

УДК 556.161

ЗАКОНОМІРНОСТІ КОЛИВАНЬ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК УКРАЇНИ ПРИ ЗМІНАХ КЛІМАТУ НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОРІЧЧЯ

Лобода Н.С.

Одеський державний екологічний університет

Ключові слова: коливання річного стоку, індекси атмосферних процесів, зміни глобального клімату

Стан проблеми. Основні атмосферні процеси, які визначають клімат над Європою та значною частиною Азіатського материка, формуються над Північною Атлантикою й прилеглими територіями. У Північній та Південній півкулях в полях тиску виділяються області високого й низького тиску, які прийнято називати центрами дії атмосфери [8]. Центри дії атмосфери характеризують райони, де переважає циклонічна або антициклонічна діяльність. У районі Ісландії повторюваність циклонів найбільша й при осередненні полів тиску тут формується глибока депресія, що отримала назву Ісландської. Підвищена повторюваність антициклонів в Північній півкулі обумовлена впливом Азорському максимуму. Термобаричні взаємодії в системі “океан-атмосфера” між центрами дії атмосфери отримали назву коливань. Північноатлантичне коливання (ПАК) є аномаліями тиску, які періодично змінюються в районі Північної Атлантики. Різниця тиску, яка виникає між центрами дії атмосфери (Ісландським мінімумом та Азорським максимумом), визначає меридіональний градієнт тиску [7]. Північноатлантичне коливання розглядається як частина масштабнішого Арктичного коливання. Арктичним коливанням (Арктична осциляція) є періодичне посилення та ослаблення арктичного максимуму атмосферного тиску. Ослаблення Арктичного максимуму пов'язане з посиленням циклонічної діяльності над Арктичним басейном, підвищенням температури повітря, збільшенням опадів [9]. Північноатлантичне коливання перерозподіляє атмосферні маси між Північним Атлантичним субтропічним максимумом (Азорським) та полярним мінімумом (Ісландським), визначаючи тим самим кліматичну мінливість від східного узбережжя США до Сибіру, а також від Арктики до субтропічної Атлантики. Характеристиками Північноатлантичного коливання є так звані індекси ПАК [9]. Індекси Північноатлантичного коливання (ПАК) можуть бути представлені в такому вигляді: як індекс, який базується на різниці тиску над рівнем моря між Лісабоном (Португалія) і Рейк'явіком (Ісландія) для зимового сезону (грудень – березень); річний, місячний та сезонний індекси, що базуються на різниці тиску над рівнем моря між

Понта Дельгада (Азорські острови) й Рейк'явіком (Ісландія); добовий індекс, побудований на добових даних про аномалії поверхні 500 мб для Північної Півкулі; індекс, який базується на різниці тиску на рівні моря між Азорами, Гібралтаром й Рейк'явіком (Ісландія); індекс, який є першою амплітудною функцією розкладання полів аномалій тиску на рівні моря в Атлантичному секторі для зимового сезону (грудень-березень, грудень-лютий), весняного сезону (березень – травень), літнього сезону (червень-серпень), осіннього сезону (вересень-листопад) та середнього за рік; індекс Арктичного коливання, який є першою компонентою розкладання полів тиску Північної Півкулі за природними ортогональними функціями (20° - 90° п.ш.) у зимовий сезон (грудень-березень). У 80-і роки минулого сторіччя були розкладені за природними ортогональними функціями місячні значення нормалізованих полів аномалій тиску на рівні 500 мб для всієї Північної Півкулі (20° - 90° п.ш.). В результаті було виділено 10 складових, які відображають існування телеконекційних схем в атмосфері [7]. Отримані складові були співвіднесені з Північним Атлантичним коливанням, Тихоокеанською/Північно-Американською схемою; Східно-Атлантичною схемою; Західною Тихоокеанською схемою; Східно-Атлантичною – Північною Тихоокеанською схемою; Скандинавською схемою й так далі. Дані по індексах, отриманих у такий спосіб, наводяться у літературних джерелах, починаючи з 1950 року.

