

ВОДНОБАЛАНСОВІ МЕТОДИ У ФІТОКЛІМАТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Розглянуті методологічні питання фітокліматологічних досліджень. Показана роль методу балансових досліджень у процесі вивчення і оцінювання водних ресурсів. Методами балансових розрахунків визначена ступінь зволоження території басейну Сів.Донця з урахуванням змінності клімату.

Ключові слова: воднобалансові методи, фітокліматологічні дослідження, зміни клімату.

Ю.Ф. Кобченко, О.Ю. Кобченко, В.А. Резуненко. ВОДНО-БАЛАНСОВЫЕ МЕТОДЫ В ФИТОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. Рассмотрены методологические вопросы фитоклиматологических исследований. Показана роль метода балансовых исследований в процессе изучения и оценивания водных ресурсов. Методами балансовых расчетов определена степень увлажнения территории бассейна Сев. Донца с учетом изменения климата.

Ключевые слова: воднобалансовые методы, фитоклиматологические исследования, изменение климата.

Постановка проблеми. Фітокліматологія, як розділ кліматології, вивчає клімат у відповідності до життєдіяльності агрокультур і біоценозу у цілому. У процесі розвитку рослинність активно формує своє середовище життєдіяльності, у тому числі і фітоклімат. Визначення кількісних показників залежності росту, розвитку і у цілому вегетації рослин від основних кліматичних факторів – це основне практичне значення фітокліматології. Серед таких показників провідним фітокліматичним фактором є вологозабезпеченість рослин у процесі вегетації. Це служить вихідними положеннями для встановлення можливостей застосування воднобалансового підходу у фітокліматологічних дослідженнях, де воднобалансові процеси вивчалися як метод кількісної оцінки гідрометеорологічних процесів, що впливають на формування фізико-географічного середовища і вегетацію культур в зв'язку з їх продуктивністю [12].

Мета дослідження. Актуальність визначених проблем зумовило вибір теми роботи, мета якої визначити рівень вологозабезпеченості вегетації агрокультур і біоценозу території басейну Сіверського Дінця.

Вихідні передумови. Роботи по вивченню водно-теплового балансу земної поверхні розпочаті в 40-50 роках ХХ ст. у ГГО і були узагальнені в роботах М.І. Будико [1]. В 60 роках ХХ ст. такі дослідження проведені на території України. Підсумки цих досліджень були викладені в роботах колективу УкрНДГМІ під керівництвом О.Р. Костянтинова [12]. Водно-тепlobалансові дослідження проводилися і в інших наукових центрах України, зокрема в ХДУ під керівництвом Г.П.Дубинського і торкалися розробки теоретичних і методичних питань гідрометеорологічного забезпечення зрошуваного землеробства [10]. Нами у фітокліматологічних дослідженнях використані

розрахункові водно-тепlobалансові методи для аналізу ступеню зволоженості і оцінки водних ресурсів басейну Сів. Дінця [11].

Використані матеріали і методи дослідження. В основу воднобалансових розрахунків покладено кліматичну інформацію "Справочника по климату СССР" (1966-1969) і "Научно-прикладного справочника СССР" (1990), які визначині як стандартні, що відображали на той час кліматичні умови. За останній період сталися зміни клімату у глобальному і регіональному масштабах, тому для об'єктивної характеристики сучасного клімату і його змін використані значення середньої річної кількості опадів за період спостережень з 1990 по 2012 роки, що відноситься до періоду максимального потепління глобального клімату.

Основним методом дослідження став системний підхід, що передбачає вивчення багатоеlementного складного об'єкту – гідросфери у взаємозв'язках, взаємовідношеннях і взаємозалежностях його складових від погоди і клімату і у цілому від ландшафтних умов. У роботі застосований метод статистичної обробки даних. Фактичним матеріалом у гідрологічній статистиці слугують гідрологічні дані, які складені у ряди і використовуються для подальшої статистичної обробки.

Виклад основного матеріалу. Водний баланс складається з прибуткової та витратної частини, до яких входять: кількість опадів, випаровування з водозбору та річний шар стоку. Атмосферні опади, як важлива ланка вологообігу є головним джерелом поновлення водних запасів і відносяться до важливої характеристики зволоження території. Закономірність просторового розподілу опадів в Україні зумовлена загальними циркуляційними факторами і рельєфом, що визначає регіональні особливості розподілу опадів. Тому, у відповідності до цього, особливістю просторового розподілу опадів

у басейні Сіверського Дінця є їх зменшення з північного заходу у напрямі на південний схід від 600 мм до 525 мм, а у межах Донбасу намічається знову підвищення до 600 мм [10].

