

Паламарчук Л.В.¹, Шпиг В.М.², Гуда К.В.²

¹ - Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² - Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

ІНДЕКС ПІВНІЧНО-АТЛАНТИЧНОГО КОЛИВАННЯ ЯК ПРЕДИКТОР ФОРМУВАННЯ СИЛЬНИХ СՆІГОПАДІВ НА РІВНИННІЙ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Ключові слова: *сильні опади, холодний період, зональні процеси, меридіональні процеси, типізація регіональних синоптичних процесів, індекс Північно-Атлантичного коливання*

Вступ. Вивчення умов утворення та прогнозування сильних опадів на території України є проблемою відомою і такою, що розглядається у багатьох дослідженнях [2,3,14] із застосуванням різних наукових та методичних підходів. У [6], наводилися результати вивчення вертикальних та горизонтальних профілів основних термодинамічних параметрів атмосфери при утворенні сильних опадів у холодний період року в Україні, що були отримані у моделюванні хмарної атмосфери у моменти утворення та випадання сильних опадів. Важливим видається також вивчення особливостей атмосферної циркуляції яка визначає формування сильних опадів.

Метою представленоґо дослідження є виявлення впливу макроциркуляційних атмосферних процесів у центральній та північній Атлантиці на формування синоптичних процесів, що супроводжуються сильними снігопадами в Україні. Для встановлення такого взаємозв'язку вибрані типові регіональні синоптичні процеси [1], для яких визначалася величина та знак індексу *Північно-Атлантичного коливання (ПАК)* чи *North Atlantic Oscillation (NAO)*.

Згідно із сучасними уявленнями, динаміка погодних процесів та зміна клімату Європейського регіону, зокрема України, багато в чому визначається впливом циркуляційних процесів у Північній Атлантиці [4,5,7,]. Північно-атлантичне коливання є однією із найважливіших характеристик великомасштабної циркуляції атмосфери у Північній півкулі, вплив якого спостерігається у всі сезони року і проявляється у процесах різних масштабів - від декількох діб до декількох століть. ПАК – один із основних об'єктів дослідження різноманітних міжнародних програм, наприклад CLIVAR (Climatic Variability and Predictability) [13].

Північно-атлантичному коливанню присвячена велика кількість наукових праць. Першими дослідниками, які описали це явище у 1932 році, були Уолкер і Блісс. Явище ПАК було відкрите у 1920 році сером Гілбертом Уокером, а вперше описане Уокером та Бліссом у 1932 році [12].

Північно-Атлантичне коливання та його вплив на регіональні синоптичні процеси. Крупномасштабна атмосферна циркуляція у середніх широтах Північної Атлантики проявляється у переважанні західних потоків, інтенсивність та повторюваність яких, в тому числі залежать і від різниці атмосферного тиску на рівні моря між областю високого тиску над Азорськими островами та областю Ісландського мінімуму. У схемі циркуляції представленої Уокером [7] указується на нерегулярні варіації у інтенсивності і розташуванні названих баричних утворень і, відповідно, західних потоків. Саме цей ефект і відомий як Північно-Атлантичне коливання, що пов'язане з коливанням різниці

атмосферного тиску між північними і південними районами північної частини Атлантичного океану. Числовою оцінкою таких коливань є індекс ПАК. [7,11].

Індекси Північно-Атлантичного коливання мають декілька варіантів визначення і можуть бути представлені: як індекс, який базується на різниці тисків на рівні моря між Лісабоном (Португалія) і Рейк'явік (Ісландія) для зимового періоду (грудень-березень), а також - річні, місячні і сезонні значення величини. Індекси, які базуються на різниці тисків на рівні моря між Понта Дельгада (Азорські острови) і Рейк'явіком (Ісландія). Існує добовий індекс, побудований на добових даних про аномалії положення поверхні 500 гПа для Північної півкулі. Крім того, індекс, який представляє собою першу амплітудну функцію розкладення полів аномалій тиску над рівнем моря у Атлантичному секторі для зимового сезону (грудень-березень, грудень-лютий), весняного сезону (березень-травень), літнього сезону (червень-серпень), осіннього сезону (вересень-листопад) і середнього за рік [10].