З коливаннями ПАК зв'язують коливання клімату на Європейському континенті. Розглядаються дві фази ПАК – позитивна й негативна. При позитивній фазі ПАК Ісландська депресія заглиблюється, а Азорський антициклон посилюється. При негативній фазі ПАК взаємодія цих центрів послаблюється й центр Азорського антициклону зміщується до берегів Північної Африки. Великі горизонтальні градієнти тиску при позитивній фазі ПАК утворюються взимку. У зв'язку з цим зимовий індекс ПАК розглядається як основний показник формування клімату Європи. ПАК визначає характер бароклінності, положення та інтенсивності західного переносу в атмосфері, траєкторії циклонних вихорів й їх інтенсивність. Позитивні індекси Північно-Атлантичного коливання спостерігаються при посиленні Ісландського мінімуму й Азорського максимуму та зв'язуються з посиленням західних вітрів, підвищенням температур і опадів в Північній Європі й відповідним зниженням штормової діяльності та опадів в Південній Європі. Негативні індекси ПАК супроводжуються збільшенням сухості клімату в Північній Європі й припливом вологих повітряних мас до Південної Європи (Північно-Західне Причорномор'я у межах України). Установлено, що ПАК визначає близько 10% варіації опадів, які проходять через Північну Атлантику в період грудень – лютий й 31% внутрішньорічної мінливості температур [8].

Північноатлантичне коливання містить наступні довготривалі фази: позитивну, таку, що продовжувалася від початку ХХ сторіччя до 1930 року, і негативну, яка сформувалася на початку 40-х років минулого сторіччя та продовжувалася до початку 80-х. У 80-ті роки ХХ сторіччя

індекс ПАК увійшов до позитивної фази, що супроводжувалося м'якими та вологими зимами над Скандинавією й Північною Європою. Ефект впливу ПАК на клімат Європи в значній мірі залежить від локальної циркуляції й топографії усередині окремих регіонів, що в значній мірі виявляється в спеціально розробленому індексі Скандинавської моделі. Скандинавський індекс, на відміну від індексу ПАК, з 80-х років минулого сторіччя знаходиться в негативній фазі. Вплив ПАК на формування гідрометеорологічних полів Західної Європи відомий давно, проте, для території України це питання вивчене недостатньо, особливо з погляду на формування водних ресурсів.

Метою роботи є встановлення закономірностей просторово-часових змін річного стоку річок України у їх зв'язку із змінами характеру атмосферних процесів, які відбувалися наприкінці ХХ і початку ХХІ сторіччя. Вирішення поставленої задачі є особливо важливим для сьогодення, коли відбуваються зміни глобального клімату, що суттєво впливає на формування та розвиток гідрометеорологічних процесів в Україні [1].

Методами досліджень є методи багатовимірною статистичного аналізу (факторний та метод головних компонентів, аналіз хронологічного ходу гідрометеорологічних характеристик на основі згладжування рядів та побудови різницевої інтегральної кривої).

Матеріали досліджень представляють собою ряди річних температур повітря, сум річних опадів та річного стоку на метеорологічних станціях та гідрологічних постах із значним (більше 50 років) періодом спостережень.

При використанні методів багатовимірною статистичного аналізу з метою встановлення стійкості отриманих результатів кількість та довжина рядів спостережень, як залучалися до аналізу, змінювалися. Розрахунки виконувалися як для території України, так і з включенням матеріалів по гідрометеорологічним характеристикам прилеглих територій Західної та Південно-Західної Європи.

До метеорологічних станцій України, що були використані у розрахунках, відносяться Коломия, Рахів, Львів, Тернопіль, Чернівці, Ужгород, Житомир, Київ, Чернігів, Харків, Лубни, Луганськ.

