

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ГОРБАЧОВА ЛЮДМИЛА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 556.16.012(477)

**ГІДРОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ  
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВОДНОГО СТОКУ РІЧОК УКРАЇНИ:  
МЕТОДОЛОГІЯ, ТЕНДЕНЦІЇ, ПРОГНОЗ**

11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора географічних наук**

**Київ – 2017**

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі гідрологічних досліджень Українського гідрометеорологічного інституту Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України.

*Науковий консультант:* доктор географічних наук, чл.-кор. НАН України  
**Осадчий Володимир Іванович**,  
Український гідрометеорологічний інститут  
ДСНС України та НАН України,  
директор

*Офіційні опоненти:* доктор географічних наук, професор  
**Гребінь Василь Васильович**,  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка МОН України,  
професор кафедри гідрології та гідроекології

доктор географічних наук, професор  
**Шакірзанова Жаннетта Рашидівна**,  
Одеський державний екологічний університет  
МОН України, професор кафедри гідрології суші

доктор географічних наук, професор  
**Ющенко Юрій Сергійович**,  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича МОН України,  
завідувач кафедри гідрометеорології та  
водних ресурсів

Захист відбудеться «08» червня 2017 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, МСП-680, проспект Акад. Глушкова, 2-А, географічний факультет, ауд. 312.

З дисертацією можна ознайомитись у Науковій бібліотеці імені М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 58, к. № 12.

Автореферат розіслано «27» квітня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22,  
кандидат географічних наук

А. В. Круківська

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Зміни, що відбуваються у природному середовищі та суспільній сфері, вочевидь, стосуються і водного режиму річок. Важливим, зокрема, є питання водності, яка залежить як від клімату, так і людської діяльності. Актуальність досліджень річкового стоку зумовлена тим, що Україна належить до числа країн з порівняно невеликими водними ресурсами. У разі їх зменшення під впливом кліматичних змін проблема водопостачання господарської сфери може істотно загостритися. Ще одним аспектом, який потребує згадки, є наявність на річках країни величезної кількості гідротехнічних споруд, існування яких залежить від параметрів максимального стоку. Крім того, останнім часом у країні істотно посилюється увага до гідроенергетики, що, вочевидь, потребує виконання надійних розрахунків стокових характеристик.

Оскільки кліматичні характеристики, зокрема температура повітря, в останні десятиліття змінилися, важливим питанням гідрологічної науки є вибір, а можливо й уточнення розрахункових методів обробки наявних рядів спостережень. У свою чергу, від цього залежать розрахункові параметри, зокрема, витрата певної забезпеченості.

У гідрологічних дослідженнях у цілому використовують велику кількість різноманітних методів, які дозволяють вивчати водний стік річок на базі сучасних уявлень про механізми його формування. Разом з тим, актуальність детерміністичного підходу щодо аналізу часових гідрологічних рядів спостережень залишається і навряд чи колись буде втрачена. Про це свідчить, зокрема, більш як 100-річна історія їх використання. Проте, належної уваги у вітчизняній науковій літературі їм не приділено.

Детерміністичний підхід гідрологічного аналізу найчастіше виявляється у застосуванні графічних методів, до яких належать графічні зображення кореляційного зв'язку, частоти появи величини, гістограми, сумарні криві, подвійні сумарні криві, інтегральні криві відхилень, хронологічні графіки тощо. Загалом методичні рекомендації щодо застосування графічних методів у гідрологічному аналізі розроблялись для кожного методу окремо для вирішення певного завдання. Протягом останніх 30-40 років методичні дослідження щодо застосування гідролого-генетичних методів перебували поза увагою дослідників і тому вони потребують критичного осмислення та розробки нових підходів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за змістом дисертаційної роботи виконувалися автором згідно з планами науково-дослідних робіт УкрГМІ Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України за участі автора, як наукового керівника, так і безпосереднього виконавця держбюджетних тем та міжнародних проектів: «Створення баз даних для зберігання та відображення розрахункової гідрологічної інформації з використанням геоінформаційних систем» (2006-2008 рр., № д.р. 0106U007312); «Підготовка до видання серії монографій «Ресурси поверхневих вод України» по басейнах головних річок України» (2009-2015 рр., № д.р. 0109U004890); «Розроблення та впровадження багаторівневої системи

гідрометеорологічного прогнозування у басейнах річок Карпатського регіону на основі чисельного моделювання, використання супутникових технологій та багатофункціональних гідрологічних програмних комплексів» (2009-2012 рр., № д.р. 0109U004256); «Модернізація систем прогнозування стоку під час повеней і паводків у басейнах річок Карпатського регіону, Прип'яті, Десни та Дунаю» (2012-2014 рр., № д.р. 0112U004678); «Розрахункові характеристики максимального стоку води весняного водопілля річок України різних ймовірностей перевищення» (2016-2018 рр., № д.р. 0116U000569); «Моніторинг та прогнозування повеней в басейні р. Прип'ять» міжнародної програми НАТО «Наука заради миру та безпеки» (2010-2011 рр., № 983516); «Зниження вразливості щодо екстремальних повеней та змін клімату в басейні р. Дністер» проекту Ініціативи ENVSEC (Environment and Security Initiative) під егідою Організації по безпеці і співробітництву у Європі (ОБСЄ), Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) та ЮНЕП-ГРІД-Арендал (2010-2012 рр.); «Проведення просторового аналізу змін водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України внаслідок зміни клімату» програми Державного агентства екологічних інвестицій України «Державна підтримка заходів, які спрямовані на зменшення об'ємів викидів (збільшення абсорбції) парникових газів, у тому числі на утеплення приміщень соціального забезпечення, розвитку міжнародного співробітництва з питань змін клімату» (2012-2013 рр., № 4 від 01.11.2012, № д.р. 0112U005846).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є встановлення закономірностей просторово-часових коливань водного стоку річок України на основі гідролого-генетичного аналізу.

Відповідно до поставленої мети вирішувались наступні **завдання**:

- аналіз та узагальнення існуючих методів, підходів і визначення місця та ролі гідролого-генетичного аналізу щодо дослідження просторово-часових закономірностей водного стоку річок;
- обґрунтування методологічних основ гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок України;
- розроблення методики оцінювання однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів спостережень;
- опрацювання методологічних основ дослідження внутрішньорічного стоку води річок;
- розроблення методологічних підходів щодо побудови карт просторового розподілу гідрологічних характеристик з використанням ГІС-технологій;
- створення методології дослідження можливих майбутніх змін водного стоку річок з використанням даних регіональних кліматичних моделей;
- апробація методологічних розробок гідролого-генетичного аналізу шляхом їхнього практичного застосування для дослідження просторово-часових закономірностей водного стоку річок України.

**Об'єктом дослідження** є водний стік річок України.

**Предметом дослідження** є методологія гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей річкового стоку та її практичне застосування.

**Методи досліджень і вихідна інформація.** Розроблена методологія гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок використовує і розвиває методичні надбання відомих вчених щодо застосування сумарної кривої (mass curve analysis), подвійної сумарної кривої (double mass analysis) та інтегральної кривої відхилень (residual mass curve) (У. Ріпл, 1883; К. Садлер, 1927; С. Меріам, 1937; М. Кохлер, 1949; Л. Вайс і В. Вілсон, 1953; Ю. Серси і К. Хардісон, 1960; К. Ехлерт, 1972, Андрєянов В.Г., 1959), а також аналізу часових гідрологічних рядів спостережень (Кундцевіч і Робсон, 2000, 2004), дослідження внутрішньорічного розподілу водного стоку річок (Швець Г.І., 1946; Лівшиць Й.М., 1955; Воскресенський К.П., 1956; Андрєянов В.Г., 1957; Железняк І.А., 1959, 1982; Вишневецький В.І., 2001; Гребінь В.В., 2011), циклічних коливань водного стоку річок (Кузін П.С., Бабкін В.І., 1979; Сінайська Т.М., Швейкін Ю.В., 1971; Лобода Н.С., 2005; Чорноморець Ю.О., 2007), картографічного представлення та узагальнення просторового розподілу водного стоку (Кочерін Д.І., 1927; Огієвський А.В., 1931; Соколовський Д.Л., 1934; Мокляк В.І., 1947; Воскресенський К.П., 1962; Онуфрієнко Л.Г., 1966; Бефані Н.Ф., 1990; Гопченко Є.Д., 2002, Лобода Н.С., 2005). Крім того, у роботі використані такі методи як філософські, статистичні, ймовірнісні, порівняння, узагальнення, синтезу, аналогії, ГІС-технологій тощо.

Вихідними матеріалами для дослідження слугували матеріали спостережень за гідрологічним режимом річок, що містяться у різних опублікованих довідкових матеріалах, підготовлених Центральною геофізичною обсерваторією (м. Київ): «Основні гідрологічні характеристики» (ОГХ), «Щорічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші», «Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші». Основою для побудови карт просторового розподілу гідрологічних характеристик з використанням ГІС-технологій є бази цифрових географічних даних електронної карти України масштабом 1:200 000.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розробці методології гідролого-генетичного аналізу річкового стоку та її практичній реалізації. Ця методологія містить низку основних положень.

*Вперше:*

- виконано класифікацію існуючих методів, підходів, які застосовуються в гідрологічних дослідженнях, та визначено місце і роль серед них гідролого-генетичного аналізу;
- розроблено методологію гідролого-генетичного аналізу з метою її прикладного застосування для дослідження і отримання більш обґрунтованих і достовірних оцінок просторово-часових закономірностей водного стоку річок;
- здійснено прикладне застосування гідролого-генетичного аналізу для отримання обґрунтованих і достовірних оцінок просторово-часових закономірностей водного стоку річок;
- розроблено методику оцінювання однорідності та стаціонарності гідрологічних рядів спостережень з погляду гідролого-генетичного аналізу;
- запропоновано методичні засади застосування кривих Ендрюса для гідрологічного районування території України;

□ розроблено методологічні підходи щодо побудови карт просторового розподілу гідрологічних характеристик з використанням ГІС-технологій та урахуванням особливостей гідрологічної інформації;

□ розроблено методологію дослідження можливих майбутніх змін водного стоку річок з використанням даних регіональних кліматичних моделей на основі комплексного підходу, який включає використання кількох методів, верифікацією моделей, ансамблевий підхід, для отримання достовірних результатів;

□ виконано класифікацію та районування річкових басейнів на основі кривих Ендрюса на прикладі середньорічного стоку води;

□ показано, що залежно від фази водності довготривалих циклічних коливань стоку води відбувається його внутрішньорічний перерозподіл, змінюється перший місяць багатоводного сезону;

□ за лінійними кореляційними зв'язками визначено типи співвідношень між опадами, випаровуванням і водним стоком для водозборів річок України та досліджено їхній просторовий розподіл.

*Удосконалено:*

□ методологію дослідження внутрішньорічного стоку води річок шляхом урахування циклічних коливань водного стоку.

*Дістали подальший розвиток:*

□ знання щодо сучасних та можливих майбутніх тенденцій просторово-часових закономірностей водного стоку;

□ уявлення щодо картографічного представлення та узагальнення просторового розподілу гідрологічних характеристик, зокрема, річного стоку та максимального стоку води весняного водопілля і паводків змішаного походження;

□ знання щодо довготривалих циклічних коливань середньорічної температури повітря, річних сум атмосферних опадів та водного стоку річок;

□ розуміння щодо адаптації сучасних гідрологічних моделей типу «опадистік» із зосередженими параметрами у різних фізико-географічних зонах.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у науковому і методичному обґрунтуванні та практичній реалізації гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок. Методичні надбання роботи, оцінки сучасних та можливих тенденцій просторово-часових закономірностей водного стоку річок України, довідковий статистичний матеріал, картографічне представлення розрахункових гідрологічних характеристик, сучасні схеми внутрішньорічного розподілу тощо можуть бути використані у гідротехнічному і водогосподарському проектуванні, при підготовці нового національного нормативного документу щодо визначення розрахункових гідрологічних характеристик, а також для поліпшення стратегії планування, управління та охорони водних ресурсів.

Певні результати досліджень, а саме тематично-картографічні шари мережі гідрологічних спостережень на річках України, вододіли річок різного порядку, центри тяжіння водозборів *впроваджено* в Центральній геофізичній обсерваторії Державної служби України з надзвичайних ситуацій, а також в Одеському державному екологічному університеті Міністерства освіти і науки України на

кафедрі гідрології суші, які використовують при підготовці курсів лекцій і практичних занять зі спецкурсів «Гідрологічні прогнози», «Спецрозділи гідрологічних розрахунків», «Сучасні математичні моделі в гідрологічних розрахунках та прогнозах», «ГІС у гідрології».

**Особистий внесок автора** полягає у розробці, обґрунтуванні та практичній реалізації гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок. Збір первинної інформації для дослідження виконано автором разом зі співробітниками відділу гідрологічних досліджень УкрГМІ. Узагальнення та аналіз усіх матеріалів спостережень, побудова картографічного матеріалу, статистичні розрахунки виконано автором самостійно.