Згідно отриманих розрахунків, за даними метеорологічних станцій території басейну Сіверського Дінця, була складена порівняльна таблиця середньої багаторічної кількості атмосферних опадів (табл. 1).

Для воднобалансових розрахунків використовують значення середньої кількості опадів, що випадають на території басейну ріки. Для території басейну Сіверського Дінця ця величина нами визначалась двома методами: середньо арифметичним та методом ізогіет [7]. Це дає уяву про розподіл опадів у часі і просторі.

Таблиця 1

Середня багаторічна кількість атмосферних опадів на території басейну Сіверського Дінця

№п/п	Назва станцій	Висота станції над рівнем моря, м	Середня кількість опадів (мм) за період	
			1961-1990р.	1990-2012р.
1.	Золочів	158.7	572	564
2.	Великий Бурлук	175.1	608	553
3.	Харків	154.0	525	524
4.	Комсомольське	101.9	529	558
5.	Ізюм	78.8	567	572
6.	Лозова	176.7	575	522
7.	Куп'янськ	82.9	556	568
8.	Артемівськ	137.0	528	521
9.	Сватове	91.1	538	537
10.	Дебальцеве	334.0	586	583
11.	Дар'івка	303.0	598	591
Сума			6182	6093

Статистичні розрахунки показали, що середня багаторічна кількість опадів на території басейну Сіверського Дінця за період з 1961 року по 1990 рік, який прийнято вважати за норму, складає 562 мм, а за останні роки (1990-2012 р.р) складає 554 мм.

Аналізуючи зроблені розрахунки, можна сказати, що за період 1990-2010 рр. на території басейну Сів.Дінця спостерігається тенденція зменшення кількості опадів, що обумовлено потеплінням клімату і частими посухами у літній період за останні двадцять років.

Метод ізогіет дає безпосередній і наочний розподіл опадів по території басейну Сіверського Дінця. Точність методу залежить від щільності розташування пунктів спостереження та рівномірного розподілу опадів. Для реалізації цього методу нами складені карти розподілу опадів по території басейну Сів.Дінця. Використовуючи картографічні розрахунки, зокрема площі, які замкнені між сусідніми ізогіетами, і середні по цим площам шару опадів, була визначена середня кількість опадів по території басейну Сіверського Дінця за формулою (1):

$$H_{cp} = \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}, \quad (1)$$

де, H_{cp} - середня кількість опадів;

h – значення половини суми опадів між суміжними ізогіетами;

f - площі між суміжними ізогіетами.

Підрахунок середнього по площі шару опадів за різні періоди спостережень були зведені у відповідні таблиці. Вони показали, що норма опадів (період 1961-1990р.р) складає 559 мм, а за період 1990-2012 роки середній шар опадів по території басейну Сів.Дінця складає 553 мм.

Розрахункові результати цих двох методів наведені у таблиці 2. За кінцевий результат приймаємо значення, який визначили методом ізогіет. Перевага методу ізогіет полягає у безпосередньому та наочному розподілі опадів по території водозбору.

Як бачимо з таблиці 2, розходження незначні. Для подальших розрахунків приймаємо величини середнього шару опадів, які обчислені методом ізогіет.

Аналізуючи побудовані карти і зроблені розрахунки, можна зробити висновок, що за період 1990-2012 р.р. у порівнянні з багаторічним періодом (нормою) на території басейну р.Сів.Дінця спостерігається тенденція зменшення кількості опадів, що обумовлено підвищенням температури і частими посухами у літній період за останні двадцять років.

Результат розрахунків середніх шарів атмосферних опадів двома методами (басейн Сів.Дінця)

Метод	Середній шар опадів, мм	
	1961-1990р.р	1990-2012р.р
Середньоарифметичний	562	554
Метод ізогіт	559	553

Випаровування є однією з провідних складових водного балансу. За рахунок його атмосфера насичується вологою і обмінюється теплом з землею поверхнею. Випаровування безпосередньо впливає на атмосферні процеси приземного шару атмосфери. Величини випаровування мають широке практичне використання, особливо у сільському господарстві. Завдяки цьому, випаровування є предметом дослідження тривалий час, а для визначення кількісних величин випаровування були використані різні групи методів, серед яких найбільшого поширення мали експериментальні, аналітичні і графічні методи.

Для території України величини сумарного випаровування були розраховані за даними мережових метеостанцій у відповідності до методики, розробленої в УкрНДГМІ під керівництвом О.Р.Костянтинова [14].