Гідрологічні пости України та прилеглих територій, використані у розрахунках, - р. Дніпро-м. Речиця (Білорусія); р. Сож – м. Гомель (Білорусь); р. Десна – м. Чернігів (Україна); р. П'яч – м. Мозир (Білорусь); р. Дунай – м. Рені (Україна); р. Дністер – с. Заліщики (Україна); р. Південний Буг – с. Олександрівка (Україна); р. Дунай – м. Братислава (Словаччина); р. Тиса – м. Польгар (Угорщина); р. Мюреш – м. Арад (Румунія); р. Сан – р. Радомишль (Польща); р. Західний Буг - м. Вишків (Польща); р. Дон – ст. Раздонська (Росія), р. Німан – р. Смалінінкай (Литва); р. Рейн – м. Кельн (Німеччина); р. Вісла- м. Тзеу (Польща); р. Одер – м. Гоздовіце (Польща).

Результати досліджень. Аналіз різницевих інтегральних кривих річних сум опадів, побудованих за даними метеостанцій України із значною тривалістю спостережень дозволив установити, що існує різниця у коливаннях опадів західної та східної частин України. На території східної частини України суха або негативна фаза коливань спостерігалася з 30-х років 20-го сторіччя до 1964 р., після чого відбувся перехід до позитивної або зволоженої фази, яка тривала до початку 21 сторіччя. Для території західної частини України також була характерна наявність сухої фази у коливаннях річних опадів, яка тривала до 1964 р. З 1965 р. почалася позитивна або зволожена фаза коливань водності, яка з 1982 р. знов перейшла у негативну. Таким чином, можна відзначити, що суттєва різниця у характері коливань опадів заходу та сходу стала проявлятися, починаючи з 1982 р.

У коливаннях середніх за рік температур повітря західної та східної частин України також існує певна відмінність. Холодна (негативна) фаза у ході температур на території західної частини України спостерігалася з початку 50-х і до кінця 80-х років 20-го сторіччя, а на території східної – з кінця 19 сторіччя до 1933 року. Тобто, наприкінці 20-го сторіччя і до початку 21 сторіччя на всій території України встановлюється позитивна або тепла фаза коливань середніх річних температур повітря, що обумовлено єдиним процесом глобального потепління.

Аналіз суміщених різницевих інтегральних кривих річного стоку дозволив виділити дві групи річок, які мають схожий характер коливань водності. Це річки східної частини України, на яких з кінця 40-х років і до 1976-1978 років спостерігалася маловодна фаза стоку, що потім перейшла у багатоводну. До таких річок віднесений р.Сіверський Донець та лівобережні притоки р.Дніпро, включаючи р.Десна. Для річок західної частини України точка перетину різницевих інтегральних кривих, яка відокремлює маловодну фазу від багатоводної, припадає на 1964-1965 рр., але багатоводна фаза триває не до кінця 20-го сторіччя, а лише до 1981 - 1982 рр., після чого річний стік переходить до негативної фази. До річок із західним типом коливань річного стоку відносяться р.Тиса, р.Дністер, р.Прут, р. Прип'ять, р. Західний Буг, р.Південний Буг. За особливостями коливань стоку верхня частина басейну р.Дніпро (до р.Дніпро – м.Речиця, включно) виділяється у окрему групу, для якої характерна маловодна фаза коливань стоку, що триває з початку 40-х років минулого сторіччя. Установлена закономірність коливань зберігається й на нижче розташованих створах (р.Дніпро- м.Київ, р.Дніпро- с.Лоцман-Кам'янка). Цю особливість можна пояснити тим, що значна частина стоку р. Дніпро формується у межах Валдайської височини, тобто у зоні надмірного зволоження. Коливання стоку у створі р.Дніпро – м.Речиця, р.Сож – м.Гомель, р.Неман – с.Смалінінкай відбуваються синхронно.

Таким чином, можна зазначити, що коливання річних опадів та річного стоку мають спільні властивості у межах західної частини України, і не співпадають у східній частині. Зміна фаз водності східної

частини України відбувається із значною інерцією у порівнянні із зміною опадів, через, те що на формування річного стоку значуще впливає процес випаровування.

