

УДК556.535:556.41

ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ЇХ МОЖЛИВІ НАСЛІДКИ У ФОРМУВАННІ ЯКОСТІ ВОД (НА ПРИКЛАДІ РІЧОК ПСЕЛ ТА ВОРСКЛА)

Н. С. Лобода, проф., д-р геогр. наук
В. В. Пилип'юк, зав. лаб. ГТВД

*Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, magnus@ukr.net*

В роботі розглянуті актуальні питання впливу кліматичних змін на якість річкових вод. Основою розрахунків є дослідження змін основних гідрохімічних показників (іони хлору, натрію, магнію, заліза, кремнію, а також концентрацій кисню, фосфатів, нітритів, нітратів, мінералізації) води річок Псел та Ворскла та кількісних оцінок якості їх вод. Виділені основні забруднюючі речовини та показаний зв'язок між забрудненням річки та абіотичними чинниками. Установлена тенденція до зменшення водних ресурсів за кліматичним сценарієм А1В, зростання температур повітря за теплий та холодний періоди року, показаний їх зв'язок із процесами формування якості вод.

Ключові слова: зміни температурного режиму, зміни водності, концентрації забруднюючих речовин, показники якості води.

1. ВСТУП

Складовою Угоди про асоціацію між Україною та ЄС є впровадження законодавства ЄС у сфері охорони довкілля. Один з його секторів включає до себе розділ «Управління річковим басейном в умовах змін клімату» [1]. Глобальне потепління на території України обумовлює зростання частоти появи паводків та посух, змінює внутрішньорічний перерозподіл температур повітря та води, опадів, стоку [2]. Разом із абіотичними чинниками водних екосистем змінюється і якість води [3]. Відомо, що зростання концентрацій забруднюючих речовин можливе як у сезон весняного водопілля, коли відбувається їх змив з поверхні, так і в межений період, коли здатність водотоків до самоочищення суттєво зменшується [4].

Метою роботи є оцінка перспектив змін якості води в умовах потепління клімату (на прикладі річок Псел та Ворскла).

Об'єктом дослідження є якість води річок Псел та Ворскла, установлена для років, коли зміни клімату на території України стали значущими [5]. Переламним вважається 1989 р.

Робота виконана у рамках кафедральної науково-дослідної теми «Гідроекологічний стан річок та водойм України в умовах антропогенного впливу», № ДР-0113U007292.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Серед основних наукових та освітніх організацій і установ, які займаються вивченням закономірностей зміни гідрохімічного та гідроеколо-

гічного стану річок Псел та Ворскла, насамперед виділяється Київський Національний університет імені Тараса Шевченка (кафедра гідрології та гідроекології під керівництвом В. К. Хільчевського), а також інститут гідробіології НАН України (м. Київ), інститут геологічних наук НАН України, Український гідрометеорологічний інститут (УкрГМІ), Інститут водних проблем і меліорації, Український науководослідний інститут екологічних проблем, Центральна геофізична обсерваторія Державної гідрометеорологічної служби України. На основі застосування ймовірно-статистичних методів науковцями кафедри гідрології та гідроекології Київського Національного університету імені Тараса Шевченка було проведене гідрохімічне районування території України, згідно із яким басейни річок Псел та Ворскла віднесені до Лівобережно-Дніпровської провінції, області пліоцен-неогенових відкладень [6].

Пізніше під керівництвом В. К. Хільчевського було виконане районування території водозбору р. Дніпро за гідролого-гідрохімічними характеристиками у період мінімального стоку, згідно із яким за хімічним типом води річки Псел та Ворскла віднесені до гідрокарбонатних натрієво-кальцієвих з середньою мінералізацією 780 мг / дм³ за витрат води 50-95 % забезпеченості [4].

Велика за своїм об'ємом робота з просторово-часових узагальнень мінералізації, концентрацій основних іонів, важких металів, показника ХСК (хімічне споживання кисню) та інших була виконана В. К. Хільчевським, В. І. Осадчим,

С. М. Курило для всієї території України, включаючи досліджувані річки та їх притоки [7].

У роботах Й. В. Гриба, М. О. Клименка та В. В. Сондака [8] річка Ворскла (нижче міста Полтава) описана як типова серед річок, якість вод яких суттєво погіршена господарсько-побутовим стоком з урбанізованих територій. Шляхом співставлення балансу речовин був оцінений вплив урбанізації на хімічний склад вод нижче м. Полтава на річці Ворскла та м. Суми на річці Псел [9] і установлений приріст суми головних іонів, іонів NH_4^+ та POH_4^{3-} та фосфору нижче цих міст. Досить детально гідрохімічний та гідроекологічний стан річок Псел та Ворскла описаний у роботах О. О. Винарчук та В. К. Хільчевського [10], які дослідили зв'язок мінералізації із водністю річок і запропонували для кількісної оцінки динаміки середньої багаторічної мінералізації використовувати коефіцієнт галінності. У цій роботі показано, що води досліджуваних річок знаходяться під дією антропогенних чинників, внаслідок чого відбулося зростання концентрацій іонів SO_4^{2-} , Cl^- . Авторами була надана екологічна оцінка якості річкових вод Псел та Ворскла (2013 р.). Екологічний стан був визначений за період 1989-2009 рр. згідно із методикою «екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (1998 р.) з використанням середньорічних індексів сольового, еколого-санітарного блоків та блоку речовин токсичної дії. Було показано, що найбільший вплив на якість природних вод чинять речовини, які використовуються при розрахунках еколого-санітарних показників (завислі речовини, прозорість, сполуки азоту та фосфору, вміст кисню). Взаємодія водності та стоку по річках Сула, Псел та Ворскла представлена у роботах Курило С. М. та О. О. Винарчук [11], у якій виявлені тенденції до зменшення обсягів весняної повені і зростання водності у меженні періоди за рахунок внутрішньорічного перерозподілу стоку. Зростанням частки підземних більш мінералізованих вод у період весняного водопілля пояснено збільшенням мінералізації підчас весняної повені. Зростання мінералізації річкових вод та вмісту головних іонів відбувається також на протязі періоду від весняної повені до зимової межені.

