтопродуктів) показників, що впливають на формування і функціонування гідрохімічної системи малих річок басейну річки Ірша.

На першому етапі досліджень була виконана процедура «стиснення» вихідної інформаційної матриці з 8-ми показників, що характеризують зовнішні параметри гідрохімічної системи, які розподілено на дві функціональні групи, та вихідної інформаційної матриці з 21-го показника, що характеризує внутрішні параметри гідрохімічної системи, які розподілено на три функціональні групи. Потім, використовуючи метод головних компонент, з кожної групи показників були виділені пріоритетні, які найкращим чином можуть охарактеризувати групу чи окремі структурні частини даної групи антропогенних, природних, чи гідролого-гідрохімічних параметрів. Виділення цих показників проводилося на основі створення матриць факторних навантажень зовнішніх і внутрішніх параметрів ГХС.

Серед показників, що характеризують зовнішні параметри ГХС малих річок, було виділено дві функціональні групи (табл. 1). Перша група – «Площа і характер господарського використання водозбірного басейну», пріоритетними показниками в якій є площа та лісистість водозбірного басейну й обсяги внесення мінеральних добрив та застосування пестицидів, свідчить про домінуючий вплив на якість води поверхневих водних об'єктів зовнішніх факторів зокрема інтенсивність сільськогосподарського виробництва у межах басейну, домінуючим серед яких є обсяг внесення мінеральних добрив. Друга група – «Урбанізованість території водозбірного басейну» вміщує лише один пріоритетний показник, що свідчить про вплив на ГХС наявності селітебних

територій у межах басейну, які можуть бути джерелом надходження господарсько-побутових стічних вод, що вміщують забруднювальні речовини антропогенного походження.

Таблиця 1. Факторні навантаження зовнішніх параметрів ГХС поверхневих вод малих річок басейну річки Ірша

Параметри	Площа і характер господарського використання водозбірною басейну	Урбанізованість території водозбірною басейну
Площа водозбірною басейну	0,714645	0,145106
Лісистість водозбірною басейну	0,800844	0,411558
Заболоченість водозбірною басейну	0,000237	0,684417
Розораність водозбірною басейну	0,522800	0,645982
Урбанізованість території водозбірною басейну	0,069191	0,940301
Осяги скидання стічних вод	-0,220459	-0,014885
Обсяги внесення мінеральних добрив	0,934970	-0,204858
Обсяги застосування пестицидів	0,819231	0,548822

Серед показників, що характеризують внутрішні параметри ГХС малих річок, було виділено три функціональні групи (табл. 2). Перша група – «Надходження біогенних і забруднювальних речовин з агроєкосистем» включає 8 показників, найбільш пріоритетними серед яких є концентрація у воді NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} і PO_4^{3-} . Аналіз факторних навантажень у даній групі показників свідчить про домінуючий вплив на якість води речовин, що вимиваються з ґрунту, куди потрапляють із мінеральними добривами, насамперед азотними і фосфорними, у тому числі й тими, що необґрунтовано та неконтрольовано застосовуються населенням при веденні індивідуального садівництва і городництва.

Друга група – «Надходження біогенних і забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами» включає в себе п'ять показників: вміст у воді завислих речовин, нітритного азоту, кобальту, БСК₅ і ХСК, що характеризують вплив на якісний склад води скидання неочищених господарсько-побутових стічних вод у межах басейну.