Найчастіше інтенсивність такої циркуляційної мінливості вимірюється нормалізовано різницею атмосферного тиску на рівні моря (*SLP*) між метеорологічними станціями на Азорських островах і в Ісландії:

$$NAO_{ind} = \frac{SLP'_{Az}}{\sigma_{Az}} - \frac{SLP'_{Isl}}{\sigma_{Isl}}, \quad (1)$$

де SLP'_{Az} , SLP'_{Isl} - аномалії *SLP* на станціях на Азорських островах і в Ісландії; а σ_{Az} , σ_{Isl} – середні квадратичні відхилення цих аномалій.

Через доступність більш довгих часових рядів значення на станції на Азорських островах іноді замінюється значеннями на метеорологічній станції в Португалії.

Коли індекс ПАК значний, західні атмосферні потоки більш інтенсивні, ніж у середньому, тоді як при від'ємному індексі ПАК вони слабкіші, ніж у середньому. Ефект ПАК може спостерігатися в усі сезони, але взимку, коли циркуляція більш інтенсивна, його вплив більш суттєвий. Якщо взимку індекс ПАК додатний, сильні західні вітри переносять тепле і вологе повітря до Європи. Це спричиняє потепління і збільшення опадів у середніх і високих широтах в Європі, а також у значної частини північної Азії, Гренландському і Баренцовому морях.

Навпаки, аномальна циркуляція при великих значеннях індексу ПАК приносить холодне повітря до Лабрадорського моря, що генерує там низький температурний режим (рис.1) і зростання площі морського льоду. Далі на південь більш інтенсивний потік навколо субтропічної області високого тиску призводить до зниження температури над Туреччиною і Північною Африкою і до потепління на сході США.

З додатними значеннями індексу ПАК над Атлантичним океаном пов'язаний т. званим «триполюсний» ефект: позитивна аномалія температури спостерігається навколо 30-40° пн. ш., а на північ і на південь від цього широтного кола – від'ємна аномалія (див. рис.1). Здається, домінуючою причиною цієї картини є ефекти взаємодії між атмосферою і океаном. Дійсно, температура поверхні океану зменшується в областях з великими швидкостями вітру і, це призводить до збільшення швидкостей випаровування і переносу тепла від океану до атмосфери [7]. Але на протилежність до ENSO (EL Nino-Southern Oscillation), який є наслідком взаємодії комплексу змін у океані та атмосфері і має вплив на формування циркуляційних процесів у всій атмосфері, ефект NAO (ПАК) все таки є переважно внутрішньою модою мінливості атмосфери і його вплив поширюється переважно на атмосферу помірних широт Північної півкулі.