Безпосередньо питання впливу глобального потепління на якість вод розглядалось у дисертаційній роботі Пилип'юка В. В. (2016 р.), виконаної під керівництвом Н. С. Лободи та у дисертації Є. М. Павельчука (2017 р.), виконаної під керівництвом С. І. Сніжка і присвяченій річкам

Житомирського Полісся [12]. Авторами цієї монографії надається прогноз змін мінералізації річок в залежності від їх водності, розрахованої за кліматичними сценаріями з використанням водно-балансової моделі, запропонованій польським гідрологом Kaszmarek (1993). У роботі Пилип'юка В. В. [17] розглядаються основні напрямки опосередкованого впливу змін клімату на концентрації забруднюючих речовин у воді та можливість урахування цих змін у сучасних показниках якості води.

3. ОПИС ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Водозбори річок Псел та Ворскла знаходяться у Східному районі Дніпровсько-Донецької нафтогазоносною провінції. Верхня частина розглядуваних водозборів розташована у межах Курської магнітної аномалії (територія Російської Федерації), де відбувається видобуток залізної руди. У нижній течії річок розташоване Кременчуцьке залізорудне родовище, де видобуваються залізо та марганцеві руди. Установлено, що за обсягом водокористування в басейнах досліджуваних річок головне місце займає промисловість, на яку припадає 45 % загального водоспоживання. Майже 83 % усієї забраної води використовує енергетика, чорна металургія та хімічна промисловість. З території Російської Федерації до річок надходять сульфати, хлориди, азот мінеральний, фосфор та залізо. На території Російської Федерації використані води скидаються майже неочищеними. На території України очищується близько 77 % скидних вод р. Псел та 90 % р. Ворскла [13].

Гідрохімічний склад вод річок Псел та Ворскла досліджувався у період з 1990 по 2011 рр. включно. Були розглянуті результати 442 гідрохімічних вимірювань на р. Ворскла та 305 – на р. Псел. Оцінка якості вод проводилась за декількома методами: на основі розрахунків індексу забруднення вод (ІЗВ) [14] та розрахунків за критеріями шкідливості, розробленими в НДІ гігієни імені Ф. Ф. Ерисмана [15], а також з використанням «методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [16].

Аналіз даних гідрохімічних спостережень та розрахованих показників якості води проводився по гідрологічних сезонах, які відповідають змінам типу живлення річки: весна, зима, літо-осінь. Аналіз даних гідрохімічних спостережень показав, що більшість із них припадає на літньо-осінню межень. Нами установлювалися та порівнювалися показники якості води у різних ство-

рах за багаторічний період, а також для багатоводних, маловодних та середніх за водністю років, окремо.

Оцінка можливих змін клімату була надана на основі моделі “клімат-стік”[2], розробленої в ОДЕКУ з використанням даних кліматичного сценарію А1В [17].

4. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Одним з основних показників якості води, важливим для багатьох водокористувачів, є величина мінералізації води, яка залежить від водного режиму водотоку та витрат води. Установлено, що мінералізація вод досліджуваних річок Псел та Ворскла найбільш висока в період їх живлення підземними водами з глибоко розташованих водоносних горизонтів, які складаються з легко розчинних гідрокарбонатних порід. Чим більшу частку річкового стоку складають води глибоких водоносних горизонтів, тим вище мінералізація вод. Установлена досить тісна залежність мінералізації води від витрат води (рис. 1). Такого типу залежності відкривають можливості прогнозування мінералізації від установлених за кліматичними сценаріями витрат води у роки різної водності та гідрологічні сезони [18].

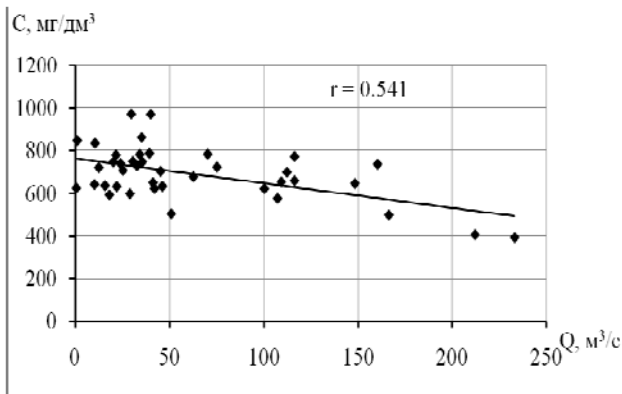


Рис. 1 - Залежність річних значень мінералізації від витрат води в створі р. Псел – с. Запсілля (в межах села) [19].

Аналіз розподілу мінералізації по сезонах дозволив встановити, що в маловодні роки, коли протягом усього року переважає підземне живлення, суттєвих її змін не спостерігається. Так, у маловодний 1992 рік (р. Ворскла – с. Чернеччина, об'єм річного стоку $W = 236$ млн. m^3) діапазон зміни мінералізації протягом року знаходився у межах 960-1090 mg/dm^3 . У багатоводний ($W = 528$ млн. m^3) 1996 рік (рис. 2) в період зимової межени мінералізація становила 1070 mg/dm^3 ($Q = 2,85 m^3/s$), а на піку весняної повені – лише 326 mg/dm^3

($Q = 133 m^3/s$), що підтверджує існування зв'язку між водністю річки і показниками мінералізації[20].