Значну консультативну допомогу в дослідженнях надав автору науковий консультант – д. геогр. н., член-кореспондент НАН України В.І. Осадчий. Крім того, автор користувався консультаціями д. геогр. н., проф. В.В. Гребеня, д. геогр. н., с. н. с. Н.М. Осадчої, д. геогр. н., проф. В.І. Вішневського, к. геогр. н. Б.Ф. Христюка.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати досліджень було оприлюднено на наукових семінарах відділу гідрологічних досліджень УкрГМІ, кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, засіданнях вченої ради УкрГМІ, міжнародних та всеукраїнських конференціях: Науково-практична конференція IV Міжнародного водного форуму «AQUA-UKRAINE – 2006» (м. Київ, 19-21 вересня 2006 р.); Науково-практична конференція «Вода та Довкілля» V Міжнародного водного форуму «AQUA-UKRAINE – 2007» (м. Київ, 9-12 жовтня 2007 р.); II Міжнародна науково-практична конференція «Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти та науки» (м. Одеса, 26-28 вересня 2007 р.); International workshop on status and perspectives of hydrology in small basins (Goslar-Hahnenklee, Germany, 30 March - 2 April 2009); 13<sup>th</sup> Biennial Conference ERB 2010 «Hydrological Responses of Small Basins to a Changing Environment» (Seggau Castle, Austria, 5-8 September 2010); International Conference Global and Regional Climate Changes (Kyiv, Ukraine, 16-19 November 2010); III, IV, V Всеукраїнська наукова конференція «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія» (м. Київ, 15-17 листопада 2006 р., м. Луганськ, 29 вересня – 2 жовтня 2009 р, м. Чернівці, 22-24 вересня 2011 р.); International Conference “Water resources and wetlands” (Tulcea, Romania, 14-16 September 2012); 5th International Scientific Conference on Water, Climate and Environment BALWOIS 2012 (Ohrid, Macedonia, 28 May - 2 June 2012); Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології» (м. Одеса, 17-19 жовтня 2012 р.); 14th Biennial Conference of the ERB 2012 «Studies of Hydrological Processes in Research Basins: Current Challenges and Prospects» (St. Peterburg, Russia, 17-20 September 2012); Міжнародна наукова конференція з регіональних проблем гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища (м. Казань, Республіка Татарстан, Росія, 2-4 жовтня 2012 р.); EGU Leonardo 2012 «Hydrology and Society» (Torino, Italy, 14-16 November 2012); VII Всеросійський гідрологічний з'їзд (Санкт-Петербург, Росія, 19-21 листопада 2013 р.); 10th

International Conference of Young Scientists on Energy Issues CYSENI 2013 (Kaunas, Lithuania, 29-31 May 2013); VI Всеукраїнська наукова конференція з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії і гідроекології» (м. Дніпропетровськ, 20-22 травня 2014 р.); 15th Biennial Conference of the ERB 2014 «Advances in Hydrologic Research on Pristine, Rural and Urban Small Basins» (Coimbra, Portugal, 9-13 September 2014); XXIV, XXVI conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management (Bled, Slovenia, 2-4 June 2008, Deggendorf, Germany, 22-24 September 2014); 16<sup>th</sup> Biennial Conference of the ERB 2016 «Hydrological behaviour in small basins under changing conditions» (Bucharest, Romania, 5-8 September 2016); Науково-практичний семінар з нагоди Всесвітнього метеорологічного дня та Всесвітнього дня води (м. Київ, 22-23 березня 2016 р.); Нарада-семінар фахівців та керівників структурних підрозділів гідрометеорологічних організацій з питань здійснення гідрологічних спостережень (м. Київ, 25-27 жовтня 2016 р.).

**Публікації.** Основні результати досліджень опубліковано в 61 науковій праці, в тому числі: 21 статтю – у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 4 статті – у закордонних фахових виданнях, 12 статей – в інших виданнях, 23 тезах доповідей і матеріалах наукових конференцій, одному навчальному посібнику.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків та списку використаних джерел (415 найменувань на 45 стор.), додатків. Повний обсяг дисертації становить 399 сторінок, з яких 261 сторінка основної частини, 71 рисунок, 21 таблиця, 8 додатків на 91 сторінці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання, перераховано основні методи дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Відображено зв'язок із науковими програмами і темами, апробацію результатів дисертації на конференціях і в публікаціях.

У **першому розділі** «Сучасний стан методичних підходів щодо просторово-часових закономірностей водного стоку річок» розглянуто основні завдання та методи дослідження водного стоку річок, розвиток наукових підходів у світі та в Україні, надбання щодо оцінок та тенденцій можливих майбутніх змін водного стоку річок.

Водний стік річок визначає ступінь водозабезпеченості території та населення, а також надлишок або дефіцит водних ресурсів, тобто він є важливим соціально-економічним показником розвитку країни. Отже, оцінка сучасних водних ресурсів, а також прогнозування їхнього стану на майбутнє є основними завданнями гідрологічної науки. Для дослідження водного стоку річок у всьому світі використовують досить значну кількість методів, методик і методологічних підходів, які є загальновідомими. Разом з тим, загальноприйнятої класифікації цих методів до цього часу не було розроблено. Різні автори описують методи за своїми уподобаннями, що призводить до певної плутанини та ускладнює уявлення про

внесок кожного методу в розвиток гідрологічної науки. Вирішення будь-якого гідрологічного завдання можливо здійснити шляхом застосування низки методів, зазвичай різних за своїми властивостями. Актуальним завданням гідрологічного аналізу залишається оцінювання правомірності застосування різних методів до гідрологічної інформації, а, відповідно, й отримання обґрунтованих та достовірних оцінок водного стоку.

Основна увага у роботі приділяється аналізу способів та методів, які дозволяють вивчати просторово-часові закономірності водного стоку, а саме тенденції його змін. Проте, для більш ґрунтовного розуміння як розвитку, так і застосування методів дослідження водного стоку річок у роботі надано короткий історичний аналіз наукових надбань вчених у різні часові епохи.

Широкого застосування у світі набули два методичних підходи щодо виявлення змін у часових гідрологічних рядах спостережень: детерміністичний та статистичний. Кожен з них відображає уявлення про механізми формування водного стоку річок. Аналіз часових рядів на основі детерміністичного (генетичного) підходу дозволяє на фізичному рівні вивчати закономірності умов формування водного стоку і, відповідно, їхні зміни як у часі, так і просторі. Саме такий аналіз дає відповіді на причини виникнення та час настання змін у часових рядах спостережень. Статистичний підхід, заснований на використанні математичного апарату до рядів спостережень у відповідності про багатofакторність умов формування водного стоку, дозволяє розглядати цей процес як стохастичний. Статистичні методи надають лише кількісну оцінку параметрів, рангів, за якими відбувається дослідження.

У закордонній літературі детерміністичний підхід представлено графічними методами до яких в основному належать різноманітні графіки кореляційного зв'язку, частоти появи величини, гістограми, сумарну криву, подвійну сумарну криву, інтегральну криву відхилень, хронологічні графіки тощо. Серед графічних методів переважна більшість дослідників надає перевагу методам сумарної та подвійної сумарної кривої, а також інтегральної кривої відхилень. Метод сумарної кривої та інтегральної кривої відхилень було розроблено У. Ріпплом, який у 1883 році опублікував своє дослідження щодо визначення оптимальної ємності водосховища і, відповідно, «ідеальної» висоти греблі. Методичні надбання щодо цих методів у своїх дослідженнях розвивали А. Шокліч (Schoklitch A., 1923), Ю. Новотні (Novotny J., 1925), С. Меріам (Merriam C.F., 1937). Метод подвійної інтегральної кривої було розроблено С. Меріам (Merriam C.F., 1937) під час дослідження часових рядів атмосферних опадів та річкового стоку. Основні методичні підходи щодо застосування методу подвійної інтегральної кривої розвивали М. Кохлер (Kohler M.A., 1949), Л. Вайс і В. Вілсон (L.L. Weiss & W.T. Wilson, 1953), Ю. Серси і К. Хардісон (Searcy J.K. & Hardison C.H., 1960), К. Ехлерт (Ehlert K.W., 1972) та ін.

У другій половині ХХ ст. поряд з детерміністичними методами аналізу часових рядів також активно розвивались статистичні підходи. Значна кількість світової наукової літератури присвячена аналізу часових рядів. Великий науковий інтерес викликала монументальна монографія Бокса і Дженкінса (Box G.E.P. and

Jenkins G.M., 1970), яка заклала методичні основи аналізу часових рядів у різних галузях, наприклад, економіки, природничих науках тощо. У роботі Саласа (Salas J.D., 1993) можна знайти практичне застосування цього аналізу стосовно гідрологічних рядів спостережень.

При використанні статистичних методів гідрологічна інформація має відповідати певним вимогам. Так, емпіричні ряди спостережень повинні бути *випадковими, незалежними у часі, однорідними та стаціонарними*. Крім того, бажано, щоб гідрологічні ряди ще й підпорядковувалися *нормальному закону розподілу*, оскільки більшість статистичних методів розроблена саме для нього. Також, більш достовірні оцінки можна отримати використовуючи тільки *тривалі ряди* (бажано 100 років і більше) спостережень. Розраховані ж статистики повинні мати такі необхідні властивості як *незміщенність, спроможність, ефективність, достатність*. У дослідженнях багатьох гідрологів світу доведено, що гідрологічні ряди, зазвичай, не відповідають вищенаведеним вимогам.

За кордоном найбільш розповсюдженими методами оцінювання однорідності та стаціонарності є непараметричні критерії, які не потребують знань про закон розподілу рядів спостережень. Серед них найбільш вживаними є тести Terry, Spearman, Wald-Wolfowitz, Mann-Kendall тощо. У керівництві з гідрологічної практики Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) (2009 р.) зазначено, що статистична перевірка часового ряду не завжди може надати достовірний результат і, саме тому, для отримання більш надійних результатів рекомендується використовувати кілька методів. При цьому, зрозуміло, що статистичні тести не повинні бути ідентичними, тобто мати однакові характеристики, а саме чутливість до закону розподілу, автокореляційних зв'язків тощо. У рамках Всесвітньої кліматичної програми «Вода» були розроблені загальні рекомендації по методології застосування статистичних методів щодо виявлення змін у гідрологічних рядах спостережень. Найбільшої уваги заслуговують роботи Кавадіаса (Cavadias G., 1992), Кундцевіча і Робсона (Kundzewicz Z.W. and A. Robson, 2000, 2004). У цих роботах наведено інструкції щодо вибору статистичних тестів з урахуванням особливостей гідрологічних рядів спостережень з метою отримання більш достовірних результатів для виявлення змін у рядах гідрологічних спостережень, а також причин, що їх обумовлюють. Через залежність гідрологічних рядів, відхилення законів їхнього розподілу від нормального та наявність довготривалих циклічних коливань непараметричні і параметричні статистичні тести не можуть бути застосовані для отримання достовірних результатів. Саме тому, Кундцевіч і Робсон рекомендують статистичні тести застосовувати тільки через формат повторної вибірки. Підкреслюється, що результати статистичних тестів важливо перевіряти графічними методами, а також максимально можливими історичними відомостями про дані спостережень, тобто при виявленні змін у гідрологічних рядах спостережень необхідно застосовувати детерміністичний підхід.

У Росії (розробник Державний гідрологічний інститут (ДГІ), м. Санкт-Петербург), а також країнах колишнього Радянського Союзу здебільшого використовують параметричні статистичні критерії Фішера і Стьюдента, які було адаптовано до гідрологічних рядів. Зазначимо, що адаптацією статистичних

параметричних критеріїв до гідрологічних рядів довгий час займався і продовжує займатися практично лише ДГІ. В Україні також використовують методичні розробки ДГІ 80-х років минулого століття, оскільки оновлення нормативних і методичних підходів вітчизняними вченими-гідрологами досі не виконано.

Отже, за останні 30-40 років методичні надбання щодо застосування детерміністичних методів у дослідженнях майже не розвивались і на сьогодні потребують оновлення та розроблення нових підходів. При дослідженні просторових закономірностей водного стоку застосовують різноманітні методи. Зазвичай використовують як статистичні, так і генетичні методи. Загалом дослідженням просторово-часових закономірностей водного стоку річок України не приділяється належна увага. Серед сучасних досліджень можна виділити роботи, в яких вивчаються просторово-часові закономірності водного стоку річок в окремих басейнах. Поява такого потужного інструментарію як ГІС-технології дала змогу їх активного залучення для аналізу водного стоку річок. Це потребує розробки методологічних засад застосування ГІС для дослідження просторового розподілу гідрологічних характеристик річок України. Потребують оновлення також відомості щодо внутрішньорічного розподілу стоку води річок України, оскільки вони були отримані в 50–80 рр. ХХ ст. за короткими рядами спостережень.