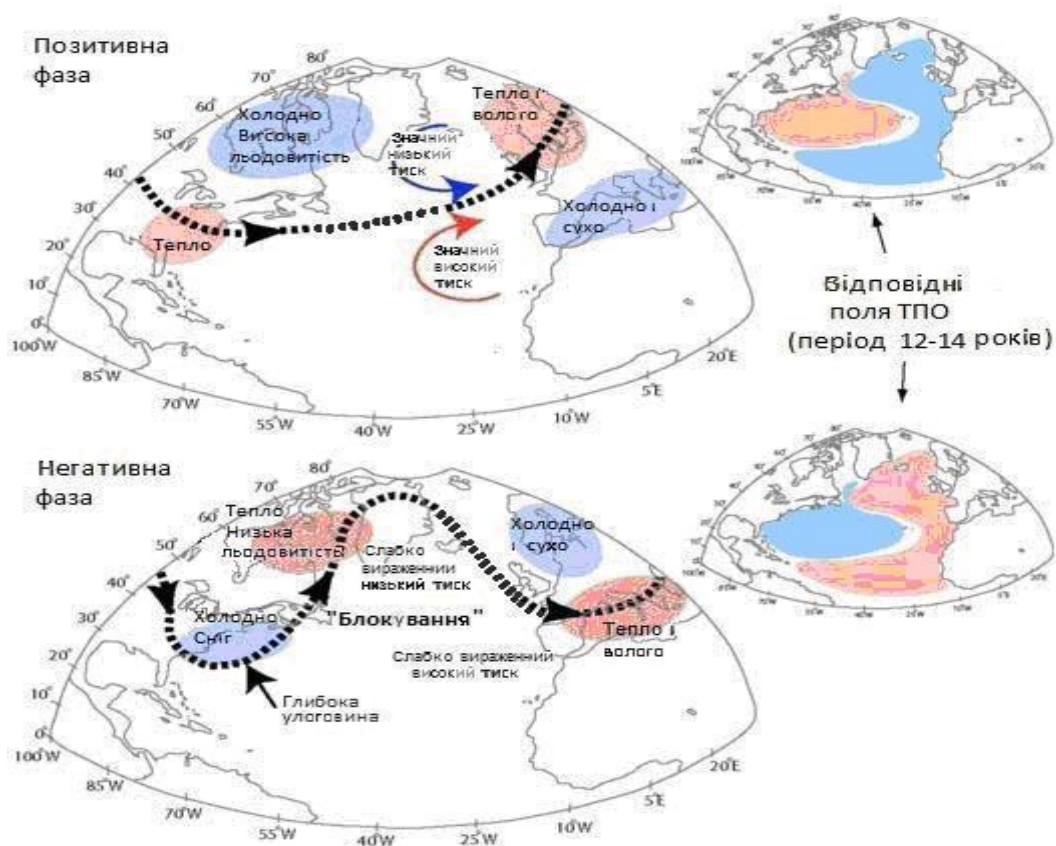


Рис. 1. Особливості розвитку гідрометеорологічних процесів над Північною Атлантикою для позитивної і негативної фаз ПАК [7]

Північно-Атлантичне коливання залежить від напрямку поширення домінуючих повітряних мас та положенням струминної течії (рис.1) [7,9]. ПАК, його значення та фази визначаються однією з основних причин нестійкого характеру погодних умов холодного періоду у Північній півкулі, починаючи від Північної Америки до Європи та значної частини Азії.

Позитивні значення індексів Північно-Атлантичного коливання зв'язують із підвищенням температур повітря та збільшення сум опадів у Європі, особливо на півдні. Негативні ж індекси ПАК супроводжуються тут більш посушливими умовами[11].

На початку 80-х років ХХ століття було відмічено збільшення значень індексів ПАК (індекс ПАК увійшов у позитивну фазу), що супроводжувалось більш вологими та теплими зимами над Скандинавією та Північною Європою[4,8].

Зв'язок значень індексів ПАК та динамікою гідрометеорологічних полів відомий давно, але для території України це питання мало вивчене. Існують окремі публікації, так у [4] представлено результати досліджень, що показують вплив інтенсивності циркуляційних процесів (індекси ПАК) на динаміку поля опадів через коефіцієнти кореляції між величинами індексів та величинами інтенсивності опадів. Таким чином оцінюється відгук погодних умов України на зміни, що відбуваються у глобальних атмосферних процесах. Коефіцієнт кореляції річних значень індексу із річними сумами опадів змінюється від 0,17 (м. Тернопіль) до 0,30 (м. Харків), і із середньомісячними температурами повітря – від 0,09 (м. Луганськ) до 0,39 (м. Житомир та м. Тернопіль). Максимальне значення коефіцієнту кореляції між індексами ПАК та річними сумами опадів після 80-го року минулого сторіччя

змінюється від 0,26 (м. Умань) до 0,75 (м. Тернопіль). Тіснота кореляційних зв'язків між індексами ПАК та середньорічними температурами повітря значно вища. Результати наведені у [5] показують зв'язки між гідрометеорологічними характеристиками та індексами атмосферної циркуляції, що встановлені методом лінійної парної регресії. Вказується, що після 1981 року, часу домінування позитивної фази, вплив ПАК посилюється. Значущий лінійний зв'язок між індексами ПАК та характеристиками опадів спостерігається як у зимовий, так і осінній (вересень-листопад) сезони. Вплив ПАК на формування погодних процесів України зменшується в напрямку від заходу до північного сходу та сходу.

Отже, циркуляційні процеси у Північній Атлантиці, що оцінюються індексом ПАК, значною мірою впливає на формування режиму зволоження на території України, особливо у холодний період року. Видається, що більш тісними та інформативними будуть залежності між значеннями індексу та типом регіонального синоптичного процесу з яким пов'язані опади чи інші атмосферні явища.