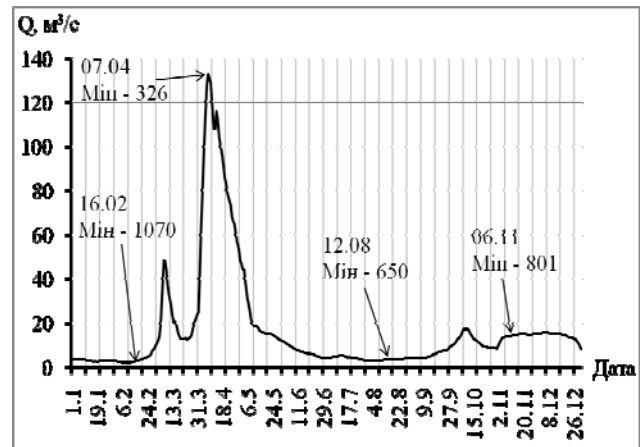


Рис. 2. - Гідрограф стоку у створі р. Ворскла – с. Чернеччина з датами відбору проб та величинами мінералізації, mg/dm^3 (1996 р. – багатоводний)

Велике значення для характеристики хімічного складу вод та їх якості мають біогенні сполуки, хоча їх кількість зазвичай невелика і пов'язана з життєдіяльністю водних організмів. Важливе місце посідають мінеральні сполуки азоту, фосфору, кремнію, заліза, а також кисень. За отриманими даними найбільша кількість нітритів на річках Псел та Ворскла спостерігалася у зимовий сезон, а найменша – у літній сезон, коли інтенсифікується діяльність фітопланктону [21]. Нітрати містяться у воді в значно більшій кількості ніж нітрити, змінюючись у середньому від 0 до 5 mg/dm^3 , оскільки вони є кінцевим продуктом процесу розпаду органічної речовини. Вони також споживаються фітопланктоном, тому в літній межений період їх дуже мало у воді, проте в зимову межень їх кількість зростає в десятки разів.

Найбільш стійкими з біогенних елементів є сполуки фосфору. Вміст розчиненого мінерального фосфору в водах досліджуваних річок зазвичай коливається незначно (0-0,2 mg/dm^3) з максимумом в зимовий сезон. Вміст заліза змінюється в часі значно більшою мірою. У літню межень кількість заліза у воді найменша внаслідок інтенсивного фотосинтезу і значної аерації води, що сприяє розвитку рослинності. У зимову межень споживання заліза рослинами припиняється, утворення окисного заліза з закисного в результаті припинення аерації практично не відбувається і тому вміст заліза помітно зростає. Води річок Псел та Ворскла містять значні концентрації заліза, які можуть перевищувати ГДК питного водопостачання в кілька разів [21].

За останні два десятиріччя кількість випадків перевищення середньої за рік концентрації заліза над ГДК ($0,1 \text{ мг/дм}^3$ для рибогосподарського водоспоживання) для річок Псел і Ворскла приймала значення більше 75 %. У межах року концентрація заліза загального може значно варіювати, досягаючи максимальних значень в період весняного водопілля ($2,75 \text{ мг/дм}^3$) і мінімальних – влітку. Вміст кремнію в водах річок Псел та Ворскла також досягає максимального значення в зимовий сезон, коли річки живляться переважно підземними водами, які вносять цей елемент у річкову воду. В літній сезон відбувається споживання кремнію діатомовими водоростями. При цьому різниця між вмістом кремнію в зимову і літню межень досить велика. Наприклад, на р. Псел у м. Суми в зимову межень кількість кремнію становила $4,1 \text{ мг/дм}^3$, навесні – $3,0 \text{ мг/дм}^3$, а влітку його концентрація знижується до $1,4 \text{ мг/дм}^3$ (2003 р. максимальний за водністю рік). За розглянутий період (1990-2012 рр.) гідрохімічних спостережень кількість випадків перевищення ГДК кремнію для питного водопостачання становила лише 15 %, що спостерігалось у зимовий сезон.

Дуже важливим показником забруднення природних вод є наявність в них розчиненого кисню, який впливає на біохімічні процеси, що протікають у водному середовищі. Ступінь забруднення води також може характеризуватися біологічним показником забруднення (БПЗ), який являє собою відношення кількості біологічного споживання кисню за пентаду (БСК_5) до перманганатної окиснюваності, яка в межений період має найменшу величину при зростаючому БСК. Вміст кисню у воді значною мірою залежить від площі відкритої водної поверхні, швидкості течії води і турбулентного перемішування водних мас, температури води (рис. 3). Саме в зимовий межений період більшість цих

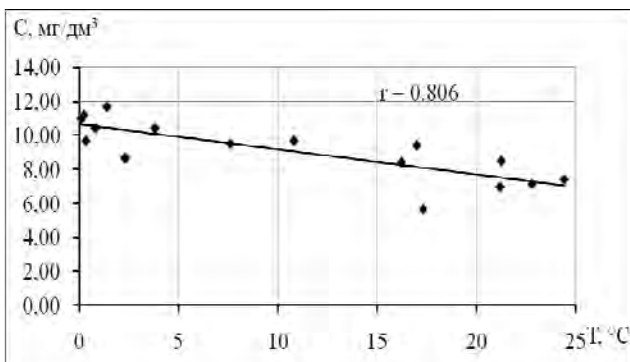


Рис. 3 - Залежність концентрації кисню від температури води в створі р. Ворскла - м. Полтава (в межах міста)

характеристик досягає найменших значень (особливо коли річка вкривається льодом і течія уповільнюється) і, отже, не сприяє підвищенню вмісту кисню у воді (рис. 4). Чим довший зимовий межений період, тим гостріше відчувається нестача кисню у воді. До того ж, зниження концентрації кисню у воді збільшує сприйнятливність організмів до впливу токсичних речовин, що потрапляють у водотоки, і різко зменшує здатність води до самоочищення [14].

Для річки Псел найбільші порушення кисневого режиму і замори риб мають місце у зимову межень. На річці Ворскла, особливо у її нижній течії, через малу водність (у порівнянні із річкою Псел) найбільш несприятливим для кисневого режиму є сезон літо. Зростання температури повітря у літню межень забезпечує зростання температури води, що спричиняє ефект евтрофікації [3].

При недостатній кількості кисню у воді в кілька разів знижується швидкість біохімічного розкладання нафтопродуктів, які потрапляють у річку з поверхні. Допустимий вміст нафтопродуктів у воді не повинен перевищувати $0,05 \text{ мг/дм}^3$ для рибогосподарського водоспоживання [22]. Концентрація нафтопродуктів значною мірою залежить від витрат води в річці (за інших рівних умов), та температур води. Взимку, коли температура води низька, розкладання нафтопродуктів відбувається повільно. Тому у зимову межень вплив нафтопродуктів на якість води буде найбільшим.