Третя група – «Надходження біогенних і забруднювальних речовин із природних екосистем» також вміщує п'ять показників, що свідчать про взаємозв'язок між якістю поверхневих і підземних вод (гідрокарбонати та рН води) й про вплив на вміст у воді мікроелементів ступеня характеру ґрунтового покриву і заболоченості басейну (Mn, Fe і Pb). Зокрема, висока концентрація у річковій воді Mn і Fe є наслідком перетворення первинних мінералів у вторинні, у результаті чого відбувається вивільнення сполук заліза і марганцю, а також їх

вимивання із залізо-марганцевих конкрецій, значна кількість яких міститься у шарі ілювію домінуючих у басейні дерново-підзолистих ґрунтів. Наявність у воді надлишкових кількостей свинцю спричинена тим, що переважаючим типом рослинності в межах заболочених територій басейну р. Ірша є мохи, здатні сорбувати і міцно фіксувати дрібнодисперсні частки, у тому числі й забруднювальні речовини чорнобильського походження, зокрема Pb, що надходять до лісової чи лісоболотної екосистеми, та залучати їх у малий біологічний кругообіг.

Таблиця 2. Факторні навантаження внутрішніх параметрів ГХС поверхневих вод малих річок басейну річки Ірша

Параметри	Надходження біогенних і забруднювальних речовин з агроєкосистем	Надходження біогенних і забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами	Надходження біогенних і забруднювальних речовин із природних екосистем
Хлориди	0,961370	0,073388	0,201156
Сульфати	0,950738	0,236062	0,166915
Гідрокарбонати	-0,039779	-0,358405	0,682379
Mg ²⁺	0,805452	0,171430	0,159134
Ca ²⁺	-0,396372	0,117049	0,398103
Завислі речовини	-0,681397	0,627595	0,222316
pH	0,153351	-0,209228	0,804986
O ₂	0,003719	-0,350225	0,128351
БСК ₅	-0,375955	0,882369	-0,025207
ХСК	0,355658	0,880081	0,160520
NH ₄ ⁺	0,689908	0,390610	-0,348624
NO ₂ ⁻	0,929505	0,139819	-0,266054
NO ₃ ⁻	0,119541	0,804742	-0,168185
PO ₄ ³⁻	-0,816424	0,194976	-0,083825
Fe	-0,253858	-0,243173	-0,837964
Cu	-0,225898	-0,285040	-0,161861
Mn	0,352381	-0,050614	-0,863612
Zn	0,505170	-0,247140	0,070184
Pb	-0,028751	0,343183	0,657652
Ni	0,628800	0,508147	-0,434703
Cd	0,157591	-0,192940	0,334034
Co	-0,042953	-0,667619	-0,496621

На другому етапі досліджень після стиснення двох інформаційних матриць з набором показників, які характеризують внутрішні і зовнішні параметри ГХС, нами була сформована вторинна інформаційна матриця із показників, що мають найбільші факторні навантаження. Саме ці показники є величинами значимого факторного навантаження, які вважаються значимими і використовуватимуться у

подальших дослідженнях як пріоритетні показники природно-антропогенних факторів формування гідрохімічної макросистеми. Зазначимо також, що чим більше факторне навантаження на показник, тим чутливіше він реагує на дію того чи іншого фактора і може використовуватися для описування перебігу процесів всередині ГХС. Із 30 параметрів зовнішніх і внутрішніх показників формування й функціонування гідрохімічної системи поверхневих вод для подальшого аналізу було обрано 16. Після варімаксного обертання факторів визначено розподіл навантажень окремих факторів на ознаки тих чи інших факторів (табл. 3).

Таблиця 3. Факторні навантаження зовнішніх і внутрішніх параметрів ГХС поверхневих вод малих річок басейну річки Ірша

Параметри	Надходження біогенних і забруднювальних речовин з агроєкосистем	Характер водозбірного басейну	Надходження біогенних і забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами
Площа водозбірного басейну	-0,557814	0,735784	0,132679
Лісистість водозбірного басейну	0,008912	0,761508	0,612071
Урбанізованість території водозбірного басейну	-0,217875	0,789620	-0,112083
Обсяги внесення мінеральних добрив	0,082130	0,320298	0,608585
Обсяги застосування пестицидів	-0,180791	0,866256	0,294914
Хлориди	0,991667	0,067936	0,014815
Сульфати	0,972905	0,066898	0,175917
Mg ²⁺	0,887680	-0,080940	0,038758
pH	0,211493	0,843771	-0,184710
БСК ₅	-0,290672	-0,010309	0,863675
ХСК	0,495069	-0,024393	0,747231
NO ₂ ⁻	0,868437	-0,245689	0,206051
NO ₃ ⁻	0,121875	-0,109069	0,796065
PO ₄ ³⁻	-0,775647	0,153624	0,471952
Fe	-0,418186	-0,805608	-0,239761
Mn	0,183182	-0,798484	0,051811