У роботі Kundzewicz Z.W., Somlyódy L. (1997) проаналізовано методи, які звичайно застосовують при вивченні впливу змін клімату на водні ресурси. Найбільший розвиток отримав напрямок досліджень, який базується на твердженні, що потепління клімату відбувається внаслідок надходження в атмосферу парникових газів, насамперед, вуглекислого газу ( $CO_2$ ) від промислових підприємств. Зазначимо, що як у світі, так і в Україні не існує єдиної наукової точки зору щодо можливого розвитку кліматичних змін на Землі. Найбільшої популярності набули протилежні погляди: похолодання та потепління клімату.

В Україні дослідженнями впливу змін клімату на водні ресурси за даними проєкцій загальних моделей циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО) займалися Шерешевський А.І., Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Сніжко С.І. та ін. Окремі автори прогнозують значні зміни водних ресурсів України у ХХІ ст. аж до пересихання річок степової зони за 40-70 років. На нашу думку, такі катастрофічні результати пов'язані з неналежною увагою авторів до обґрунтованості застосованих методичних підходів для оцінювання водного стоку річок України.

У **другому розділі** *«Методологічні основи гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок»* виконано класифікацію сучасних методів дослідження водного стоку річок, визначено роль і місце серед них гідролого-генетичних методів, опрацьовано та обґрунтовано засади комплексного гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок.

Особливістю методів гідрологічних досліджень є те, що всі вони тісно пов'язані між собою. Для більш ґрунтовнішого розуміння гідрологічних методів наукового аналізу було виконано їхню класифікацію. Усі методи було поділено на три основні групи, а саме: за способом отримання вихідної інформації та знань, методи за приналежністю до наукової дисципліни та комбіновані методи (рис. 1). Доведено, що гідролого-генетичні методи належать до комбінованих методів дослідження.



Рис. 1. Класифікація основних методів гідрологічних досліджень

Аналіз наукової літератури щодо застосування гідролого-генетичних методів показує, що методичні рекомендації розробляють для кожного методу окремо і для вирішення окремого завдання. Наприклад, застосування сумарної кривої для оцінки роботи водосховища або подвійної сумарної кривої для виявлення змін у рядах спостережень. Разом з тим, за допомогою певних гідролого-генетичних методів можна успішно вирішувати оцінювання просторово-часових закономірностей водного стоку річок. Отже, такий алгоритм досліджень доцільно назвати гідролого-генетичним аналізом. Враховуючи актуальність детерміністичного (генетичного) підходу, який на фізичному рівні дозволяє вивчати закономірності умов формування водного стоку і, відповідно, їхні зміни як у часі, так і просторі, на нашу думку, кращим є саме термін «гідролого-генетичний аналіз». По-перше, така назва розкриває сутність дослідження, тобто пріоритетними методами дослідження є методи, які виявляють фізичні причини мінливості, змін водного стоку річок. По-друге, такий аналіз оперує не просто загальним набором методів, що належать до гідролого-генетичних (графічних), а лише певною методологічно обґрунтованою кількістю методів, послідовність застосування яких і дозволяє вирішувати основні завдання гідролого-генетичного аналізу. У здійсненні гідролого-генетичного аналізу використовують як основні графічні методи (сумарна крива, інтегральна крива відхилень, суміщені хронологічні графіки, криві Ендрюса), так і філософські, статистичні, ймовірнісні, порівняння, узагальнення, синтезу, аналогії, ПС-технології тощо.

*Метою* гідролого-генетичного аналізу є з'ясування просторово-часових закономірностей водного стоку річок. *Головним завданням* гідролого-генетичного аналізу є встановлення тенденцій, мінливості та змін водного стоку річок як у часі, так і просторі. *Об'єктом дослідження* гідролого-генетичного аналізу є водний стік річок. *Предметом дослідження* гідролого-генетичного аналізу є тенденції,

мінливість, зміни водного стоку річок та особливості їхнього розподілу як у часі, так і просторі. *Головним принципом* гідролого-генетичного аналізу є отримання обґрунтованих і, відповідно, більш достовірних як сучасних, так і перспективних оцінок водного стоку річок. Такий принцип реалізується шляхом одночасного застосування кількох методів з подальшим аналізом отриманих результатів, а також ретельною адаптацією, верифікацією моделей тощо.

Виходячи з мети, завдань і методів, можна сформулювати і певний алгоритм реалізації гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок, який розроблено для річок України. Зазначимо, що такий алгоритм майже не відрізняється від загальної процедури будь-якого гідрологічного аналізу. Його особливістю є саме методологія дослідження, що складається з застосування певних послідовно-обґрунтованих методик і підходів. Отже, загальна комплексна схема дослідження гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок, а також методи та підходи, які застосовують при цьому такі:

- оцінювання однорідності й стаціонарності рядів спостережень (сумарна крива, інтегральна крива відхилень, суміщені хронологічні графіки);
- дослідження внутрішньорічного розподілу стоку води річок (інтегральна крива відхилень, суміщені хронологічні графіки, криві Ендрюса, метод компоновки);
- аналіз просторово-часової мінливості водного стоку річок (інтегральна крива відхилень, суміщені хронологічні графіки, криві Ендрюса);
- розрахунок гідрологічних характеристик різної ймовірності перевищення (криві ймовірнісного розподілу);
- побудова карт просторового розподілу гідрологічних характеристик із використанням ГІС-технологій (MapInfo, загальна інформаційна стратегія реалізації основних положень Рамкової Директиви 2000/60/ЕС, принцип неперекривання водозборів річок);
- дослідження можливих майбутніх змін водного стоку річок з використанням даних регіональних кліматичних моделей (моделювальний комплекс Mike 11, метод водного балансу, кореляційний аналіз, суміщені хронологічні графіки, ансамблевий підхід, методи порівняння, узагальнення).

Запропонована комплексна схема реалізації гідролого-генетичного аналізу дозволяє вирішувати основні завдання щодо оцінювання сучасних та можливих майбутніх змін водного стоку річок, а також представляти отримані результати дослідження на сучасному рівні, що повністю відповідає світовим тенденціям картографування.

У **третьому розділі** «*Річний стік води річок та його багаторічні тенденції*» досліджено основні багаторічні тенденції середньорічного стоку води та його кліматичних чинників (середньорічної температури повітря та річних сум атмосферних опадів), визначено розрахункові характеристики та виконано картування норм і коефіцієнтів варіації річного стоку води річок України за допомогою ГІС MapInfo, а також реалізовано методичні засади застосування кривих Ендрюса для гідрологічного районування території України.

Встановлено, що ряди спостережень середньорічної температури повітря, річних сум атмосферних опадів та середньорічного стоку води річок на території України є однорідними і стаціонарними. Показано, що просторово-часова мінливість річного стоку води річок України добре узгоджується з коливаннями річних сум атмосферних опадів у різних фізико-географічних зонах (рис. 2).

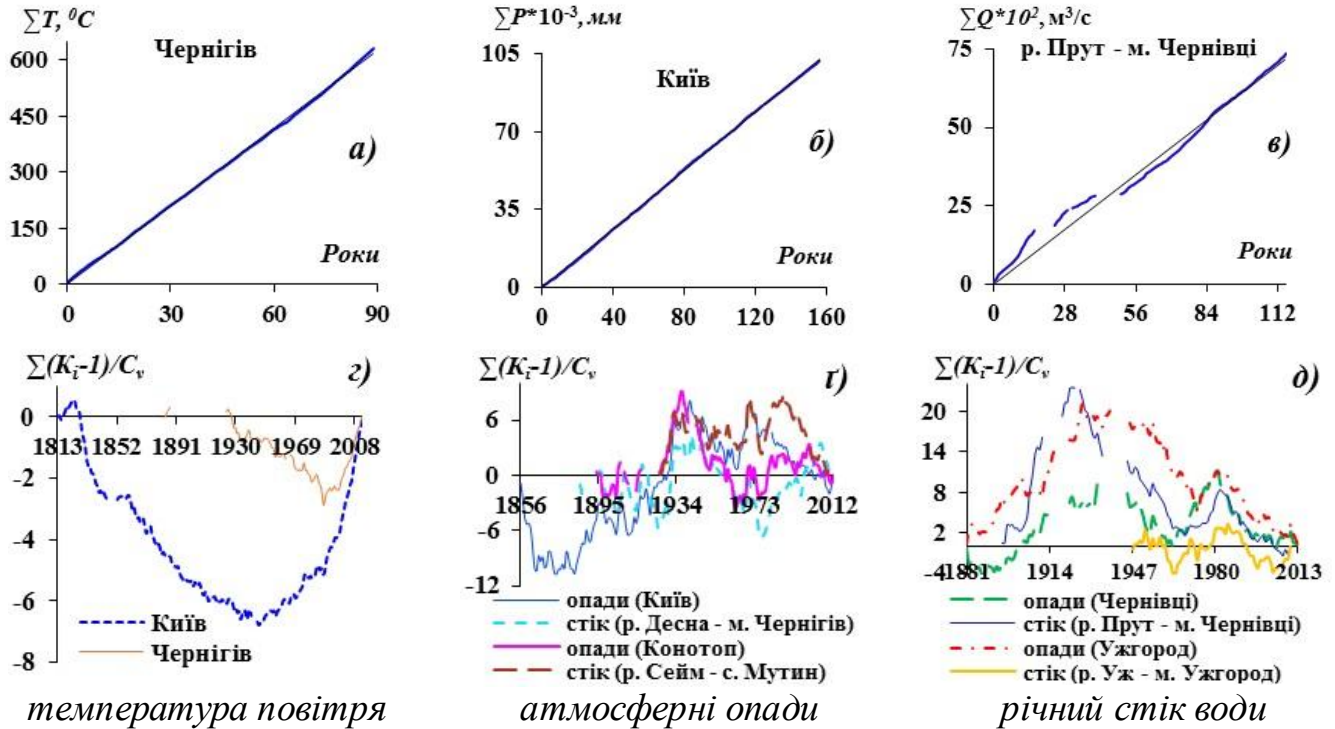


Рис. 2. Сумарні криві (а, б, в) та інтегральні криві відхилень (г, д, е) середньорічного стоку води та його кліматичних чинників

Вигляд інтегральних кривих відхилень середньорічної температури повітря на території України показує, що підвищення температури повітря, яке посилюється з кінця ХХ століття, є тільки однією з фаз довготривалих вікових циклічних коливань (рис. 2 г).

Часова мінливість середньорічного стоку води річок, які мають значний антропогенний вплив, усе ж таки зберігає природні тенденції, оскільки їхні довготривалі циклічні коливання добре узгоджуються з коливаннями стоку на інших постах спостережень, на яких відсутня господарська діяльність або вона незначна.

Виконане відновлення та подовження рядів спостережень річного стоку води річок на основі застосування методу парної регресії за даними річок-аналогів дозволило отримати більш достовірні його сучасні статистичні параметри. Величини норми стоку та коефіцієнтів варіації річного стоку води річок не залежать від площ їхніх водозборів, що дозволяє виконати картування цих параметрів. Просторовий розподіл норми стоку та коефіцієнтів варіації річного стоку води річок виконано з застосуванням принципу неперекривання водозборів річок у ГІС MapInfo Version 12 з використанням триангуляційного методу, який дозволяє позбутися суб'єктивних чинників і автоматично отримувати значення у будь-який

точці карти. Точність побудови інтерполяційних поверхонь норми стоку та коефіцієнтів варіації річного стоку води річок України становить  $\pm 5,34$  і  $\pm 4,06$  % відповідно.

На основі кривих Ендрюса і даних річного стоку води виконано районування території України. Виявлено наявність 13 однорідних гідрологічних районів за умовами формування річного стоку, з яких 4 райони було поділено на підрайони. За допомогою ГІС MapInfo здійснено їх просторове представлення (рис. 3).