Взаємозв'язок значень індексів ПАК з типом процесів, що супроводжуються сильними снігопадами. Авторами проведена типізацію регіональних синоптичних процесів [1] які обумовлюють сильні снігопади на рівнинній частині території України. Для проведення типізації використовувалися щорічні огляди стихійних гідрометеорологічних явищ, що публікуються Українським гідрометеорологічним центром та Центральною геофізичною обсерваторією, приземні синоптичні карти та карти баричної топографії – АТ₅₀₀. Розглядався період спостережень з 1990 до 2013 р. включно. В основу запропонованої типізації синоптичних процесів покладено визначення положення Висотної фронтальної зони (ВФЗ) в середній тропосфері, орієнтацію ВФЗ та її динаміку, а також визначення особливості приземного баричного поля: тип циклону, траєкторію переміщення та інтенсивність, наявність блокуючого антициклону його положення та тривалість існування. На основі запропонованої оцінки, виділено чотири основних типи регіональних синоптичних процесів, що обумовлював сильні опади над Україною у холодний період року: *два зональних і два меридіональних. Зональний процес першого типу* характеризується досить близьким, у межах східної Європи, широтним розташуванням систем арктичних та полярних фронтів (відстань може складати 6-8⁰ по широті) та наявністю потужного гребеня Сибірського антициклону на сході, який блокує процес. У середній та верхній тропосфері (5км і вище) зональне перенесення впродовж досліджуваного періоду змінюється на меридіональне. *Зональний процес другого типу* теж виникає при близькому широтному розташуванні арктичного та полярного фронтів з активною циклонічною діяльністю на півдні України (над акваторією Чорного моря) та наявності блокуючого антициклону, що може мати різну локалізацію. Найчастіше – на північному заході (Скандинавія), або на південному сході (Північний Кавказ, Каспійське море). У цьому типі регіональних процесів на висотах не спостерігається меридіонально орієнтованої улоговини.

Характерними рисами виділених меридіональних типів процесів є циклонічна діяльність на Полярному фронті з виходом на Україну переважно південно-західних циклонів (з Італії, Адріатичного та Егейського морів, Балкан) та вплив на формування погоди малорухливого антициклону. У випадку *меридіональних процесів першого типу* антициклон знаходиться на півночі, північному-заході Європи (Скандинавія, Прибалтика, Баренцеве море), а для *другого типу* – над Кавказом та півднем Росії. Проведений аналіз синоптичного матеріалу для випадків сильних снігопадів за увесь досліджуваний період показав переважна їх більшість

була пов'язана з зональними процесами другого типу та меридіональними процесами першого типу.

Для виявлення взаємозв'язку між знаком та величиною індексів ПАК та типом синоптичного процесу, який призводить до утворення сильних снігопадів, були побудовані (програма Excel) гістограми щоденних значень індексів ПАК за період близько трьох місяців до виникнення сильних опадів в Україні та трьох місяців після події. Для дослідження використовувалися дані офіційного сайту Центру прогнозування клімату (СРС) [15]. На рис. 2-5 показана динаміка щоденних значень індексів ПАК у період формування типових синоптичних процесів, відповідно до попередньо наведеної класифікації, і таких, що супроводжувались сильними опадами на метеорологічних станціях Запоріжжя, Кам'янець-Подільський, Одеса, Щорс та ін. На графіки нанесені (часова координата – рожева вертикальна лінія), що відповідає моменту формування випадків сильних снігопадів, та вказує максимальні добові суми опадів у цей час.

МС Кам'янець-Подільський

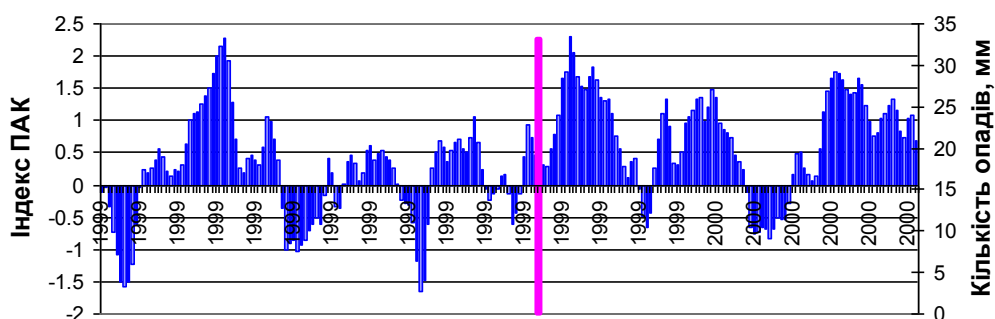


Рис.2. Зв'язок значень індексу ПАК із синоптичним процесом 23.11.1999 р.