Значно порушують біологічні процеси у воді та погіршують її якість феноли, що потрапляють в річки зі стічними водами підприємств хімічної промисловості (лісохімічної, коксохімічної, сланцевої, анілінофарбової та ін.). Найбільш токсичними є одноатомні феноли. Їх гранично допустима концентрація (ГДК для питного водопостачання) у воді не повинна перевищувати 1 мкг/дм^3 . Найбільш інтенсивне розкладання фенолів відбувається при високій температурі води і різко знижується при температурі води нижче $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Тому в літній межений період, коли глибини на річках невеликі та річкові води добре прогріваються, вміст фенолів зменшується. Однак зниження концентрації кисню у воді затримує цей процес. Швидкість розкладання фенолів залежить також від цілої низки причин, що включають якісний і кількісний склад фенолів, наявність у воді органічних речовин, сірководню, кислих смол та інших хімічних речовин. Отже, в літній межений період вміст фенолів у річках може значно коливатися. У зимовий се-

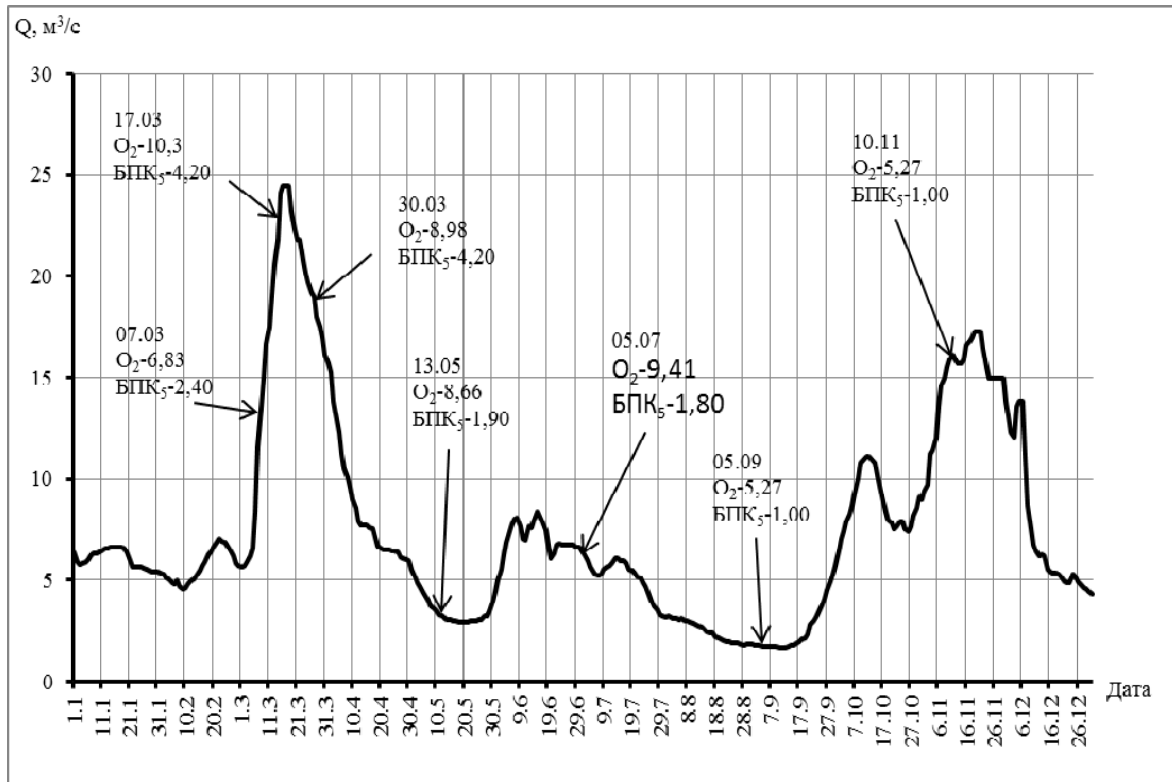


Рис. 4 – Гідрограф за 1992 рік (маловодний) у створі р. Ворскла – с. Чернеччина з датами відбору проб та концентраціями кисню та БСК₅, мг/дм³

зон, коли температура води та вміст у ній кисню стають достатньо низькими, концентрація фенолів може збільшитися і зберігатися такою тривалий час. У цьому відношенні зимова межень є найбільш несприятливим з точки зору формування екологічного стану періодом. Установлено, що на річках Псел та Ворскла визначальним фактором зміни вмісту у воді фенолів є температура води. Наприклад, найбільші значення концентрації фенолів у створі р. Ворскла – с. Чернеччина спостерігалися у весняне водопілля (1994 р. середній за водністю) і становили 0,012 мг/дм³ на піку гідрографа (02.04.1994 р. (середній за водністю), температура води дорівнювала 0,6 °С) і 0,019 мг/дм³ (13.04.1994 р., температура води дорівнювала 1,2 °С) на його спаді. На якість річкових вод великий вплив можуть чинити значні за розміром забори води для забезпечення промислових і комунально-побутових потреб міст, а також для задоволення попиту сільського господарства, особливо для зрошення. Інтенсивне споживання річкових вод може призвести до істотної зміни в них біохімічних процесів, вплинути на температурний режим, викликати перевантаження річки стічними водами. Тому при здійсненні водозаборів з річок

у межений період необхідно залишати в них певну величину витрат води (четверту чи третю частину загального річного стоку, тобто витрату води, яка відповідає величині сталого підземного живлення річки), що відповідає санітарним вимогам. У цьому плані доцільно виконувати аналіз якісного стану річки в межень маловодних років [23].