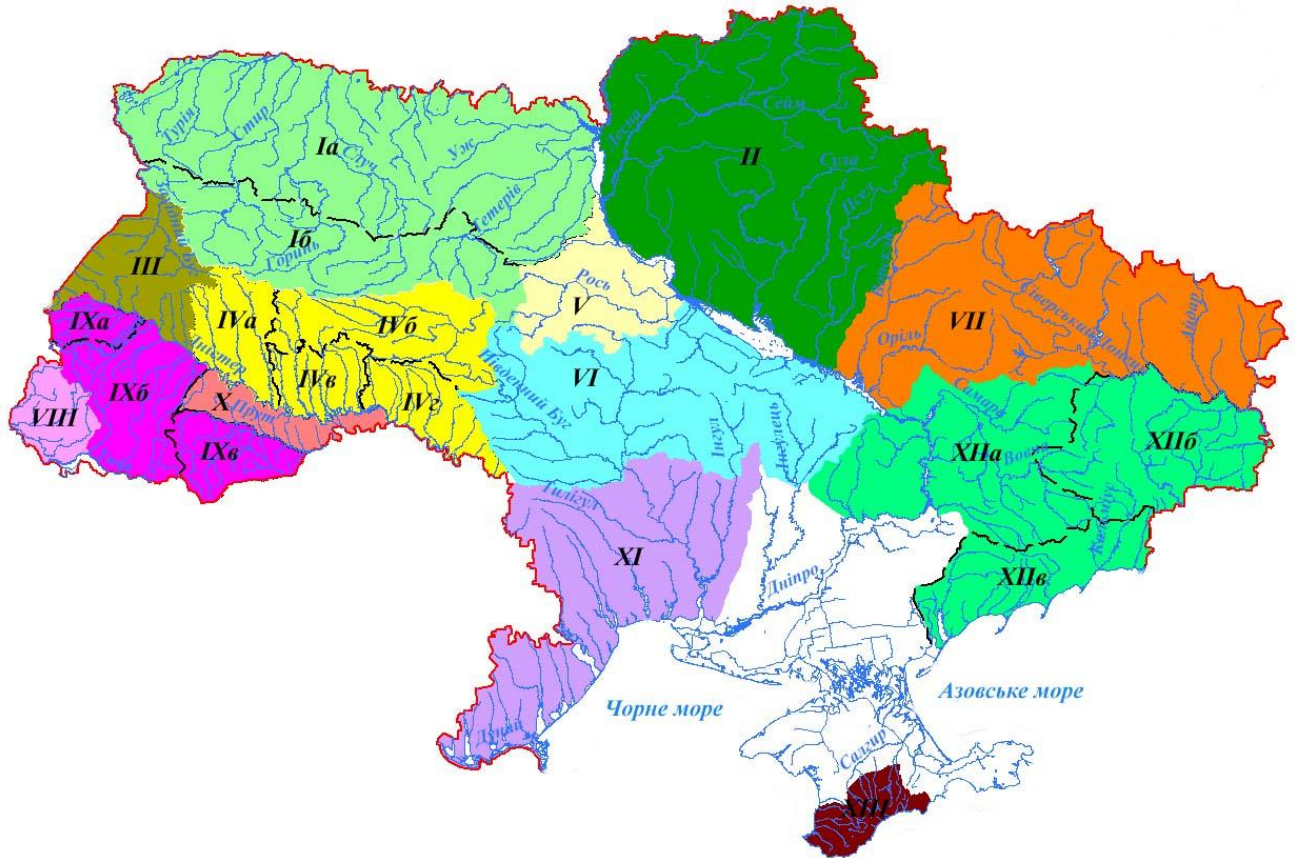
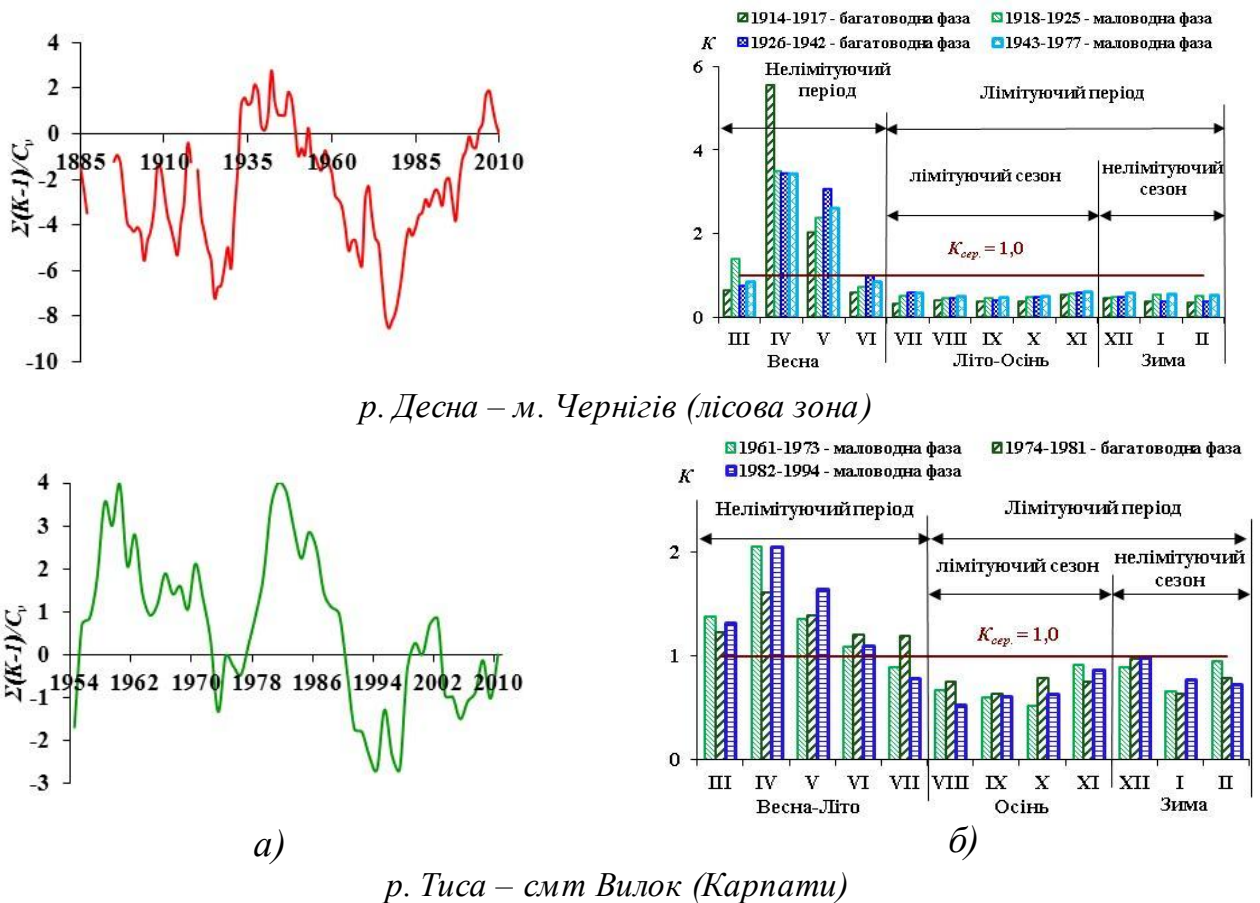


Рис. 3. – Районування річкових водозборів України за умовами формування річного стоку води: I – Поліський район (Ia – Північно-Поліський підрайон, Ib – Південно-Поліський підрайон), II – Деснянсько-Пселський район, III – Західнобузький район, IV – Дністерсько-Бузький район (IVa – Золотолипсько-Серетський підрайон, IVb – Верхньо-Бузький підрайон, IVв – Нічлаво-Студеницький підрайон, IVг – Ушицько-Марківський підрайон), V – Роський район, VI – Бузько-Інгулецький район, VII – Ворскло-Донецький район, VIII – Ужсько-Боржавський район, IX – Карпатський район (IXa – Верхньо-Дністерський підрайон, IXб – Дністерсько-Тиський підрайон, IXв – Сіретсько-Прутський підрайон), X – Вороно-Чорнявський район, XI – Причорноморський район, XII – Самарсько-Приазовський район (XIIa – Самарський підрайон, XIIб – Донецький підрайон, XIIв – Приазовський підрайон), XIII – Кримський район

**Четвертий розділ** «Сучасний внутрішньорічний розподіл стоку води річок України» присвячено аналізу багаторічних коливань сезонного стоку, встановленню закономірностей, особливостей та основних тенденцій коливань, визначенню сучасних строків, тривалості періодів і сезонів водогосподарського року, районуванню водозборів річок України за типами внутрішньорічного розподілу водного стоку.

Встановлено, що в цілому на сумарних кривих середньомісячних витрат води немає однонаправлених змін, що свідчить про однорідність рядів спостережень. Помітні відхилення простежуються лише в рядах окремих річок, які зазнали істотного антропогенного впливу. Найбільші відхилення в напрямках сумарних кривих спостерігаються протягом літньо-осінньої межени, що пов'язано з безповоротним водозабором. Подекуди це пов'язано з циклічними коливаннями стоку. Для річок з повним циклом довготривалих коливань стоку, тобто з маловодною та багатоводною фазами, характерні стаціонарні ряди спостережень.

Виявлено, що залежно від фаз водності середньорічного стоку води відбувається його внутрішньорічний перерозподіл. На рівнинних річках у маловодну фазу водності, порівняно з багатоводною, спостерігаються менші витрати води у період весняного водопілля і більші витрати в період літньо-осінньої межени. У стоці гірських річок можна помітити, що багатоводна фаза по відношенню до маловодної характеризується меншими витратами води в період сніго-дощових паводків і більшими – в період дощових паводків. Залежно від фази водності змінюється перший місяць багатоводного сезону водогосподарського року (рис. 4).



р. Десна – м. Чернігів (лісова зона)

а)

б)

р. Тиса – смт Вилок (Карпати)

Рис. 4. Інтегральні криві відхилень середньорічного стоку води (а) та строки і тривалість періодів водогосподарського року (б) деяких річок України у різні фази водності

За даними синхронних коливань середньомісячних витрат води річок України отримано 10 основних схем внутрішньорічного розподілу стоку води та визначено

межі і тривалість гідрологічних сезонів річок України. Виконано районування річкових водозборів України на основі сучасних типів внутрішньорічного розподілу водного стоку річок і з використанням ГІС MapInfo, яке загалом має спільні риси з районуванням річкових водозборів України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса (див. рис. 3). Внаслідок того, що сучасна мережа гідрологічних спостережень на річках України розміщена нерівномірно та охоплює переважно середні та великі річки, це районування дає лише загальне уявлення про типи внутрішньорічного розподілу стоку води і не може бути використано для малих річок. Загалом внутрішньорічний розподіл стоку води підпорядковується фізико-географічній зональності, на яку впливають висотна пояснальність та індивідуальні особливості водозборів.

У п'ятому розділі «Особливості тенденції максимального стоку води річок України» розглянуто багаторічні тенденції максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження, визначено їхні розрахункові характеристики та просторовий розподіл, встановлено просторово-часові закономірності максимального стоку води дощових паводків.

Відповідно до фізико-географічної зональності та умов формування максимального стоку води розрізняють річки з весняним водопіллям та паводковим режимом. Аналіз сумарних кривих та інтегральних кривих відхилень показав, що наявність у рядах спостережень максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок тільки багатоводної і маловодної фаз циклічних коливань, їхня значна тривалість, а також істотна мінливість максимального стоку води дозволяють віднести такі ряди до квазіоднорідних та квазістаціонарних (рис. 5).

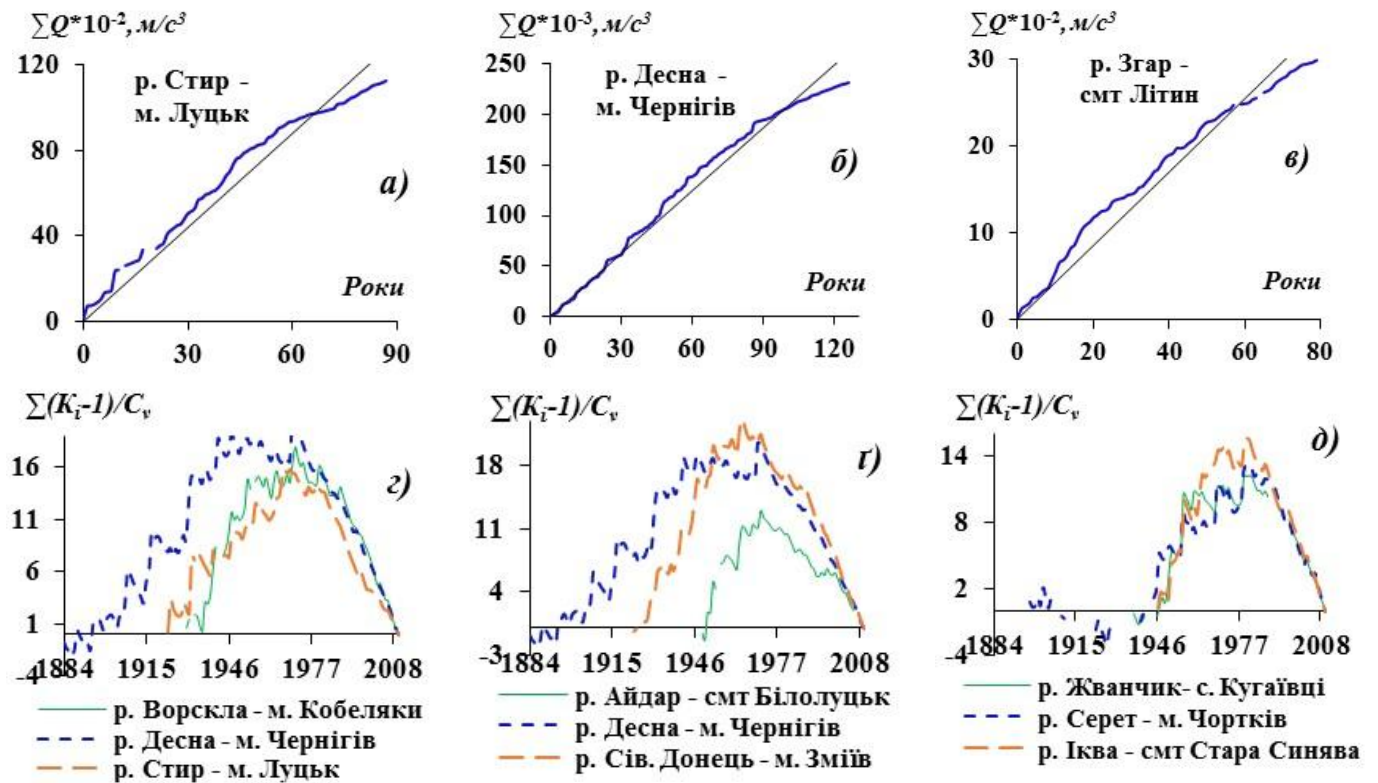


Рис. 5. Сумарні криві (а, б, в) та інтегральні криві відхилень (z, г, д) максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України

Отримані результати підтверджено аналізом багаторічних тенденцій основних кліматичних чинників формування максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок, які було виконано як в наших роботах, так і в роботах Шакірзанової Ж.Р. (2015 р.). Багаторічний перебіг гідрометеорологічних чинників і стокових характеристик весняного водопілля свідчать про циклічність їхніх коливань.