Теоретично доведено, що кожен із типів синоптичних процесів зональних чи меридіональних, які обумовлюють сильні снігопади пов'язаний відповідно з позитивною чи негативною фазою і величиною ПАК.

Зональний процес першого типу (див. рис.2) формується на фоні домінування додатної фази індексу, значних за абсолютною величиною (до 2,3) упродовж усього досліджуваного періоду. Безпосередньо перед настанням явища значення індексу залишаються позитивними, але зменшуються до 0,3-0,2 і залишаються такими упродовж синоптичного процесу.

Відомо, що меридіональні процеси частіше пов'язані із негативною фазою ПАК. На рис.3 наведено розподіл величини індексу ПАК, перед і після формування меридіонального процесу першого типу з максимальними значеннями опадів на ст. Щорс. Отриманий розподіл вказує на деяке домінування близьких до нуля у поєднанні з від'ємними значеннями індексу перед формуванням досліджуваного процесу. Безпосередньо під час сильних опадів індекс набуває від'ємних значень (-0,8), з завчасністю у декілька діб.

Зональний синоптичний процес другого типу має дещо інші риси зв'язку з індексами ПАК. Розподіл значень індексу ПАК (рис. 4) показує, цей типу процесів утворюється на фоні переважання додатної фази ПАК за досліджуваний період, але сама подія настає між двома негативними фазами, коли значення індексу позитивної фази є зовсім незначними і наближаються до нуля.

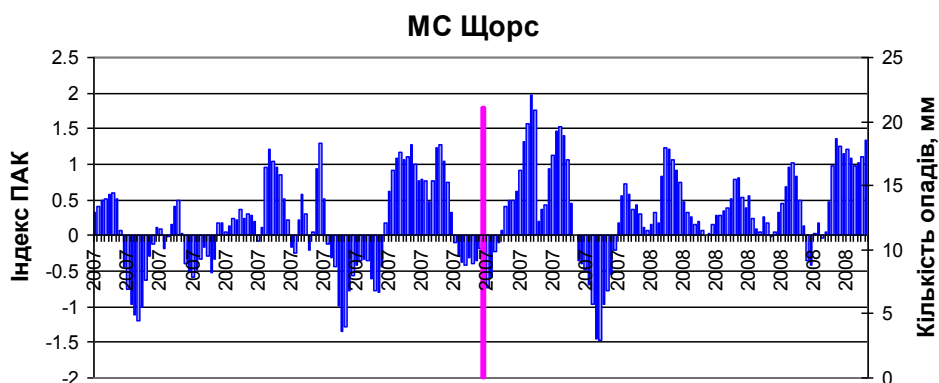


Рис.3. Зв'язок значень індексу ПАК із синоптичним процесом 16.11.2007 р.

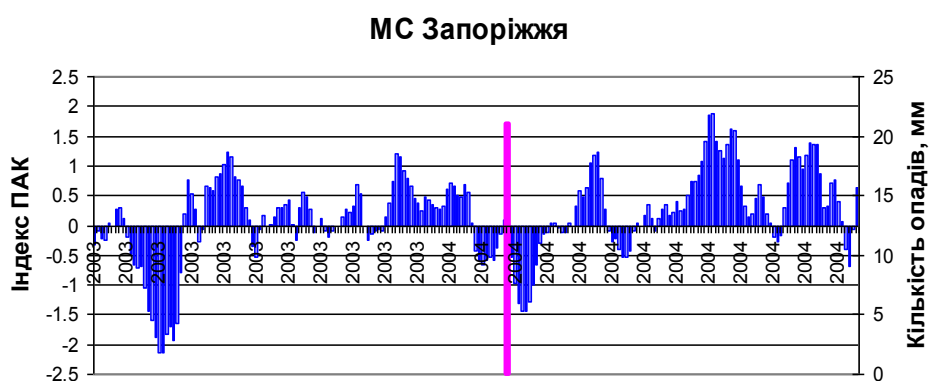


Рис.4. Зв'язок значень індексу ПАК із синоптичним процесом 24.01.2004 р.

Такого типу такий синоптичний процес може відмічатися і при невеликих значеннях індексу у від'ємній фазі, але при умові переважання додатної фази за тривалий період часу.

Меридіональний процес другого типу (рис.5) формується на фоні домінування від'ємної фази індексу впродовж усього періоду спостережень. Зауважимо, що максимальні значення індексу у цьому випадку (-2,3) практично не відрізняються від подібних значень при домінуванні позитивної фази індексів (див. рис. 2).