Застосування Q-модифікації факторного аналізу до рядів річних сум опадів (1946-2001 рр.) об'єктивно підтвердило існуючу різницю у характері багаторічної мінливості зволоження України [2]. За результатами розрахунків було встановлено, що кореляційна матриця, отримана для рядів річних опадів, може бути описаною за допомогою двох перших факторів: перший фактор описує близько 40% вихідної інформації, другий – близько 25%, в залежності від складу вхідних рядів. На основі побудованого графіку залежностей між ваговими навантаженнями на перший та другий фактори, були отримані два угруповання точок, які відповідають метеостанціям заходу і сходу.

Для вивчення статистичної структури кореляційної матриці середніх річних температур повітря достатньо першого фактору, який описує 88% вихідної інформації. Це означає, що на формування полів середньорічних температур у межах України впливає спільний атмосферний процес.

Для задовільного опису полів річного стоку через статистичні фактори (внесок перших факторів повинен перевищувати 70 відсотків вихідної інформації [4]), необхідно використання трьох або чотирьох факторів, що свідчить про набагато складнішу статистичну структуру полів річного стоку у порівнянні із полями сум річних опадів та середньорічних температур повітря.

Для аналізу впливу Північноатлантичного колювання (ПАК) на формування полів річного стоку був виконаний пошук залежностей річного стоку від річних значень індексів ПАВ ($I_{ПАВ}$). Коефіцієнт кореляції між $I_{ПАВ}$ та річними опадами не змінюється суттєво у межах України і може бути прийнятим рівним 0,2. Наприклад, для метеостанції Рахів $r_{X, I_{ПАВ}}$ становить 0,24, а для метеостанції Полтава – 0,29. “Плямистість” просторового розподілу опадів та відсутність переваги одного атмосферного процесу над усією територією України упродовж років не дають можливості стверджувати про значущий вплив ПАК на просторово-часову мінливість річних опадів.

При дослідженні зв'язків між середніми річними температурами повітря та річними індексами ПАВ, навпаки, встановлена добре виражена залежність з кореляційними коефіцієнтами 0,47-0,37 для метеостанцій заходу (Львів, Чернівці, Житомир, Коломия), 0,31 для центру (Київ) та 0,09 (Луганськ) для східної частини України. Тобто, можна стверджувати, що Північноатлантичне колювання у певній мірі забезпечує потепління або похолодання у західній частині України і його вплив на термічний режим зменшується при переході від західної частини до східної.

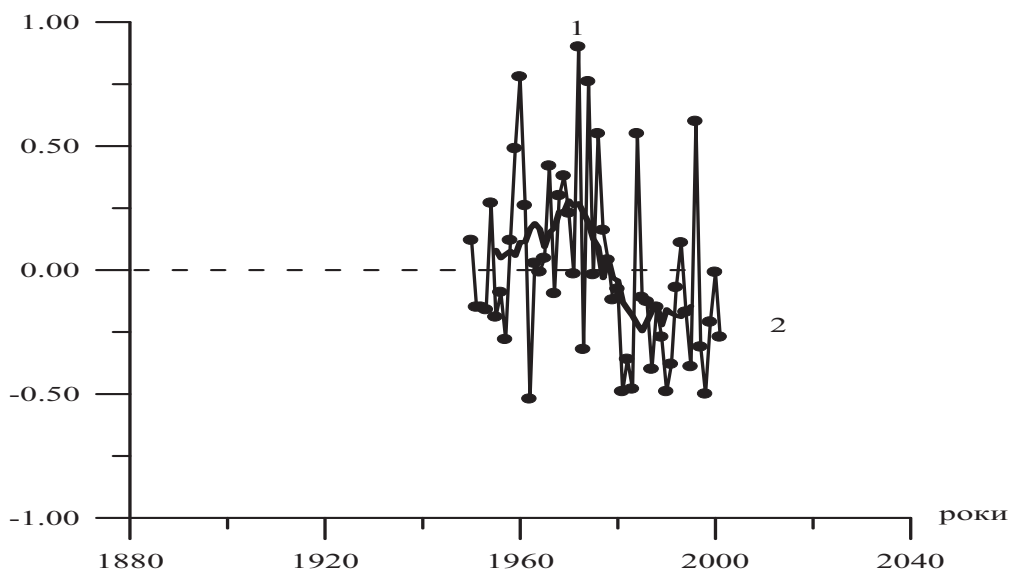
Пошук зв'язків між річним стоком та індексами ПАК дозволив зробити висновки про значний вплив ПАК на мінливість річного стоку річок Центральної та Південно-Східної Європи: $r_{Q, I_{ПАВ}}$ становить 0,42