За розрахунками згідно із методикою екологічної оцінки якості річкових вод можна зробити такі основні висновки: щодо якісного стану вод річок Псел та Ворскла за середнім значенням екологічного індексу - клас якості вод – III; категорія якості води - 4; назва класів якості вод за їх станом – «задовільні»; назва категорій якості вод за їх станом – «задовільні»; назва класів якості вод за ступенем їх чистоти – «забруднені»; назва категорій якості вод за ступенем їх забрудненості – «слабко забруднені» (табл. 1).

За максимальним значенням екологічного індексу для річок Псел та Ворскла: клас якості вод – III; категорія якості води - 5; назва класів якості вод за їх станом – «задовільні»; назва категорій якості вод за їх станом – «посередні»; назва класів якості вод за ступенем їх чистоти – «забруднені»; назва категорій якості вод за ступе-

нем їх забрудненості – помірно забруднені (табл. 1).

Встановлено, що за розглянутий період у відповідності з індексом ІЗВ (індекс забруднення води) якість вод річок Псел та Ворскла характеризувалася як «помірно забруднені» у всі сезони (табл. 2, 3).

Згідно з методикою НДІ ім. Ф. Ф. Ерисмана забруднення річки Ворскла є більшим ніж річки Псел, через більшу водність останньої. За органолептичним критерієм води обох річок є «надзвичайно забрудненими» і найбільше забруднення спостерігається весною, коли відбувається змив забруднюючих речовин талими водами з поверхні (табл. 4, 5). За санітарно-токсикологічним критерієм рівень забруднення р. Псел є «помірним», а р. Ворскла – «високим». Теж саме встановлено при використанні санітарного критерію. У період межені за санітарним

критерієм забруднення р. Ворскла зростає у сезони літо-осінь та зима, що пов'язане із погіршенням кисневого режиму (табл. 6, 7, 8, 9).

Перевищення гранично-допустимих концентрацій на досліджуваних річках є характерним для вмісту Fe й Mg, а також СПАР та фенолів.

Розрахунки та прогноз [17,24,25] змін водних ресурсів річок Псел та Ворскла в умовах змін клімату був виконаний за моделлю «клімат-стік», розробленою в Одеському державному екологічному університеті [26]. Розрахунки середніх багаторічних величин річного кліматичного стоку \bar{Y}_K за 30-ти річні періоди (1951-1989 рр., 1990-2030 рр., 2031-2060 рр., 2061-2100 рр.) з використанням даних сценарію А1В (М10) дозволили установити, що за рахунок збільшення теплоенергетичних ресурсів клімату \bar{E}_m до 2100 року можливе зменшення водних ресурсів досліджуваних річок на 19-22 %.

Таблиця 1 – Екологічна оцінка якості вод річок Псел та Ворскла

Водний об'єкт	Клас (категорія)	Характеристика	
		за станом	за чистотою
р. Псел			
середні значення показників	III (4)	задовільні	слабко забруднені
найгірші значення показників	III (5)	посередні	помірно забруднені
р. Ворскла			
середні значення показників	III (4)	задовільні	слабко забруднені
найгірші значення показників	III (5)	посередні	помірно забруднені

Таблиця 2 – Розподіл індексу ІЗВ по всій довжині р. Ворскла за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	ІЗВ	Клас вод за ІЗВ
Весна	1,37	Помірно забруднений
Літо-осінь	1,52	Помірно забруднений
Зима	1,43	Помірно забруднений

Таблиця 3 – Розподіл індексу ІЗВ по всій довжині р. Псел за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	ІЗВ	Клас ІЗВ
Весна	1,89	Помірно забруднений
Літо-осінь	1,35	Помірно забруднений
Зима	1,31	Помірно забруднений

Таблиця 4 – Розподіл органолептичного критерію якості вод по всій довжині р. Ворскла за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення W_{op}	Рівень забруднення
Весна	2,83	Надзвичайно високий
Літо-осінь	2,45	Надзвичайно високий
Зима	2,33	Надзвичайно високий

Таблиця 5 – Розподіл органолептичного критерію якості вод по всій довжині р. Псел за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення W_{op}	Рівень забруднення
Весна	4,01	Надзвичайно високий
Літо-осінь	3,50	Надзвичайно високий
Зима	3,76	Надзвичайно високий

Таблиця 6 – Розподіл санітарно-токсикологічного критерію якості вод по всій довжині р. Ворскла за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення $W_{ст}$	Рівень забруднення
Весна	4,98	Високий
Літо-осінь	3,98	Високий
Зима	3,24	Високий

Таблиця 7 – Розподіл санітарного критерію якості вод по всій довжині р. Ворскла за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення W_c	Рівень забруднення
Весна	4,17	Високий
Літо-осінь	4,38	Високий
Зима	4,43	Високий

Таблиця 8 – Розподіл санітарного критерію якості вод по всій довжині р. Псел за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення W_c	Рівень забруднення
Весна	1,59	Помірний
Літо-осінь	1,21	Помірний
Зима	1,53	Помірний

Таблиця 9 – Розподіл санітарно-токсикологічного критерію якості вод по всій довжині р. Псел за сезонами у середньому за період 1990 – 2012 рр.

Сезони	Критерій забруднення $W_{ст}$	Рівень забруднення
Весна	1,08	Помірний
Літо-осінь	2,42	Помірний
Зима	2,11	Помірний

Оцінка кліматичних чинників та величини норм річного кліматичного стоку виконувались і за іншими сценаріями групи А1В та сценарієм А2. Співставлення величин \bar{E}_m, \bar{X} (опад), \bar{Y}_K , визначених за моделлю «клімат – стік» та за сценарними даними у період 1951 – 1989 рр., показали, що найкращі результати відносяться до моделей М5 та М10 з групи сценаріїв А1В. Згідно із моделлю М5, до 2100 року можливе зменшення водних ресурсів на 20 – 30% [17]. Усі розглянуті моделі сценарію А1В показують сталу тенденцію до зменшення водних ресурсів. Важливою рисою можливих змін клімату у май-

бутньому є зростання температури повітря як за рік і теплий, так і холодний періоди року з переходом від від’ємних температур повітря до додатних (рис. 5, рис. 6). Потепління у зимовий сезон та відповідний зсув дат утворення льодового покриву на більш пізні строки, а скресання - на більш ранні, зменшення товщини льодового покриву сприятимуть покращенню кисневого режиму і посилять здатність вод до самоочищення. Проте зростання температур повітря у теплий період викличе відповідне збільшення температури води, що призведе до погіршення якості вод, яке буде посилюватися на фоні зменшення стоку води у річках.