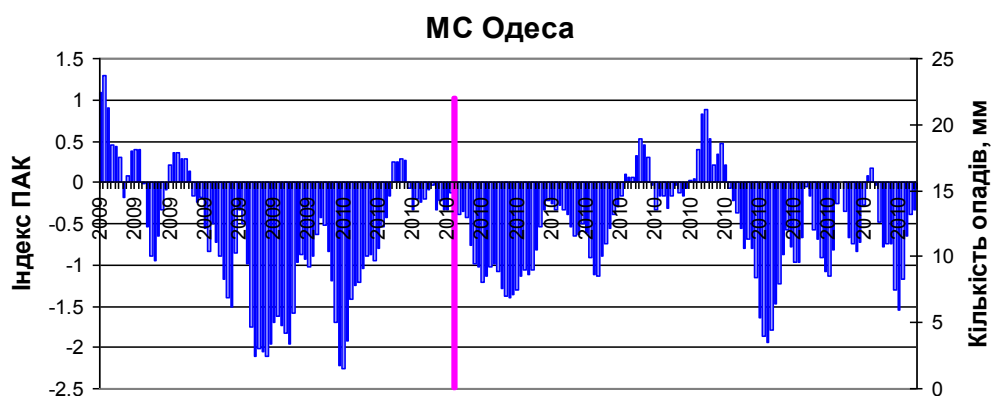


Рис.5. Значення індексу ПАК при формуванні меридіонального процесу

Проведений аналіз значень індексів ПАК показує його зміни у межах від 2,3 (див. рис. 2) до - 2,3 (див. рис. 5). Зауважимо, що максимальні значення індексу спостерігаються у тому випадку, коли впродовж тривалого часу переважає

відповідно зональний (додатні значення), або меридіональний (від'ємні значення) тип циркуляції. Регіональні синоптичні процеси, що супроводжувалися сильними снігопадами, незалежно від їх типу формуються при малих значеннях індексу ПАК: 0,3 (див. рис. 2), -0,4 (див. рис. 3), -0,03 (див. рис. 4), -0,3 (див. рис. 5). Наведені залежності показують, що регіональні синоптичні процеси які формують сильні снігопади спостерігаються найчастіше при переході від позитивної до негативної фази визначеної за щоденними значеннями індексу.

Висновки Проведені дослідження умов формування сильних снігопадів на рівнинній частині території України показують, що в таких випадках у нижній атмосфері утворюється зона значних баричних градієнтів, переважно через існування блокуючого антициклону різної просторової локалізації та циклонічної діяльності на заході та південному-заході Європи.

Регіональні синоптичні процеси, що супроводжуються сильними снігопадами в Україні формуються при малих додатних чи від'ємних значеннях індексу ПАК, або ж у моменти зміни знаку фаз.

Встановлені закономірність взаємозв'язку між величиною індексу та типом регіонального процесу у цілому відповідають існуючим теоретичним уявленням.

Список літератури

1. Гуда Е.В. Классификация синоптических процессов случаев сильных снегопадов в холодное полугодие на равнинной территории Украины / Е.В. Гуда, Л.В. Паламарчук, В.М. Шпыг // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. Сборник научных статей международной научной конференции, Минск, Издательский центр Белорусского государственного университета, 2015.- С.217-218.
2. Заблоцька Т.М. Моніторинг прогнозу стихійних явищ // Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя(1986-2005рр.). / Т.М. Заблоцька - К.:Ніка-Центр,2006.- С.196-207.
3. Заблоцька Т. М. Небезпечно сильні опади в Україні і можливі причини їх творення / Т.М. Заблоцька, В.М. Підгірська, Т.М. Шпиталь // Наук.пр.УкрНДГМІ.-2007.- Вип.255. – С.21- 27.
4. Лобода Н.С. Оцінка впливу мінливості Північно-Атлантичного та Скандинавського коливань на гідрометеорологічні характеристики України / Н.С. Лобода, А.О. Коробчинська // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – №18. – С.91 – 98.
5. 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.
6. Паламарчук Л.В. Умови формування сильних опадів холодного періоду року на рівнинній території України / Л.В. Паламарчук, В.М. Шпыг, К.В. Гуда.// Фізична географія та геоморфологія. - 2014. –Вип.2(74).-С.110-120.
7. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату / С.М. Степаненко. – Одеса: Екологія, 2013. – 203 с.
8. Hurrell J.W. Climate variability over the North Atlantic / J.W. Hurrell, R.R. Dickson // Marine Ecosystems and Climate Variation. The North Atlantic: A comparative perspective. – Oxford, 2005. – P. 15 – 31.
9. Hurrell J.W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation / J. W. Hurrell // Science. – 1995. – Vol. 269. – P. 676 – 679.
10. Hurrell J.W. An overview of the North Atlantic Oscillation: The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact / J. W. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen, M. Visbeck // Geophys. Monogr. – 2003. – Vol. 134. – P. 1 – 35.
11. 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.
12. Walker G.T. World weather V / G.T. Walker, E.W. Bliss // Meteorology. Royal Meteorology Society. –1932. – V.4. – №36. – P. 53–84.
13. Climate Explorer: Starting point [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://climexp.knmi.nl/>.
14. Малинин В.Н. Североатлантическое колебание и увлажнение Европейской территории России [Електронний ресурс] / В.Н. Малинин, С.М. Гордеева – Режим доступу до ресурсу: http://www.terrahumana.ru/arhiv/14_02/14_02_35.pdf.
15. Climate Prediction Center [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)