для р.Тиса – Жегед та Тиса – Польшар; 0,49 для р. Жамос – Сенгер; 0,35 – для р.Сірет – Лунгоци. У межах України цей зв'язок менш виражений: для р.Прут – м.Чернівці коефіцієнт кореляції $r_{Q,I_{ПAB}}$ дорівнює 0,28, а для р.Дністер- с.Заліщики -0,20, для р.Десна –м.Чернігів -0,13. У той же час вплив Північноатлантичного колювання на річний стік добре виражений на таких річках як р. Сіверський Донець (р.Сіверський Донець – м.Зміїв, $r_{Q,I_{ПAB}} = 0,39$) та Південний Буг (р.Південний Буг – с.Олександрівка, $r_{Q,I_{ПAB}} = 0,33$).

Розкладанню за природними ортогональними функціями [3,5,6] були піддані кореляційні та коваріаційні матриці річного стоку. Для першої групи об'єктів внесок перших трьох головних компонент в опис загальної дисперсії початкових даних склав 40-48%, 16-20% та 10-11%, відповідно для першої, другої й третьої компонент. Їхній сумарний внесок дорівнює або перевищує 70%, що є достатнім для опису даних полів річного стоку через головні компоненти.

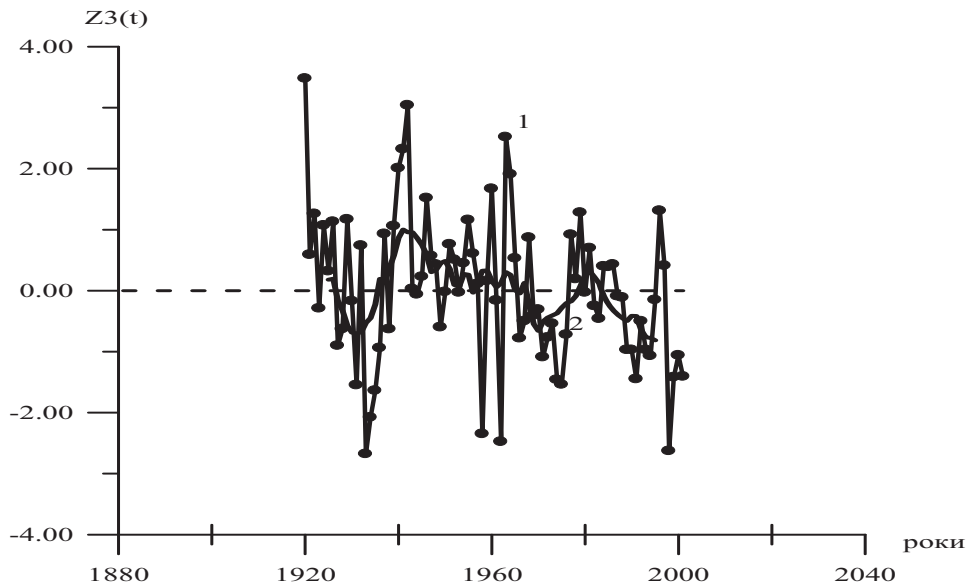
Для аналізу закономірностей колювань річного стоку були розглянуті перші амплітудні функції (часові складові розкладання за природними ортогональними функціями, які є спільними для усіх об'єктів, що увійшли до вибірки). Пошук зв'язків між амплітудними функціями (рис. 1) та індексами атмосферної циркуляції (рис. 2). дозволив установити, що основними атмосферними процесами, які обумовлюють формування стоку Центральної та Північно-Східної Європи є Арктичне колювання або так звана Північна Атлантична Мода, Північноатлантичне колювання у зимовий період та Скандинавське колювання. Коефіцієнти кореляції залежностей амплітудних функцій від зазначених індексів атмосферної циркуляції знаходяться у межах 0,3-0,5.