Проведення факторного аналізу дало можливість визначити факторну структуру гідрохімічної системи р. Ірша, яка формується, переважно, під домінуючим впливом трьох основних факторів. Перший фактор – «Надходження біогенних і забруднювальних речовин з агроєкосистем», представлений концентрацією у воді хлоридів (Cl⁻), сульфатів (SO₄²⁻) та магнію (Mg²⁺), а також нітратного азоту (NO₂⁻) і фосфатів (PO₄³⁻). Відповідно саме ці показники чинять найбільший вплив на процес дифузного надходження біогенних і

забруднювальних речовин з поверхні водозбору. Показниками-індикаторами фактора «Характер водозбірної басейну» є, переважно, ландшафтні характеристики водозбору, лісистість та урбанізованість його території, обсяги використання пестицидів, рН води та вміст у воді іонів марганцю й заліза. Фактор «Надходження біогенних та забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами» включає лише 3 показники-індикатори: БСК₅ ХСК та вміст у воді нітритного азоту. Ці показники свідчать про суттєвий вплив на формування якості води скидів неочищених господарсько-побутових стічних вод. Вклад кожного із цих факторів у інтенсивність впливу на формування величини того чи іншого показника показано на рис. 2.

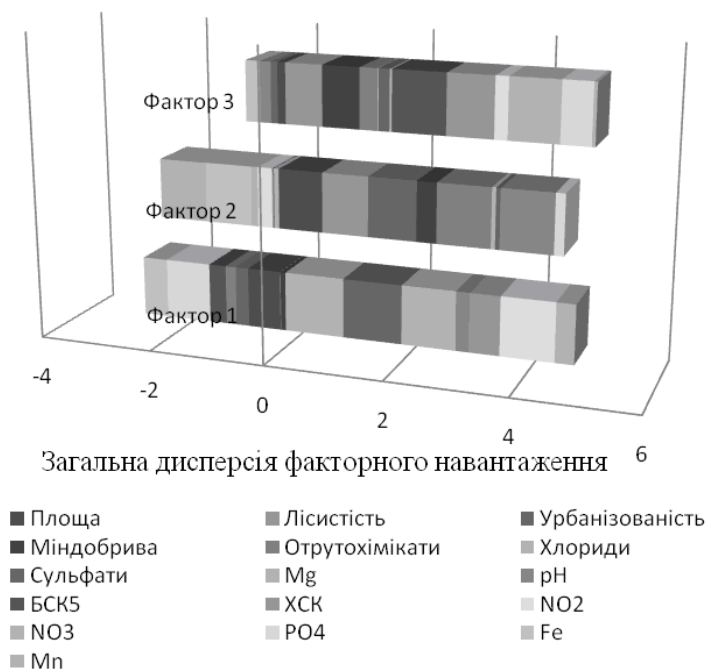


Рис. 2. Формування загальної дисперсії факторів формування ГХС за рахунок параметрів системи

Величина впливу виражається часткою загальної дисперсії даного фактора, яку вносить той чи інший показник. На рисунку ця величина виражена шириною паралелепіпеда, яким зображений той чи інший показник. Позитивні (прямі) зв'язки відображені у правій частині рисунка і переважають над негативними (зворотними) зв'язками.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведені дослідження щодо встановлення факторів формування гідрохімічної системи р. Ірша в межах поліської частини Житомирської області