Індекс Північно-Атлантичного коливання як предиктор формування сильних снігопадів на рівнинній території України

Паламарчук Л.В., Шпыг В.М., Гуда К.В.

Представлено дослідження взаємозв'язку визначених типів макроциркуляційних процесів та регіональних синоптичних процесів, що супроводжуються сильними снігопадами на рівнинній частині території України. Період досліджень – 1990-2013рр. Проведено типізацію регіональних синоптичних процесів. Виділено по два основних зональних та меридіональних типи процесів та наведено їх основні ознаки. Встановлено зв'язок кожного із регіональних процесів зі знаком та величиною індексу Північно-Атлантичного коливання.

Ключові слова: сильні опади, холодний період, зональні процеси, меридіональні процеси, типізація синоптичних процесів, індекс Північно-Атлантичного коливання

Індекс Северо-Атлантического колебания как предиктор формирования сильных снегопадов на равнинной территории Украины

Паламарчук Л.В., Шпыг В.М., Гуда Е.В.

Представлено исследование взаимосвязи определенных типов макроциркуляционных процессов и региональных синоптических процессов, которые сопровождаются сильными снегопадами на равнинной части территории Украины. Период исследований – 1990- 2013. Проведена типизация региональных синоптических процессов. Выделены два основных зональных и два меридиональных процесса и указаны их основные особенности. Установлена связь каждого из региональных процессов со знаком и величиной индекса Северо-Атлантического колебания.

Ключевые слова: сильные осадки, холодный период, зональные процессы, меридиональные процессы, типизация синоптических процессов, индекс Северо-Атлантического колебания

North Atlantic oscillation index as predictor of heavy snowfall formation on the plain part of Ukraine

Palamarchuk L.V., Shpyg V.M., Huda K.V.

The study of relationship of defined types of macrocirculation processes and regional synoptic processes accompanied by heavy snowfalls on the plain part of Ukraine is presented here. In article it was considered the period 1990-2013. Typification was carried out for the regional synoptical processes. In result it was selected two main zonal and two main meridional types of processes and described their common features. It was found the relationship for each regional process with the sign and value of the North Atlantic Oscillation Index.

Keywords: heavy precipitation, cold period, zonal processes, meridional processes, typification of synoptical processes, North Atlantic Oscillation Index.

Надійшла до редколегії 29.04.2016

УДК 502/504-047.37

Маляренко О. С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДИФІКОВАНИЙ ПІДХІД ДО ТИПІЗАЦІЇ ОСНОВНИХ ЕКОМЕРЕЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕГІОНАЛЬНОГО РІВНЯ

Ключові слова: регіональна екомережа, екомережне ядро, екомережний коридор, буферна зона, типологічна класифікація

Стан проблеми. Комплексний підхід до типізації та класифікування основних структурних елементів моделювальних регіональних екомереж, наразі є досить актуальною проблемою, позаяк такі елементи, *по-перше*, є базовою основою процесу моделювання, у т.ч. за допомогою ГІС, *по-друге*, вони доповнюють структуру екомереж національного та міжнародного рангу та правлять за основу для імплементації локальних екомереж, *по-третьє*, є своєрідними виразниками

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)