Індекс Скандинавської моделі



1- річні значення індексу; 2 - згладжені по 11-річкам значення індексу

Рис. 1. Хронологічний хід Скандинавського індексу (середньорічні значення)



1 – хронологічний хід; 2 – згладжені за 11-річками значення функції $Z_3(t)$

Рис. 2. Третя амплітудна функції розкладання полів річного стоку

На основі аналізу просторового розподілу вагових навантажень на перші три головні компоненти, які є результатом розкладання полів річного стоку за природними ортогональними функціями (ПОФ), встановлено, що за характером коливань річного стоку річки Центральної та Південно-Східної Європи утворюють два райони: Західний та Східний. Атмосферний процес, який обумовлює такий просторовий розподіл, може бути інтерпретований як вплив Північно-Атлантичного коливання. В межах України до Західного району відносяться р. Дунай, р. Дністер, р. Західний Буг, Прип'ять, Південний Буг; до Східної – р. Дніпро, Десна, р. Сіверський Донець.

З іншого боку, на основі методу головних компонент встановлена різниця у характері коливань півночі і півдня України. Просторовий розподіл вагових коефіцієнтів третьої компоненти розкладання за ПОФ указує на існування відмінностей в коливаннях річного стоку річок за географічною широтою, при цьому виділяються Північний та Південний райони. До Північного району віднесені такі річки України як Західний Буг, Дніпро з притоками Сож, Прип'ять і Десна, басейн р. Дністер до м. Могильов - Подільський; до Південного – рр. Дунай, Південний Буг, Сіверський Донець.

Найбільш значущо виділений за методом головних компонент третій атмосферний процес впливає на формування стоку річки Дніпро у верхній частині його басейну. Можна стверджувати, що закономірності коливань стоку на р. Дніпро мають схожість з коливаннями стоку річок Рейн, Одер та Німан. Атмосферний процес, що впливає на характер коливань стоку річок північного заходу і обумовлює циклічність коливань стоку р. Дніпро, можна розглядати як прояв впливу Скандинавського коливання, оскільки зв'язок між третьою амплітудною функцією та Скандинавським індексом дорівнює 0,4.

Висновки. На початку XXI сторіччя відмічається зменшення різниці між характером коливань середніх річних температур повітря західної та східної частин України, що може бути поясненим розвитком процесу глобального потепління. Значний вплив на температурний режим України чинить Північно-Атлантичне коливання, особливо у зимові (січень-березень) та весняні (квітень-червень) місяці року. Окрім впливу Північно-Атлантичного коливання на мінливість стоку річок північного заходу суттєво впливає Скандинавське коливання, яке визначає особливості гідрометеорологічних характеристик верхньої частини басейну р.Дніпро. Дослідження зв'язків між індексами означених атмосферних процесів та складовими коливань гідрометеорологічних характеристик відкриває можливості для розрахунків та передбачення змін стоку при змінах глобального клімату.