Просторово-часові коливання максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України характеризуються синхронністю та синфазністю (рис. 5 з, г, д).

Разом з тим, аналіз рядів спостережень максимальних витрат води паводків холодного періоду року для гірських річок Карпат та Криму виявив їхню однорідність і стаціонарність, оскільки вони мають кілька повних циклів багаторічних коливань. На відміну від рівнинних річок, фази циклічних коливань максимального стоку води гірських річок мають значно меншу тривалість.

Визначено розрахункові параметри максимального стоку води весняної повені та паводків змішаного походження річок України. Це дозволило виконати їхнє узагальнення і картування. Щодо останнього, то його здійснено стосовно середнього багаторічного шару стоку весняної повені та паводків змішаного походження, а також його коефіцієнту варіації. Встановлено, що ці параметри майже не залежать від площі водозборів. Щодо річок Криму, то картування їхніх параметрів є дещо умовним, оскільки витримати вимоги щодо картування гідрологічних характеристик цього регіону дуже складно через те, що місцеві річки переважно малі і дуже зарегульовані. Укладені карти можуть бути рекомендовані для практичного застосування.

Ряди спостережень максимальних витрат води дощових паводків річок України є однорідними та стаціонарними, оскільки їхні довготривалі циклічні коливання містять багатоводні та маловодні фази порівняно невеликої тривалості (у середньому 20-30 років). Крім того, довготривалі циклічні коливання максимальних витрат води дощових паводків є синхронними та синфазними, крім річок басейну Сіверського Дінця, Приазов'я та Криму. Для останніх простежується синхронність коливань, але відсутня синфазність.

У шостому розділі «Просторова-часова мінливість мінімального стоку річок України» виконано оцінювання часових багаторічних тенденцій мінімального стоку води, а також досліджено його циклічні коливання.

Аналіз багаторічних тенденцій мінімальних середніх 30-ти добових витрат води показав, що наявні ряди спостережень можна віднести до квазіоднорідних і квазістаціонарних. Це пояснюється наявністю в рядах тільки маловодної та багатоводної фаз циклічних коливань значної тривалості (рис. 6). Аналіз найтриваліших рядів спостережень меженного стоку води, наприклад, рядів на гідрологічних постах р. Південний Буг – смт Олександрівка, р. Стир – м. Луцьк, р. Прут – м. Чернівці, р. Дністер – м. Заліщики, показав, що вони не мають повного циклу коливань, тобто завершених багатоводної та маловодної фаз. Отже, як і максимальний стік води весняного водопілля рівнинних річок, мінімальний стік літньо-осінньої та зимової межени вирізняється значною тривалістю багаторічних фаз

циклічних коливань, які є протифазними до циклічних коливань максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок.

Аналіз інтегральних кривих відхилень показав, що у кожній фізико-географічній зоні як в зимову, так і в літньо-осінню межень на більшості гідрологічних постів мінімальний стік води річок є синхронним і в переважній більшості – синфазним, що свідчить про однорідність кліматичних умов його формування (рис. 6 з, т). Для річок Карпат з нестійким льодоставом мінімальні середні 30-ти добові витрати води мають різноманітні циклічні коливання, які є асинхронними та асинфазними, що можна пояснити особливостями підстильної поверхні водозборів (рис. 6 д).

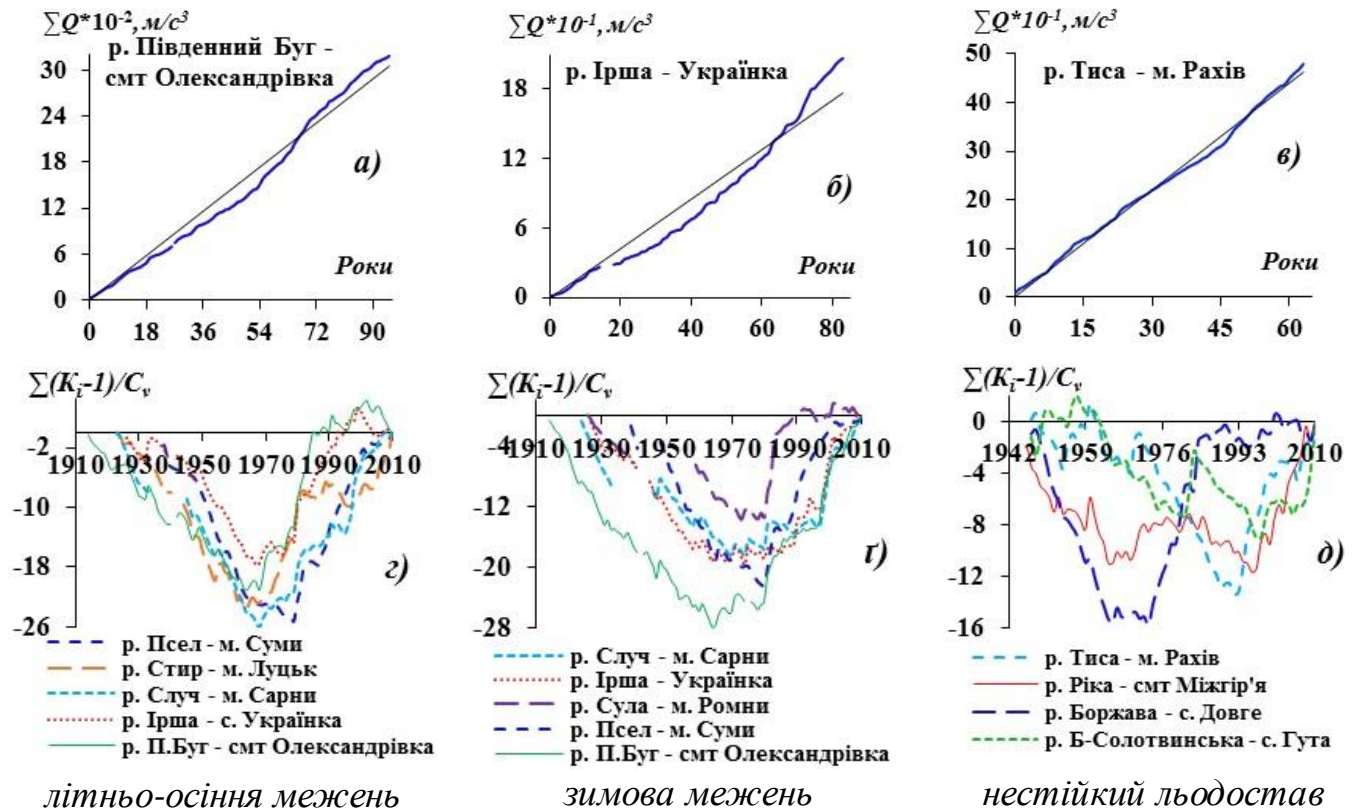


Рис. 6. Сумарні криві (а, б, в) та інтегральні криві відхилень (з, т, д) мінімальних середніх 30-ти добових витрат води деяких річок України

Багаторічні коливання мінімальних середніх 30-ти добових витрат води гірських річок Криму з нестійким льодоставом у переважній більшості характеризуються асинхронністю та синфазністю.

У сьомому розділі «Можливі зміни водного стоку річок України на середину ХХІ століття» виконано адаптацію гідрологічного модуля (NAM) моделі Rainfall-Runoff програмного гідрологічного комплексу Mike 11, статистичну реалізацію методу водного балансу для річкових басейнів, а також досліджено просторовий розподіл взаємозв'язків основних елементів водного балансу річкових водозборів за багаторічний період, які розташовані в різних фізико-географічних зонах. Виконано районування території за основними типами співвідношень між елементами водного балансу, оцінювання можливих майбутніх змін середньорічного стоку води на середину ХХІ століття.

Найважливішою характеристикою водності річки є середньорічний стік. Саме для цієї характеристики було виконано перспективну оцінку її зміни на середину XXI століття. Як базовий вибрано період 1991-2010 рр., прогнозований – 2031-2050 рр. Крім того, вибрано оптимальний сценарій розвитку суспільства А1В. Серед усіх кліматичних характеристик річкового басейну саме опади мають провідну роль у формуванні водного стоку, тому для дослідження було вибрано дані регіональних кліматичних моделей (РКМ), які мають найкращі показники верифікації щодо кількості опадів (Краковська С.В., 2013 р.). Для моделювання та прогнозування можливих змін середньорічного стоку річок використано гідрологічний модуль NAM моделі Rainfall-Runoff моделюючого комп'ютерного комплексу Mike 11 (Данія, DHI) та водно-балансовий метод. В якості репрезентативних водозборів було вибрано 31 басейн, які добре характеризують умови формування водного стоку на всій території України.

Аналіз результатів верифікації модуля NAM, який було реалізовано для басейнів річок Західного Бугу, гірських річок і верхніх лівобережних приток Дністра, гірських приток Сірету, Тиси та Прута, для базового періоду 1991-2010 рр. показав, що якість моделювання за незалежними даними має категорію, яка повністю відповідає якості калібрування (задовільна та добра). Для зазначених вище річок спостерігається чітка залежність від опадів як водного стоку, так і випаровування. Для всіх інших басейнів спостерігається дуже тісна залежність випаровування від опадів за помірної та слабкої залежності водного стоку від опадів. Зв'язок опадів з водним стоком зменшується по мірі просування на південь. З застосуванням ГІС MapInfo виконано районування території України за основними типами співвідношень між елементами водного балансу за багаторічний період 1961-2010 рр. Уточнення та визначення меж деяких підрайонів можливо в майбутньому при реконструкції гідрометеорологічних спостережень.

Статистичну реалізацію методу водного балансу для репрезентативних басейнів виконано для періоду 1961-2010 рр. Для цього ж періоду здійснено верифікацію водно-балансових співвідношень.

Створення ансамблю при використанні модуля NAM відбувалося на основі розрахунку трьох характеристик, а саме середнього значення, найбільшої схожості змодельованого і спостережного гідрографів та коефіцієнтів кореляції між ними. Принцип найбільшої схожості усередненого багаторічного гідрографу, який отримано за результатами моделювання за даними декількох РКМ (ансамблю) до багаторічного гідрографу, за даними спостережень здійснювався на основі використання середньої евклідової відстані:

$$\eta = \frac{1}{12} \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (Q_i^N - Q_i^R)^2}, \quad (1)$$

де  $i$  – місяць року;  $Q_i^N$  – витрата води в  $i$ -му місяці за даними спостережень, м<sup>3</sup>/с;  $Q_i^R$  – витрата води в  $i$ -му місяці змодельована за даними РКМ, м<sup>3</sup>/с.

За оптимальним визнають той ансамбль, для якого отримують найменші значення середньої евклідової відстані, найбільші коефіцієнти кореляції та

найменша відносна похибка середнього значення. Дослідження виконано за даними трьох РКМ, а саме *REMO/ESCHAM5*, *RCA3-E/ESCHAM5*, *RCA3-B/BCM*. Створення ансамблів для водно-балансового методу виконувалося за результатами верифікації РКМ щодо кількості опадів, а саме було використано дані чотирьох РКМ *REMO/ESCHAM5*, *RCA3-E/ESCHAM5*, *RCA3-B/BCM*, *RRCM/HadCM3Q0*. Результати для водозбору річки отримано шляхом усереднення.

Для отримання більш достовірних результатів для водозборів гірських річок використано два методи одночасно, а саме гідрологічний модуль NAM RR Mike 11 та водно-балансовий метод, що дозволило виконати порівняльний аналіз отриманих результатів. За обома методами одержано близькі результати.

Можливі майбутні зміни середньорічного стоку води річок України на середину ХХІ століття за даними 4 РКМ (*REMO*, *RCA3-E*, *RCA3-B*, *RRCM*) за сценарієм розвитку суспільства А1В по відношенню до базового періоду 1991-2010 рр. найвірогідніше будуть знаходитися в межах природних коливань водності (рис. 7).