дають підстави зробити такі висновки: 1) використання факторного аналізу дозволяє дослідити процеси формування гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод, виявити й ідентифікувати головні фактори формування гідрохімічних систем, спираючись лише на дослідження варіативного комплексу параметрів ГХС; 2) основними господарськими чинниками, що впливають на формування гідрохімічної системи природних вод р. Ірша, є скидання стічних вод, використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин у сільському господарстві, зміна структури використання земель на водозбірних територіях, селітебне навантаження; 3) гідрохімічна макросистема р. Ірша формується, переважно, під домінуючим впливом трьох основних факторів: надходженням біогенних і забруднювальних речовин з агроєкосистем; характеру водозбірного басейну; надходженням біогенних та забруднювальних речовин з господарсько-побутовими стічними водами.

Подальші дослідження повинні бути зосереджені на проведенні факторного аналізу для дослідження механізмів формування та функціонування гідрохімічних систем середніх і малих річок Житомирської області.

Література

1. Важкі метали у водах і торфах Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, І. С. Кот, І. А. Торхименко, І. О. Дика // Наука. Молодь. Екологія – 2012 : зб. матеріалів VIII наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 25–26 квіт. 2012 р. / М-во аграрної політики і продовольства України, ЖНАУ. – Житомир, 2012. – С. 181–186.
2. Ігошин М. І. Проблеми відродження та охорони малих річок і водойм. Гідроекологічні аспекти : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. І. Ігошин. – Одеса : Астропринт, 2010. – 230 с.
3. Клименко М. О. Міграція важких металів у харчових ланцюгах водних екосистем / М. О. Клименко, О. О. Бедункова // Вісн. нац. ун-ту водного господарства та природокористування. – 2006. – Вип. 2(34), ч. 1. – С. 13–20.
4. Клименко М. О. Порівняльна характеристика результатів оцінки якості води за гідрохімічними показниками та водною рослинністю / М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська // Вісник РДТУ. – 2001. – Вип. 3(10). – С. 15–22.
5. Кот І. С. Екологічний стан басейнів малих річок Житомирського Полісся / І. С. Кот // Тези ІХ Всеукр. наук. конф. студентів, магістрів та авспірантів "Сучасні проблеми екології та геотехнологій", 5–7 березня 2012 р. / М-во освіти і науки, молоді та спорту України. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – С. 135.
6. Левківський С. С. Рациональне використання і охорона водних ресурсів / С. С. Левківський, М. Н. Пудан. – К. : Либідь, 2006. – 280 с.
7. Малі річки України: довідник / А. В. Яцик, Л. В. Бишовець, Є. О. Богатов [та ін.] ; за ред. А. В. Яцика. – К. : Урожай, 1991. – 296 с.

8. Мартенюк Г. М. Важкі метали у водах і торфах Житомирського Полісся / Г. М. Мартенюк // Наукові читання ЖНАУ. – Житомир, 2013. – Т. 1. – С. 113–117.

9. Мисковець І. Я. Екологічна оцінка антропогенних змін малих річок Волині / І. Я. Мисковець // Захист довкілля від антропогенного навантаження: зб. наук. пр. / Харківський держ. ун-т, Кременчуцький держ. політехнічний ін-т. – 2001. – Вип. 5(7). – С. 34–40.

10. Мислива Т. М. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, І. С. Кот // Вісник ЖНАУ. – 2011. – № 2., т. 1(29). – С. 58–66.

11. Сніжко С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2004. – 394 с.

12. Сніжко С. І. Моніторинг якості води річок Житомирської області / С. І. Сніжко, С. П. Сіренький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С. 78–79.

13. Тімченко З. В. Оцінка екологічного стану малих річок / З. В. Тімченко // Україна та глобальні процеси: географічний вимір: зб. наук. пр.: в 3 т. / ред. П. Г. Шищенко; Волин. держ. ун-т ім. Л. Українки. – 2000. – Т. 2. – С. 317–320.