Список літератури

1. Ліпінський В.М. Активізація стихійних метеорологічних явищ в Україні в останнє двадцятиріччя / Ліпінський В.М., Осадчий В.І., Бабіченко В.М. // Географія в інформаційному суспільстві : зб.наук. праць у 4-х тт. – К. : ВГЛ Обрії, 2008. - Т.ІІІ. - С.13-17.
2. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния : монографія / Н.С. Лобода. – Одеса : Екологія, 2005. – 208с.
3. Лобода Н.С. Оценка влияния атмосферных процессов Северной Атлантики на формирование полей годового стока рек Украины / Н.С. Лобода // Український гідрометеорологічний журнал. – 2008. – №3. – С. 167-177.
4. Школьнік Є.П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації : підручник / Школьнік Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. - К. : Міносвіти України, 1999. - 600 с.
5. Loboda N. Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal function approach to Moldova-Southwest Ukraine region / Loboda N., Glushkov A., Khohlov V. // Atmospheric Research. – 2005. - Vol 77/1-4. – P. 100-113.
6. Loboda N. Using non-decimated wavelet decomposition to analyse time variations of North Atlantic Oscillation, eddy kinetic energy and Ukrainian precipitation / Loboda N., Glushkov A., Khohlov V. // Journal of Hydrology. – 2006. - Vol 323Iss1-4. – P. 14-24.
7. Khohlov V. On the nonlinear interaction between global teleconnection patterns / Khohlov V., Glushkov A., Loboda N. // Q. J. R. Meteor. Soc. (2006), 132. – P. 447-465.
8. Hurrell J.W. Marine ecosystems and climate variation / J.W. Hurrell, R.R. Dickson. - 2003 - P.15-31.
9. Uvo C.B. Analysis and regionalization of northern European winter precipitation based on its relationship with the north atlantic oscillation / C.B. Uvo // International journal of climatology. – 2003. – 23. – P. 1185-1194.

Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку XXI століття

Лобода Н.С.

Розглянуті закономірності коливання річного стоку і кліматичних факторів його формування (річних сум опадів і середніх річних температур повітря) в їх зв'язку з атмосферними процесами (Арктичне коливання, Північно-Атлантичне коливання, Скандинавська телеконекція) на основі використання факторного аналізу і методу головних компонент.

Закономірності колибаний годового стока рек України при изменении климата в начале XXI века

Лобода Н.С.

Рассмотрены закономерности колебаний годового стока и климатических факторов его формирования (годовых сумм осадков и средних годовых температур воздуха) в их связи с атмосферными процессами (Арктическое колебание, Северо-Атлантическое колебание, Скандинавская телеконнекция) на основе использования факторного анализа и метода главных компонент.

Mechanism of development annual flow fluctuations under climatic changes in the XXI century beginning

Loboda N.S.

Causal relationship between atmospheric process (Arctic oscillation, North Atlantic Oscillation, Scandinavia pattern) and annual flow forming (annual runoff, precipitation and temperature) were considered by using of principle components and factor methods.

УДК 551.482

ВПЛИВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ВОДОГОСПОДАРСЬКИЙ СТАН БАСЕЙНІВ РІЧОК

Ромась М.І.¹, Чунар'ов О.В.², Шевчук І.О.¹, Сукач Л.В.¹

¹ *Київський національний університет імені Тараса Шевченка,*

² *Державний комітет України по водному господарству*

Ключові слова: *природні й антропогенні фактори, водогосподарська обстановка, басейн ріки, безповоротні втрати, АЕС, самоочищення*

Актуальність дослідження. Серед екологічних проблем у районах розміщення АЕС, які привертають значну увагу, особливе місце займає проблема визначення впливу цих великих енергетичних об'єктів на водні ресурси прилягаючих територій.

Детальні дослідження впливу Смоленської, Чорнобильської, Хмельницької, Рівненської, Запорізької, Південно-Української АЕС на водні ресурси річок, на яких вони розташовані – Десни, Прип'яті, Горині, Стирі, Каховського водосховища, Південного Бугу проводились у 1981-2001 рр. співробітниками науково-дослідної лабораторії гідроекології і гідрохімії кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Результати досліджень відображені у багатьох науково-технічних звітах і статтях та узагальнені в монографії [1]. В цілому відзначено, що вплив АЕС на водні ресурси у межах 30-ти кілометрових зон, де і проводились переважно експедиційні роботи, порівняно незначний. Так, безповоротні втрати води на АЕС навіть у меженні періоди не перевищують 10-15% від водного стоку річок, а хімічний склад води у створах, розташованих на річках вище та нижче АЕС, практично не змінюється у різні фази гідрологічного режиму протягом декількох років.