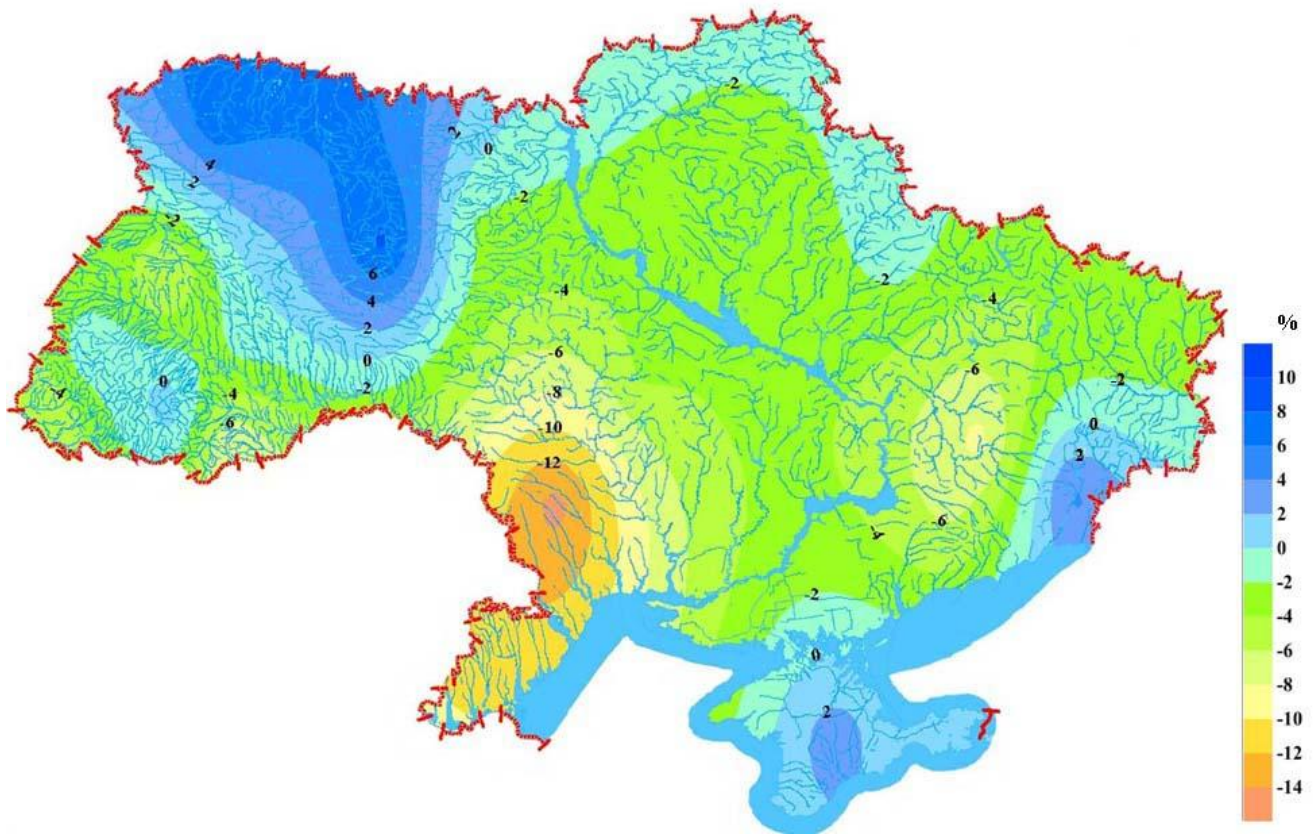


Рис. 7. Можливі майбутні зміни середньорічного стоку води (%) річок України на період 2031-2050 рр. відносно базового періоду 1991-2010 рр. за даними РКМ, сценарій А1В

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано методологію гідролого-генетичного аналізу водного стоку і виконано її практичну реалізацію. Основні висновки дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконано аналіз сучасних методів дослідження водного стоку річок, а також їхню класифікацію. Усі методи було поділено на три основні групи, а саме: за способом отримання вихідної інформації та знань, методи за приналежністю до наукової дисципліни та комбіновані методи. Доведено, що гідролого-генетичні методи належать до комбінованих методів дослідження.

2. Обґрунтовано та відпрацьовано методологічні засади комплексного гідролого-генетичного аналізу водного стоку річок, який дозволяє отримувати більш достовірні оцінки як сучасних, так і можливих змін річкового стоку, що досягається застосуванням певних послідовно-обґрунтованих методик та підходів. Отже, у роботі розроблено методик оцінювання однорідності та стаціонарності рядів спостережень, методичні підходи щодо класифікації та районування гідрологічних характеристик на основі кривих Ендрюса, побудови карт просторового розподілу гідрологічних характеристик з використанням ГІС-технологій, удосконалено методичні підходи щодо дослідження внутрішньорічного розподілу стоку води річок, а також створено методологію дослідження можливих майбутніх змін водного стоку річок з використанням даних регіональних кліматичних моделей.

3. Встановлено, що просторово-часова мінливість річного стоку води річок України добре узгоджується з коливаннями річних сум атмосферних опадів у різних фізико-географічних зонах. Ряди спостережень середньорічного стоку води річок є однорідними і стаціонарними, оскільки його багаторічні тенденції вказують на наявність у рядах спостережень повних циклів коливань як довгострокових, так і короткострокових. Короткі ряди спостережень є квазістаціонарними, оскільки їхня тривалість є недостатньою для визначення фаз водності – маловодної та багатоводної. Вигляд інтегральних кривих відхилень середньорічної температури повітря на території України показує, що підвищення температури повітря, яке особливо інтенсивно спостерігається з кінця ХХ століття, є тільки однією з фаз довготривалих вікових циклічних коливань.

4. Визначено сучасні статистичні параметри річного стоку води річок України. Просторовий розподіл норми стоку та коефіцієнтів варіації річного стоку води річок виконано з застосуванням принципу неперекривання водозборів річок у ГІС MapInfo Version 12 з використанням триангуляційного методу, який дозволяє позбутися суб'єктивних чинників і автоматично отримувати значення у будь-якій точці карти. Точність побудови інтерполяційних поверхонь норми стоку та коефіцієнтів варіації річного стоку води річок України складає  $\pm 5,34$  і  $\pm 4,06$  % відповідно. Отримані карти норми стоку і коефіцієнтів варіації річного стоку води річок загалом правильно відображають їхні зміни по території України, а саме їхній просторовий розподіл підпорядковується фізико-географічній зональності, яка порушується висотною поясністю та індивідуальними особливостями водозборів річок. Отже, отримані карти можуть бути рекомендовані для практичного застосування.

5. Реалізовано алгоритм класифікації річкових басейнів на основі кривих Ендрюса для виявлення однорідних гідрологічних районів на прикладі річного стоку води річок України, який вирізняється достовірністю та об'єктивністю. Отримано 13 однорідних гідрологічних районів за умовами формування річного стоку води, з

яких 4 райони було поділено на підрайони. Виконано їх просторове представлення за допомогою ГІС MapInfo. Сучасна мережа гідрологічних спостережень України є недостатньою і недосконалою для узагальнення просторових характеристик.

6. Встановлено, що ряди спостережень середньомісячних витрат води річок України є однорідними та стаціонарними, крім річок, що перебувають під значним антропогенним впливом. Середньомісячні витрати води річок України в кожній фізико-географічній зоні характеризуються синхронними коливаннями. Внаслідок довготривалих циклічних коливань середньорічного стоку води річок відбувається внутрішньорічний перерозподіл стоку води. На рівнинних річках в маловодну фазу водності по відношенню до багатоводної спостерігаються менші витрати води за період весняного водопілля і більші витрати води за період літньо-осінньої межени. На гірських річках багатоводна фаза відносно маловодної характеризується меншими витратами води за період сніго-дощових паводків і більшими – за період дощових паводків. Залежно від фази водності змінюється перший місяць багатоводного сезону водогосподарського року.

7. За синхронними коливаннями середньомісячних витрат води річок України отримано 10 основних схем внутрішньорічного розподілу стоку води на основі аналізу даних за весь період спостережень з урахуванням циклічних коливань. Визначено сучасні строки, тривалість періодів, сезонів внутрішньорічного розподілу водного стоку річок України. Виконано районування річкових водозборів України за сучасними типами внутрішньорічного розподілу стоку води і з застосуванням ГІС MapInfo. Загалом внутрішньорічний розподіл стоку води річок України підпорядковуються фізико-географічній зональності, на яку впливають висотна поясисть та індивідуальні особливості водозборів річок.

8. Ряди спостережень максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України можна віднести до квазіоднорідних та квазістаціонарних, що пояснюється наявністю у рядах лише багатоводної і маловодної фаз циклічних коливань, їхньою значною тривалістю, а також істотною мінливістю максимального стоку води. Ряди спостережень максимальних витрат води паводків змішаного походження гірських річок Карпат та Криму є однорідними та стаціонарними, окрім рядів, які мають значний антропогенний вплив. Просторово-часові коливання максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України характеризуються синхронністю та синфазністю.

9. Визначено сучасні статистичні параметри максимального стоку води річок України та виконано просторовий розподіл середнього багаторічного шару стоку води весняної повені та паводків змішаного походження, а також його коефіцієнту варіації з застосуванням принципу непререкування водозборів річок у ГІС MapInfo. Однак, для річок Криму просторовий розподіл цих характеристик є дещо умовним, оскільки витримати вимоги щодо картування гідрологічних характеристик для цього регіону не є можливим. Отримані карти можуть бути рекомендовані для практичного застосування.

10. Багаторічні тенденції максимальних витрат води дощових паводків річок України характеризуються циклічними коливаннями, які мають невелику тривалість

(у середньому 20-30 років) порівняно з тривалістю циклічних коливань максимальних витрат води весняної повені рівнинних річок України. Ряди спостережень максимальних витрат води дощових паводків річок України є однорідними та стаціонарними, оскільки їхні довготривалі циклічні коливання мають багатоводні та маловодні фази. Довготривалі циклічні коливання максимальних витрат води дощових паводків є синхронними та синфазними, крім річок басейну Сіверського Дінця, Приазов'я та Криму.

11. Ряди спостережень мінімальних середніх 30-ти добових витрат води річок України можна віднести до квазіоднорідних та квазістаціонарних, що пояснюється наявністю в рядах тільки маловодної та багатоводної фаз циклічних коливань, їхньою значною тривалістю. У кожній фізико-географічній зоні як в зимову, так і в літньо-осінню межень на більшості гідрологічних постів мінімальний стік води річок є синхронним і в переважній більшості – синфазним, що свідчить про однорідність кліматичних умов їхнього формування. Циклічні коливання мінімального стоку води за літньо-осінню та зимову межень є протифазними до циклічних коливань максимального стоку води весняного водопілля рівнинних річок. Для річок Карпат з нестійким льодоставом мінімальні середні 30-ти добові витрати води мають різноманітні циклічні коливання, які є асинхронними та асинфазними, що можна пояснити особливостями підстильної поверхні водозборів. Циклічні коливання мінімальних середніх 30-ти добових витрат води гірських річок Криму з нестійким льодоставом у переважній більшості характеризуються асинхронністю та синфазністю.

12. Кореляційні зв'язки між річними опадами, водним стоком і випаровуванням в річкових басейнах у різних фізико-географічних зонах за період 1961-2010 рр. мають відмінні типи співвідношень. Чітка залежність від опадів як водного стоку, так і випаровування простежується в басейнах річок Західного Бугу, гірських річках та верхніх лівобережних притоках річки Дністер, Сірет, півночі Полісся, а також на гірських річках Криму. Пряма залежність водного стоку від опадів при помірної та слабкої залежності випаровування від опадів характерна для річок басейну Тиси та Пруту. Для всіх інших басейнів спостерігається дуже тісна залежність випаровування від опадів за помірної та слабкої залежності водного стоку від опадів. Зв'язок опадів з водним стоком зменшується по мірі просування на південь. Виконано районування території України за основними типами співвідношень між елементами водного балансу за багаторічний період з застосуванням ГІС MapInfo. Уточнення та визначення меж деяких підрайонів можливо в майбутньому при реконструкції гідрометеорологічних спостережень.

13. Показано, що виходячи зі структури модуля NAM RR Mike 11 (модель із зосередженими параметрами), а також відмінними співвідношеннями між опадами, водним стоком і випаровуванням у різних природно кліматичних зонах на території України калібрування модуля NAM RR Mike 11 можна виконати тільки для водозборів річок, які мають достатньо чіткі залежності від опадів як водного стоку, так і випаровування. Для всіх інших річок потрібно застосовувати гідрологічні моделі іншого класу. Для гірських річок Криму калібрування NAM не вдалося

виконати як через значне антропогенне навантаження, так і значну закарстованість їхніх басейнів.