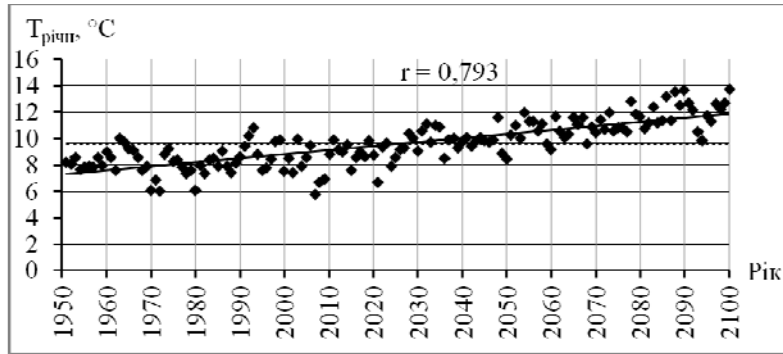


Рис. 5 - Хронологічний хід середніх річних температур повітря за сценарієм А1В (М10), м. Полтава, 1951-2100 рр. (♦♦♦ - середнє багаторічне значення, — - лінія тренду)

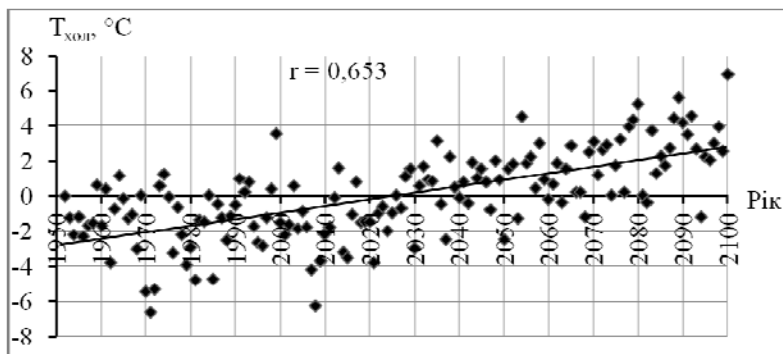


Рис. 6 - Хронологічний хід температур повітря холодного періоду (ХІ-ІІІ міс.) за сценарієм А1В (М10), м. Полтава, 1951-2100 рр. (♦♦♦ - середнє багаторічне значення, — - лінія тренду)

5. ВИСНОВКИ

На базі даних гідрохімічних спостережень (1990 – 2012 рр.) встановлено, що води досліджуваних річок забруднені кремнієм, залізом, нафтопродуктами, фенолами та СПАР. Показано, що у своїй більшості концентрації цих речовин змінюються по гідрологічних сезонах і залежать від температурного та кисневого режиму річок та їх водності.

Оцінки якості води надавалися за методикою екологічної оцінки якості вод, індексом забруднення (ІЗВ), та критеріями освітленими в методиці «НДІ гігієни ім. Ф. Ф. Ерисмана». Офіційна методика оцінки якості води за сумарним екологічним індексом надає згладжені результати. Індекс якості ІЗВ не враховує більшість тих забруднюючих речовин, що виявлені у досліджуваних річках.

Найбільш точно оцінки якості води з виділенням основних забруднювачів можливо отримати за критеріями шкідливості.

Показано, що органолептичне забруднення пов'язане із кисневим режимом річок: втратами кисню на окиснення органічних речовин (БСК,

ХСК); санітарне забруднення – із значним вмістом у воді фенолів, СПАР; санітарно – токсикологічне забруднення – із вмістом заліза та мангану. У роботі зазначено, що концентрації усіх цих речовин тісно пов'язана із сезонами року та температурним режимом повітря та води.

Найбільша концентрація біогенних речовин у вигляді нітратів, нітритів, фосфатів і кремнію утворюється в зимовий сезон, коли мають місце низькі температури, утруднений повітрообмін, і відсутність фітопланктону. У зимовий сезон, коли спостерігається низька температура води і нестача кисню, зменшується концентрація таких забруднюючих речовин, як нафтопродукти, феноли, СПАР. Зростання концентрацій забруднюючих речовин у сезон зима знайшло своє відображення у показниках якості води при застосуванні санітарного критерію (р. Ворскла). Вплив фенолів, СПАР та нафтопродуктів проявився у виді найбільшого показника забруднення у літньо-осінню межень для р. Псел при розрахунках санітарно-токсикологічного критерію.

Установлено, що вплив змін клімату на абіотичні чинники екосистем проявляється насампе-

ред у змінах водності та температурного режиму вод річок.