14. Уперше застосовано комплексний підхід (одночасне застосування декількох методів, ретельна адаптація, верифікація моделей, ансамблевий підхід) для отримання більш достовірних перспективних оцінок водного стоку річок України. Проекції середньорічного стоку води річок України на середину ХХІ століття відносно базового періоду 1991-2010 рр., які отримано за даними РКМ для сценарію розвитку суспільства А1В показують, що найвірогідніше очікувані зміни середньорічного стоку будуть знаходитися в межах природних коливань водності.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Навчальний посібник*

1. **Горбачова Л.О.** Гідрологія: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Л.О. Горбачова. – К.: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. – 125 с.

### *Статті у вітчизняних наукових фахових виданнях*

1. **Горбачова Л.О.** Засади створення ГІС мережі гідрологічних спостережень України / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – № 10. – С. 36-41.

2. **Горбачова Л.О.** Сучасні пріоритети та напрямки гідроекологічних досліджень річкових басейнів / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – № 11. – С. 338-342.

3. **Горбачова Л.О.** Особливості створення тематичних блоків цифрових баз даних розрахункової гідрологічної інформації / Л.О. Горбачова // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2006. – Вип. 255. – С. 282-289.

4. **Горбачова Л.О.** Цифрові бази даних розрахункової гідрологічної інформації / Л.О. Горбачова, А.І. Шерешевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – № 15. – С. 59-63. (особистий внесок здобувача – загальне керівництво дослідженням, узагальнення даних, створення баз даних).

5. **Горбачова Л.О.** Методи інтерполяції норм річного стоку та їх просторове представлення у ГІС / Л.О. Горбачова // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – Одеса. – 2008. – Вип. 50. – Ч. 2. – С. 72-77.

6. **Горбачова Л.О.** Просторове узагальнення норм річного стоку / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – № 18. – С. 107-112.

7. Набиванець Ю.Б. Высокие половодья и паводки в бассейне реки Стырь / Ю.Б. Набиванець, **Л.О. Горбачёва**, В.Н. Корнеев // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2010. – Вип. 259. – С. 217-230. (особистий внесок здобувача – аналіз отриманих результатів, підготовка висновків).

8. **Горбачова Л.О.** Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі Закарпатської воднобалансової станції) / Л.О. Горбачова, Т.О. Баужа // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 175-185. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, аналіз результатів).

9. **Горбачова Л.О.** Каталог весняних водопіль в басейні річки Десна / Л.О. Горбачова, О.В. Колянчук // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 261. – С. 179-

191. (особистий внесок здобувача – постановка мети та завдань дослідження, аналіз результатів).

10. **Горбачова Л.О.** Часова однорідність характеристик водного стоку в басейні річки Боржава / Л.О. Горбачова, В.В. Бібік // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2012. – Вип. 262. – С. 89-94. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, аналіз результатів).

11. **Горбачова Л.О.** Адаптація гідрологічної моделі «опади-стік» Міке 11 до гірських річок / Л.О. Горбачова // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2012. – Вип. 263. – С. 71-77.

12. **Горбачова Л.О.** Часові закономірності дат настання основних характеристик весняного водопілля в басейні р. Десна / Л.О. Горбачова, О.В. Кошкіна // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 2 (29). – С. 30-37. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

13. **Горбачова Л.О.** Багаторічна динаміка льодових явищ в басейні річки Південний Буг / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 3 (30). – С. 21-27.

14. Баужа Т.О. Особливості часового розподілу мінімального стоку води річок та струмків басейну річки Ріка / Т.О. Баужа, **Л.О. Горбачова** // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 4 (31). – С. 36-47. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, частково аналіз результатів, висновки).

15. Баужа Т.О. Циклічні коливання гідрометеорологічних характеристик в басейні р. Ріка / Т.О. Баужа, **Л.О. Горбачова** // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2013. – Вип. 264. – С. 34-43. (особистий внесок здобувача – розроблення методика дослідження, частково аналіз результатів, висновки).

16. **Горбачова Л.О.** Строки та тривалість періодів і сезонів водогосподарського року в басейні річки Південний Буг / Л.О. Горбачова, О.С. Васильєва // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2013. – Вип. 265. – С. 39-45. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

17. **Горбачова Л.О.** Методичні підходи щодо оцінки однорідності та стаціонарності гідрологічних рядів спостережень / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т. 1 (32). – С. 22-31.

18. **Горбачова Л.О.** Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину ХХІ століття) / Л.О. Горбачова // Культура народів Причорномор'я. – 2014. – № 267. – С. 89-94.

19. **Горбачова Л.О.** Просторовий розподіл зв'язків між елементами водного балансу річкових водозборів України / Л.О. Горбачова // Український географічний журнал. – № 2. – 2014. – С. 17-21.

20. **Горбачова Л.О.** Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України / Л.О. Горбачова // Український географічний журнал. – № 3. – 2015. – С. 16-23.

21. **Горбачова Л.О.** Гідрологічне районування території України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса / Л.О. Горбачова, Б.Ф. Христюк // Український географічний журнал. – 2016. – № 3. – С. 27-33.

(особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

*Статті у закордонних наукових фахових виданнях*

1. Holko L. Snow Hydrology in Central Europe [Electronic-Resource] / L. Holko, **L. Gorbachova**, Z. Kostka // Geography Compass. – Vol. 5. – Is. 4. – 2011. – P. 154-218. – Access to the paper: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geco.2011.5.issue-4/issuetoc#> (особистий внесок здобувача – дослідження щодо української частини роботи).

2. **Gorbachova L.** Complex analysis of stationarity and homogeneity of flash flood maximum discharges in the Rika River basin / L. Gorbachova, T. Bauzha // Energetika. – Т. 59. – Nr. 3. – 2013. – P. 167–174. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

3. Hall J. A European Flood Database: facilitating comprehensive flood research beyond administrative boundaries / J. Hall, B. Arheimer, G. T Aronica ... **L. Gorbachova** et al. // Proc. IAHS. – Vol. 370. – 2015. – P. 89-95. (особистий внесок здобувача – створення бази даних для території України та аналіз цих даних порівняно з даними інших країн Європи).

4. **Gorbachova L.** The intra-annual streamflow distribution of Ukraine rivers in different phases of long-term cyclical fluctuations / L. Gorbachova // Energetika. – Т. 61. – Nr. 2. – 2015. – P. 71–80.

*Статті в інших виданнях*

1. **Gorbachova L.** The creation of the databases of the calculated hydrological information with using of the geographical information systems [Electronic-Resource] / L. Gorbachova // The hydrological forecasting and hydrological bases of water management: proceedings of the XXIVth conference of the Danube countries, Bled, Slovenia, 2-4 June 2008 / In. Miltja Brilly & Mojca Šraj (eds.). – Access to the paper: [http://www.ksh.fgg.uni-lj.si/bled2008/cd\\_2008/index.htm](http://www.ksh.fgg.uni-lj.si/bled2008/cd_2008/index.htm)

2. **Gorbachova L.** Features of formation and hydrometeorological characteristics of prominent spring floods in the Desna river basin [Electronic-Resource] / L. Gorbachova, O. Kolianchuk // Water, climate and environment: proceedings of the 5th International scientific conference BALWOIS 2012, 28 May-2 June 2012, Ohrid, Republic of Macedonia / In. M. Morell (eds.). – Access to the paper: <http://www.balwois.com/2012> (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

3. Bauzha T. Estimation of the homogeneity of the average annual runoff of the rivers and streams of the Zaccarpatska station [Electronic-Resource] / T. Bauzha, **L. Gorbachova** // Water, climate and environment: proceedings of the 5th International scientific conference BALWOIS 2012, 28 May-2 June 2012, Ohrid, Republic of Macedonia / In. M. Morell (eds.). – Access to the paper: <http://www.balwois.com/2012> (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, частково узагальнення та аналіз результатів).

4. **Gorbachova L.** Long-term dynamics of the main hydrometeorological characteristics of spring flood in the Desna River's basin / L. Gorbachova &

O. Kolianchuk // Water resource and wetlands: conference proceedings, 14-16 September 2012, Tulcea, Romania / In. Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds.), 2012. – P. 174-179. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

5. **Gorbachova L.** The dynamics and probabilistic characteristics of the ice phenomena of the Danube River and its Kiliysky channel / L. Gorbachova & B. Khrystyuk // Water resource and wetlands: conference proceedings, 14-16 September 2012, Tulcea, Romania / In. Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds.), 2012. – P. 319-324 (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

6. **Gorbachova L.O.** The reasons of the instationarity of the seasonal runoff of rivers and streams in the Rika river basin / T.O. Bauzha, L.O. Gorbachova // Water resource and wetlands: conference proceedings, 14-16 September 2012, Tulcea, Romania / In. Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds.), 2012. – P. 209-214 (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

7. Bauzha T. Features of maximum discharges change of mountain rivers in the Carpathian region: a case study of the water courses in the upper part of the Rika River Basin [Electronic-Resource] / T. Bauzha, **L. Gorbachova** // 10th annual International Conference of Young Scientists on Energy Issues: conference proceedings Cyseni-2013, May 29-31 2013, Kaunas, Lithuania, 2013. – С. IX590-IX600. – Access to the paper: [www.cyseni.com](http://www.cyseni.com) (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, частково узагальнення та аналіз результатів).

8. Koshkina O. Hydro-genetic research method of the main factors of the spring flood in the Desna River Basin [Electronic-Resource] / O. Koshkina, **L. Gorbachova** // 10th annual International Conference of Young Scientists on Energy Issues: conference proceedings Cyseni-2013, May 29-31 2013, Kaunas, Lithuania, 2013. – С. IX 618-631. – Access to the paper: [www.cyseni.com](http://www.cyseni.com) (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, частково узагальнення та аналіз результатів).

9. **Gorbachova L.** Hydro-genetic methods of the analysis of the average annual runoff in the Danube basin / L. Gorbachova, B. Khrystyuk // The hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Bridging the sciences – crossing borders: proceedings of the XXVI conference of the Danubian countries, 22-24 September 2014, Deggendorf, Germany / In. Dorner W, Marquardt A., Schroder U. (eds.), 2014. – P. 71-74 (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

10. **Горбачова Л.О.** Місце та роль гідролого-генетичного аналізу серед сучасних методів дослідження водного стоку річок / Л.О. Горбачова // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2016. – Вип. 268. – С. 73-81.

11. **Горбачова Л.О.** Багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників / Л.О. Горбачова // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2016. – Вип. 269. – С. 94-106.

12. **Горбачова Л.О.** Просторово-часова мінливість максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України /

Л.О. Горбачова, С.Л. Барандіч // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2016. – Вип. 269. – С. 107-114 (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

*Тези доповідей і матеріали наукових конференцій*

1. **Горбачёва Л.А.** Концепция создания цифровых баз данных расчетной гидрологической информации / Л.А. Горбачёва // IV Міжнародний водний форум «AQUA-UKRAINE – 2006»: матеріали наук.-практ. конф. – К., 2006. – С. 42-44.

2. **Горбачова Л.О.** Блоково-модульний принцип організації реляційної структури баз даних розрахункової гідрологічної інформації / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: тези доп. III Всеукр. наук. конф. – К.: Ніка-Центр, 2006. – С. 29-30.

3. **Горбачова Л.О.** Візуалізація просторового розподілу середньобогаторічного річного стоку на основі цифрових тематичних шарів / Л.О. Горбачова // «Вода та Довкілля» V Міжнародного водного форуму «AQUA UKRAINE – 2007»: матеріали наук.-практ. конф. – К.: Міжнародний виставковий центр, 2007. – С. 58-59.

4. **Горбачова Л.О.** Застосування геоінформаційних систем для просторового представлення розрахункової гідрологічної інформації / Л.О. Горбачова // Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти та науки: тези доп. II міжнар. наук.-практ. конф. – Одеса, 2007. – С. 91.

5. **Горбачова Л.О.** Методичні засади створення цифрової карти норм річного стоку / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: матеріали IV Всеукр. наук. конф. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – С. 35-37.

6. **Gorbachova L.O.** The using of the observation data on the small river basins in Ukraine / L.O. Gorbachova // Status and perspectives of hydrology in small basins: extended abstracts of the international workshop, 30 March-2 April 2009, Goslar-Hahnenklee, Federal Republic of Germany. – Landschaftsökologie und Umweltforschung: Institut für Geoökologie der Technischen Universität Braunschweig. – 2009. – No. 50. – P. 87-90.

7. **Gorbachova L.O.** Principles of the creation of the databases of the historical hydrological information from small basins in Ukraine / L.O. Gorbachova // Hydrological Responses of Small Basins to a Changing Environment: book of abstracts of the 13<sup>th</sup> Biennial Conference ERB 2010, 5-8 September 2010, Seggau Castle, Austria / In. Holzmann, H., Godina, R. & Muller, G. (eds.), 2010. – P. 143-146.

8. **Gorbachova L.O.** The estimation of the hydrological cycles of the Salgir River [Electronic-Resource] / L.O. Gorbachova // International Conference Global and Regional Climate Changes: abstracts & proceedings. – 80 min / 700 Mb. – Kyiv, Ukraine, 16-19 November 2010. – 1 електрон. опт. диск. (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP; MS Word 97-2000

9. **Горбачова Л.О.** Сучасні параметри кривих забезпеченостей максимальних витрат води весняної повені рівнинних річок України / Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: матеріали V Всеукр. наук. конф. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т., 2011. – С. 49-52.

10. **Горбачова Л.О.** Багаторічні коливання середньорічних витрат води на річках і струмках Закарпатської воднобалансової станції / Л.О. Горбачова, Т.О. Баужа // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: матеріали V Всеукр. наук. конф. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т., 2011. – С. 52-54. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

11. **Горбачова Л.О.** Динаміка та гідрометеорологічні умови формування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні річки Десна / Л.О. Горбачова, О.В. Колянчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: матеріали V Всеукр. наук. конф. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т., 2011. – С. 54-55. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

12. **Gorbachova L.O.** Estimation of the stationary of the seasonal runoff of the rivers and streams of the Zaccarpatska station / L.O. Gorbachova, T.O. Bauzha // Studies of hydrological processes in research basins: Current challenges and prospects: book of abstracts of the 14<sup>th</sup> Biennial conference ERB 2012, 17-20 September 2012, St. Petersburg, Russia / In. Vuglinsky V., Kopalani Z. & Zhuravin S. (eds.), 2012. – P. 148-152. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

13. Христюк Б.Ф. Льодові явища нижньої частини р. Дунай та їхні статистичні характеристики / Б.Ф. Христюк, **Л.О. Горбачова** // Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології: тези доп. міжнар. наук. конф. студентів та молодих вчених. – Одеса: ТЕС, 2012. – С. 29-30. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, частково узагальнення та аналіз результатів).

14. **Горбачёва Л.А.** Методика оценки стационарности и однородности гидрологических рядов наблюдений на примере бассейна р. Днестр / Л.А. Горбачёва // Региональные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды: тезисы докл. междунар. науч. конф., 2-4 октября 2012 г., Казань, Республика Татарстан, Россия, 2012. – С. 116-117.

15. **Горбачёва Л.А.** Расчётные характеристики внутригодового распределения стока рек и ручьёв Закарпатской воднобалансовой станции / Л.А. Горбачёва, Т.А. Баужа // Региональные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды: тезисы докл. междунар. науч. конф., 2-4 октября 2012 г., Казань, Республика Татарстан, Россия, 2012. – С. 118-119. (особистий внесок здобувача – постановка проблеми, завдань, розроблення методики, аналіз результатів).

16. **Горбачёва Л.А.** Оценка стационарности основных гидрометеорологических характеристик весеннего половодья в бассейне р. Десна / Л.А. Горбачёва, О.В. Колянчук // Региональные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды: тезисы докл. междунар. науч. конф., 2-4 октября 2012 г., Казань, Республика Татарстан, Россия, 2012. – С. 120-121. (особистий внесок здобувача – постановка проблеми, завдань, розроблення методики, аналіз результатів).

17. **Gorbachova L.O.** Forecasted estimations of runoff change in the Dniester Basin under conditions of climate change / L.O. Gorbachova, Yu.B. Nabyvanets // Hydrology and

Society: abstracts of EGU Leonardo 2012, 14-16 November, Torino, Italy, 2012. – 87 с. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів, висновки).

18. **Горбачёва Л.А.** Оценка однородности и стационарности рядов среднегодового стока воды рек Украины [Электронный ресурс] / Л.А. Горбачёва, Б.Ф. Христюк // VII Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докл., 19-21 ноября 2013 г., Санкт-Петербург, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цвет; 12 см. – Систем. требования: Pentium-266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. (особистий внесок здобувача – розроблення методики дослідження, узагальнення та аналіз результатів).

19. Кошкина О.В. Пространственное распределение гидрометеорологических характеристик весеннего половодья в бассейне реки Десна за многолетний период на основе ГИС [Электронный ресурс] / О.В. Кошкина, Д.В. Глотка, **Л.А. Горбачёва** // VII Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докл., 19-21 ноября 2013 г., Санкт-Петербург, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цвет; 12 см. – Систем. требования: Pentium-266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. (особистий внесок здобувача – постановка проблеми, завдань дослідження).

20. Шпиг В.М. Использование мезомасштабной атмосферной модели для гидрологического моделирования и прогноза паводков в бассейнах рек Украинских Карпат [Электронный ресурс] / В.М. Шпиг, **Л.А. Горбачёва** // VII Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докл., 19-21 ноября 2013 г., Санкт-Петербург, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цвет; 12 см. – Систем. требования: Pentium-266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. (особистий внесок здобувача – гідрологічне моделювання та аналіз його результатів).

21. **Gorbachova L.** Modelling and estimation of possible future changes of average annual runoff in the Rika River basin / L. Gorbachova // Advances in Hydrologic Research on Pristine, Rural and Urban Small Basins: book of abstracts of the 15<sup>th</sup> Biennial conference of the ERB 2014, 9-13 September 2014, Coimbra, Portugal / In. M. Isabel P. de Lima, Joao L.M.P. de Lima (eds.), 2014. – P. 20-21.

22. **Горбачова Л.О.** Ансамблевий підхід щодо перспективних оцінок зміни водного стоку річок України / Л.О. Горбачова // Проблеми гідрології, гідрохімії і гідроекології: матеріали VI Всеукр. наук. конф. з міжнар. участю. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014. – С. 64-66.

23. Khrystyuk V. The ice regime of the rivers within Zaccarpatska water-balance station / V. Khrystyuk, **L. Gorbachova** // Hydrological behaviour in small basins under changing conditions: book of abstracts of the 16<sup>th</sup> Biennial Conference of the Euromediterranean network of Experimental and Representative Basins, 5-8 September 2016, Bucharest, Romania / In. Gabriel Minea, Georgiana Pătru, Gianina Neculau (eds.), 2016. – P. 22. (особистий внесок здобувача – проведено розрахунки, частково аналіз результатів).

## АНОТАЦІЯ

**Горбачова Л.О.** Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук за спеціальністю 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України, Київ, 2017.

На прикладі річок України обґрунтовано методологію гідролого-генетичного аналізу просторово-часових закономірностей водного стоку річок та виконано її практичну реалізацію. Розроблено алгоритм послідовно обґрунтованих методик і підходів, які дозволяють отримувати більш достовірні оцінки як сучасних, так і можливих майбутніх змін водного стоку річок.

Встановлено, що основні багаторічні тенденції водного стоку річок України полягають у наступному: водному стоку річок, як і кліматичним чинникам його формування притаманні однорідні (квазіоднорідні) та стаціонарні (квазістаціонарні) тенденції, які вказують на наявність у рядах спостережень циклічних коливань: як довго-, так і короткотривалих. Внаслідок довготривалих циклічних коливань середньорічного стоку води річок відбувається його внутрішньорічний перерозподіл. На рівнинних річках циклічні коливання мінімального стоку води за літньо-осінню та зимову межень є протифазними до циклічних коливань максимального стоку води весняного водопілля. Циклічні коливання максимальних витрат води дощових паводків річок України, а також паводків змішаного походження річок Карпат і Криму мають невелику тривалість порівняно з тривалістю циклічних коливань максимальних витрат води весняної повені рівнинних річок України.

Можливі майбутні зміни середньорічного стоку води річок України на середину ХХІ століття за даними 4 РКМ (*REMO*, *RCA3-E*, *RCA3-B*, *RRCM*) за сценарієм розвитку суспільства А1В по відношенню до базового періоду 1991-2010 рр. найвірогідніше будуть знаходитися в межах природних коливань водності.

**Ключові слова:** гідролого-генетичний аналіз, водний стік, циклічні коливання, гідрологічне моделювання, водно-балансовий метод, регіональні кліматичні моделі

## АННОТАЦІЯ

**Горбачёва Л.А. Гидролого-генетический анализ пространственно-временных закономерностей водного стока рек Украины: методология, тенденции, прогноз. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко Министерства образования и науки Украины, Киев, 2017.

Обосновано методологию гидролого-генетического анализа пространственно-временных закономерностей водного стока рек и выполнена её практическая реализация на примере рек Украины. Разработан алгоритм определенных последовательно обоснованных методик и подходов, который позволяет получать более достоверные оценки как современных, так и возможных будущих изменений речного стока.

Установлено, что основные многолетние тенденции водного стока рек Украины заключаются в следующем: водному стоку рек, как и климатическим факторам его формирования присущи однородные (квазиоднородные) и стационарные (квазистационарные) тенденции, которые указывают на наличие в рядах наблюдений циклических колебаний, как долго-, так и кратковременных. Вследствие долговременных циклических колебаний среднегодового стока воды рек происходит его внутригодовое перераспределение. На равнинных реках циклические колебания минимального стока воды в летне-осеннюю и зимнюю межень являются противофазными по отношению к циклическим колебаниям максимального стока воды весеннего половодья. Циклические колебания максимальных расходов воды дождевых паводков рек Украины, а также паводков смешанного происхождения рек Карпат и Крыма имеют небольшую продолжительность по сравнению с продолжительностью циклических колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья равнинных рек Украины.

Возможные будущие изменения среднегодового стока воды рек Украины к середине XXI века по данным 4 РКМ (REMO, RCA3-E, RCA3-B, RRCM) по сценарию развития общества A1B относительно базового периода 1991-2010 гг., скорее всего, будут находиться в пределах естественных колебаний водности.

**Ключевые слова:** гидролого-генетический анализ, водный сток, циклические колебания, гидрологическое моделирование, водно-балансовый метод, региональные климатические модели

## SUMMARY

**Gorbachova L.O. Hydro-genetic analysis of the spatio-temporal regularities of streamflow rivers of Ukraine: methodology, trends, forecast.**

The thesis for the degree of doctor of geographical sciences, speciality 11.00.07 – land hydrology, water resources, hydrochemistry. – Taras Schevchenko National University of Kyiv of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2017.

Methodology of hydro-genetic analysis of spatio-temporal regularities of streamflow rivers was substantiated and its were realized the practical on the example of Ukrainian rivers. The algorithm successively of substantiated methods and approaches was developed, which provides more reliable estimates of both current and possible future changes of streamflow rivers.

It was found that the main long-term tendencies in streamflow rivers of Ukraine are as follows: the streamflow rivers, as well as climatic factors its formation were having the homogeneous (quasihomogeneous) and stationary (quasistationary) tendencies that indicate the presence in the observation series of cyclical fluctuations (long- and short-term). The increase an average annual air temperature in Ukraine that occurs especially intensively since the late XX century is only just one of the phases of the long-term cyclical fluctuations. As a result of long-term cyclical fluctuations of a streamflow, the intra-annual streamflow redistribution occurs in the Ukrainian rivers. On plain rivers, the dry phase in relation to the wet phase is characterized by lower discharges during spring flood and by higher discharges during summer-autumn low water. The mountain rivers have the following tendency: the wet phase in relation to the dry phase is characterized by

lower discharges during snow-melt floods and by higher discharges during rain floods. For plain rivers the cyclical fluctuations of minimum discharges in the summer-autumn and winter time are antiphase relative to the cyclical fluctuations of maximum discharges spring floods. Cyclical fluctuations of maximum discharges rain floods of Ukrainian rivers, as well as the snow-rain floods of the Carpathians rivers and the Crimea rivers are of short duration compared to the duration of the cyclical fluctuations of maximum discharges spring floods.

The projections of mean annual streamflow of Ukrainian rivers in the middle of the 21st century compared to the base period 1991-2010 for the A1B society evolution scenario, showed that most likely, the possible future changes of mean annual runoff will be insignificant.

Hydrologic regionalization has important scientific and practical importance. The traditional methods such regionalization are regression and cluster analysis, method of principal components, but it has a high degree of subjectivity. In this paper, the methodological principles employing the Andrews' Curves for hydrologic regionalization the territory of Ukraine were created. Were obtained the 13 homogeneous hydrological regions, the 4 of which were divided into sub-districts. The spatial representation the hydrologic regionalization was created the using GIS MarInfo.

The calculated characteristics were obtained and the cartographic representation of the spatial distribution of annual streamflow, of maximum discharges spring floods and of snow-rain floods with MapInfo GIS were carried out. The intra-annual streamflow distribution of Ukraine rivers using the data for the entire observation period and taking into account the cyclical fluctuations of streamflow have carried out. The 10 new schemes of the intra-annual streamflow distribution of Ukrainian rivers have obtained as well as the terms, the periods durations of the hydrological seasons have defined. The regionalization of river basins of Ukraine based on modern types of intra-annual streamflow distribution of Ukraine rivers using GIS MapInfo have carried out. For the period 1961-2010 years, the values of the elements of water balance catchments of rivers that are located in different physiographic zones of Ukraine were calculated. The types of the linear correlation between precipitation, evaporation and runoff of the rivers for the catchments has been determined and their spatial distribution has been researched.

**Keywords:** hydro-genetic analysis, streamflow rivers, cyclical fluctuations, hydrological modeling, water-balance method, regional climate models