Дослідження наслідків впливу змін клімату на гідроекологічний стан водних об'єктів має бути продовженим на протязі наступних років та десятиріч і потребує розширення мережі моніторингу якості річкових вод і більшої частоти спостережень особливо у сезони зимової межени та весняного водопілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/factsfigures/guidance.docs.en/html>
2. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: "ТЕС", 2015. 520 с.
3. Романенко В. Д. Основи гідроекології: учебник. К.: Генеза, 2004. 664 с.
4. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. І. та інш.; за ред. В. К. Хільчевського. К.: Ніка-центр, 2007, 184 с.
5. Гребін В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010, 316 с.
6. Горев Л. М., Пелешенко В. І., Кирничний В. В. Методика оптимізації природного середовища проживання. К.: Либідь, 1992, 528 с.
7. Хільчевський В. К., Осадчий В. І. Курило С. М. Основи гідрохімії. К.: Ніка-Центр, 2012, 312 с.
8. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Волинські береги, 1999, Т. 2. 347 с.
9. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. П., Набиванець Ю. Б. К.: Ніка-Центр, 2008. 656 с.
10. Винарчук О. О., Хільчевський В. К. Умови формування хімічного складу води та вивченість гідрохімічного режиму річок лівобережного лісостепу // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 18. С. 219-229.
11. Курило С. М., Винарчук О. О. Багаторічні зміни мінералізації і вмісту головних іонів у воді р. Псел та аналіз їх взаємозв'язку із водністю // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2012. Т. 1. С. 95-101.
12. Павельчук Є. М., Сніжко С. І. Гідролого-гідрохімічні характеристики річок Житомирського Полісся в умовах глобального потепління. Житомир: Видавництво Волинь, 2017. 240 с.
13. Шевчук В., Мазуркевич О., Навроцький В. Екологічне оздоровлення Дніпра. К.: 2001. 267 с.
14. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 262 с.
15. Емельянова В. П., Данилова Г. Н., Колесникова Т. Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. 1983. Т. LXXXVIII. С. 119-129.
16. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: Символ, 1998. 28 с.
17. Пилип'юк В. В. Гідролого-гідрохімічні характеристики

- та якість вод річок Псел та Ворскла: Дис. канд. геогр. наук: 11.00.07. Одеса, 2016. 253 с.
18. Лобода Н. С., Пилип'юк В. В. Тенденції зміни водності та якості води річок Псел та Ворскла на початку XXI сторіччя // Україна: географія цілей та можливостей. 2012. Т. 1. С. 192-195.
 19. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Assessment of water quality of the Psel river using hydrochemical indicators in the different seasons of year. *Sustainable development*, 2014, no. 16, pp. 114-117.
 20. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Evaluation of ability for natural purification of the Psyol and Vorskla rivers. *International Journal of Research in Earth & Environmental Sciences*, 2015, no. 1 pp. 28-32.
 21. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Hydrochemical composition of Psyol and Vorskla river waters under conditions of anthropogenic influence. *European Applied Sciences*, 2014, no 7 pp. 57-60.
 22. Юрасов С. М., Кур'янова С. О., Юрасов М. С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення // Український гідрометеорологічний журнал. 2009. №5. С. 42-53.
 23. Владимиров А. М. Сток рек в маловодный период года. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 295 с.
 24. Лобода Н. С., Пилип'юк В. В. Визначення водних ресурсів річок Псел та Ворскла з урахуванням впливу підстильної поверхні на базі моделі «клімат - стік» // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2015. Т. 2 (37). С. 48-55.
 25. Лобода Н. С., Пилип'юк В. В. Тенденції зміни водності та якості води річок Псел та Ворскла на початку XXI сторіччя // Україна: географія цілей та можливостей. 2012. Т. 1. С. 192-195.
 26. Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: моногр. Одесса: Экология, 2005. 208 с.

REFERENCES

1. <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/factsfigures/guidance.docs.en/html>
2. Stepanenko S. M., Pol'ovyy A. M., Loboda N. S. etc. *Klimatychni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrayiny* [Climate change and their impact on the spheres of economy of Ukraine]. Odessa: "TES", 2015. 520 p. (Eds: S. M. Stepanenko, A. M. Pol'ovyy).
3. Romanenko V. D. *Osnovy gidroekologii* [Fundamentals of hydroecology]. Kyiv: Geneza, 2004. 664 p.
4. Khil'chev'sky V. K., Romas' I. M., Romas' M. I. etc. *Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka mini-mal'noho stoku richok baseynu Dnipro* [Hydro-hydrochemical characteristic of the minimum runoff of the Dnipro River basins]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2007. 184 p. (Ed.: V. K. Khil'chev'skyi)
5. Hrebin' V. V. *Suchasnyy vodnyy rezhym richok Ukrayiny (landshafino-hidrolohichnyy analiz)* [Modern water regime of the rivers of Ukraine (landscape-hydrological analysis)]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2010. 316 p.
6. Horev L. M., Peleshenko V. I., Kyrnychnyy V. V. *Metodyka optymizatsiyi pryrodnoho seredovyscha prozhyvannya* [Method of optimizing the natural habitat]. Kyiv: Lybid', 1992. 528 p.
7. Khil'chev'sky V. K., Osadchyy V. I., Kurylo S. M. *Osnovy hidrokhiymi* [Basics of hydrochemistry]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2012. 312 p.
8. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. *Vidnovna hidroekolohiya porushenykh richkovykh ta ozernykh system*

- (hidrokhimiya, hidrobiolohiya, hidrolohiya, upravlinnya) [Reducing hydroecology of disturbed river and lake systems (hydrochemistry, hydrobiology, hydrology, management)]. Volyns'ki oberehy, 1999, T. 2. 347 p.
9. Osadchyy V. I., Nabyvanets' B. Y., Osadcha N. P., Nabyvanets' Yu. B. *Hidrokhimichnyy dovidnyk. Poverkhnevi vody Ukrainy. Hidrokhimichni rozrakhunky. Metody analizu* [Hydrochemical Directory. Surface water of Ukraine. Hydrochemical calculations. Methods of analysis]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2008. 656 p.
 10. Vynarchuk O. O., Khil'chevs'kyi V. K. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2010, vol. 18, pp. 219-229. (In Ukrainian)
 11. Kurylo S. M., Vynarchuk O. O. *Hidrolohiya, hidro-khimiya i hidroekolohiya – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2012, vol. 1, pp. 95-101. (In Ukrainian)
 12. Pavel'chuk Ye. O., Snizhko S. I. *Hidroloho-hidrokhimichni kharakterystyky richok Zhytomyr'skoho Polissya v umovakh hlobal'noho poteplynnia* [Hydrological and hydrochemical characteristics of the Zhytomyr Polissya rivers in the conditions of global warming]. Zhytomyr: "Volyn" Publ., 2017. 240 p.
 13. Shevchuk V., Mazurkevych O., Navrots'kyi V. *Ekolohichne ozdorovlennya Dnipra* [Ecological recovery of the Dnieper]. Kyiv, 2001. 267 p.
 14. Snizhko S. I. *Otsinka ta prohnozuvannya yakosti pryrodnykh vod* [Estimation and prediction of natural water quality]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2001. 262 p.
 15. Emel'yanova V. P., Danylova H. N., Kolesnykova T. Kh. *Gydrokhymicheske materyaly – Hydrochemical materials*, 1983, vol. LXXXVIII, pp. 119–129. (In Russian)
 16. Romanenko V. D., Zhukyns'kyi V. M., Oksiyuk O. P. *Metodyka ekolohichnoyi otsinky yakosti poverkhnelykh vod za vidpovidnyimi katehoriyamy* [Methodology of ecological assessment of surface water quality in appropriate categories]. Kyiv: "Simvol" Publ., 1998. 28 p.
 17. Pilipyuk V. V. *Hydrological and hydrochemical characteristics and quality of the waters of the Psel and Vorskla rivers*. Dys. of the cand. geogr. scien: 11.00.07. Odessa, 2016. 253 p. (In Ukrainian)
 18. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. *Ukrayina: Heohrafiya tsiley ta mozhyvostey – Ukraine: Geography of Goals and Opportunities*, 2012, vol. 1, pp. 192-195. (In Ukrainian)
 19. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Assessment of water quality of the Psel river using hydrochemical indicators in the different seasons of year. *Sustainable development*, 2014, no. 16, pp. 114-117.
 20. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Evaluation of ability for natural purification of the Psyol and Vorskla rivers. *International Journal of Research in Earth & Environmental Sciences*, 2015, no. 1 pp. 28–32.
 21. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. Hydrochemical composition of Psyol and Vorskla river waters under conditions of anthropogenic influence. *European Applied Sciences*, 2014, no 7 pp. 57–60.
 22. Yurasov S. M., Kur'yanova S. O., Yurasov M. S. *Ukr. gidrometeorol. ž. – Ukr. hydrometeor. j.*, 2009, no. 5, pp. 42–53. (In Ukrainian)
 23. Vladimirov A. M. *Stok rek v malovodnyy period goda* [Stock of rivers in low-water period of the year]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976. 295 p.
 24. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. *Hidrolohiya, hidro-khimiya i hidroekolohiya – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2015, vol. 2 (37), pp. 48-55. (In Ukrainian)
 25. Loboda N. S., Pilipyuk V. V. *Ukrayina: Heohrafiya tsiley ta mozhyvostey – Ukraine: Geography of Goals and Opportunities*, 2012, vol. 1, pp. 192-195. (In Ukrainian)
 26. Loboda N. S. *Raschety i obobshcheniya kharakteristik godovogo stoka rek Ukrainy v usloviyakh antropogen-nogo vliyaniya* [Calculations and generalizations of the characteristics of annual flow of rivers of Ukraine in the conditions of anthropogenic influence]. Odessa, 2005. 208 p.

CLIMATE CHANGES AND THEIR POSSIBLE CONSEQUENCES IN FORMATION OF WATER QUALITY (ON THE EXAMPLE OF PSYOL AND VORSKLA RIVERS)

N. S. Loboda, prof., doc. geogr. sciences

V. V. Pilipyuk, head of the GGWR lab.

*Odessa State Environmental University,
15, Lvivs'ka St., 65016 Odesa, Ukraine, magnus@ukr.net*

In the given work the actual scientific and methodical questions of the estimation of the influence of modern changes of climatic characteristics on the formation of structural hydrochemical composition of surface waters and indicators of river water quality were investigated.

The basis of the calculations is the research of changes in the basic hydrochemical parameters (chlorine ions, sodium, magnesium, iron, silicon, and also concentrations of oxygen dissolved in water, phosphates, nitrites, nitrates, mineralization) of the water of the Psyol and Vorskla rivers and quantitative estimates of the suitability of the water of given rivers for the main ways of water usage.

The main pollutants were also identified, the degree of pollution of water by individual chemicals in the form of multiplicity of exceeding the normative maximum permissible concentrations (MPC) was estimated and the relation between the level of pollution of the river and the existing abiotic factors of the aquatic ecosystems is shown.

The tendency towards reduction of water resources according to the climate scenario A1B is determined as well as growth of air temperatures during the warm and cold time of the year. Interconnection of these factors with processes of water quality formation is shown. The obtained re-

sults showed the existence of important connections between the above-described climatic and hydrological factors as well as hydrochemical and qualitative characteristics of the surface mode of water bodies of the Dnipro river.

The scientific value of obtained results is particularly valuable because the studied water-courses (the Psyol and Vorskla rivers) have a transboundary status and a special mode for the usage of quantitative and qualitative indicators of their aquatic and biological resources within the limits of international environmental legislation.

Key words: changes of temperature conditions, water content changes, concentration of pollutants, water quality indicators.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕК ПСЕЛ И ВОРСКЛА)

Н. С. Лобода, проф., д-р геогр. наук

В. В. Пилипюк, зав. лаб. ГГВИ

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская 15, 65016 Одесса, Украина, magnus@ukr.net*

В работе рассматриваются актуальные вопросы влияния климатических изменений на качество речных вод. Основой расчетов являются исследования изменений гидрохимических показателей (ионы хлора, натрия, магния, железа, кремния, а также концентрации кислорода, фосфатов, нитритов, нитратов, минерализаций) воды рек Псел и Ворскла и количественных оценок качества их вод. Выделены основные загрязняющие вещества и показана связь между загрязнением реки и абиотическими факторами. Установлена тенденция к уменьшению водных ресурсов по климатическому сценарию А1В, повышения температур воздуха за теплый и холодный периоды года, показана их связь с процессами формирования качества вод.

Ключевые слова: изменения температурного режима, изменения водности, концентрации загрязняющих веществ, показатели качества воды.

Дата першого подання: 06.09.2017

Дата надходження остаточної версії: 09. 11. 2017

Дата публікації статті: 30. 11. 2017