Метод О.Р.Костянтинова, який заснований на теорії турбулентної дифузії і має вигляд но-

мограми для обчислення сумарного річного випаровування за допомогою температури та вологості повітря, дає можливість визначити величини сумарного випаровування за встановлений період. Використовуючи цю методику нами був зроблений розрахунок середнього річного випаровування з території басейну Сіверського Дінця (табл.3).

В основу розрахунків величин сумарного випаровування за період 1961-1990 років узяті дані кліматологічних довідників [8,15]. Визначене, таким чином, середнє річне випаровування становить 447 мм і слугує кліматичною нормою для території басейну р.Сіверського Дінця. Для порівняння величин сумарного випаровування, розрахованих за період 1990-2012 років, зі стандартними величинами узятя поточна кліматологічна інформація метеостанцій території басейну р.Сіверського Дінця. Середня величина випаровування для всього басейну за вказаний період складає 458 мм.

Розрахунок річного випаровування для території басейну р.Сів.Дінця

№ п/п	Назва станції	Температура, °С		Вологість, гПа		Випаровування, мм	
		норма	1990-2012	Норма	1990-2012	Норма	1990-2012
1.	Золочів	6.8	7.3	8.0	8.6	425	435
2.	В.Бурлук	6.8	7.1	8.1	8.6	425	435
3.	Харків	7.5	7.8	8.4	8.9	430	450
4.	Комсомольське	7.7	8.2	8.2	9.2	435	460
5.	Ізюм	7.9	8.2	8.2	9.3	435	460
6.	Лозова	7.8	8.1	8.6	9.0	450	465
7.	Куп'янськ	7.7	8.0	8.2	9.0	445	450
8.	Артемівськ	8.3	8.4	8.9	9.4	475	470
9.	Сватове	7.7	7.8	8.5	9.0	445	450
10.	Дебальцеве	7.3	7.5	8.9	9.4	460	475
11.	Дар'ївка	7.5	7.6	9.0	9.4	480	485
Сума		83.0	86.0	93.0	99.8	4905	5035
Середнє по басейну		7.6	7.8	8.5	9.0	447	458

Таким чином, зміна кліматичних умов і, зокрема, термічного режиму значно впливає на режим випаровування. Зроблені розрахунки величин сумарного випаровування за встановлені періоди дослідження показали, що в басейні Сіверського Дінця спостерігається тенденція до зростання випаровування в межах 11 мм на фоні підвищення температури повітря.

Наступним елементом витратної частини водного балансу є поверхневий стік. У водно-балансних розрахунках використовують таку величину, як висота шару стоку, що в одиницях вимірювання (мм) співставна з опадами і виражає кількість води, яка стікає з водозбору за будь-який період часу (рік, місяць, доба) та дорівнює товщі шару, який рівномірно розподіляється по площі цього водозбору. Інші гідроло-

гічні характеристики стоку, такі як об'єм стоку – кількість води, яка стікає з водозбору за будь-який інтервал часу (в даному випадку за рік) і модуль стоку – кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу, є допоміжними величинами для обчислення висоти шару стоку. У гідрологічних розрахунках головною характеристикою річкового стоку є витрати води, а решта характеристик, по суті є похідними від відповідних витрат води. Тому для будь-якої конкретної гідрологічної характеристики використовують відповідні витрати води або інші обчислені за витратами гідрологічні характеристики [3]. Ці гідрологічні характеристики були розраховані за два періоди: за період 1961-1990 р.р.і прийняті як норма, та за останній період (1990–2012рр.), для якого характерні зміни клімату у бік потепління (табл. 4).

Розрахунки середнього багаторічного стоку показали, що за період 1961-1990 років ця величина становить 78 мм, за період 1990-2012 р.р становить відповідно 72 мм.

За даними таблиці 4 складені карти розподілу шару стоку по території басейну Сіверського Дінця (рис.1). Аналіз карт і гідрологічні розрахунки, що зроблені за визначений період показують, що в умовах потепління клімату і більш інтенсивного випаровування спостерігається зменшення у розподілі висоти шару стоку на території басейну Сіверського Дінця.

Визначення складових водного балансу дає можливість розрахувати водний баланс уціло-

му. Для цього була складена зведена таблиця (5), до якої увійшли окремі складові водного балансу, що розраховані для порівняння за два періоди 1961-1990 і 1990-2012 роки.

В основу розрахунків величин водного балансу покладена методика, розроблена в УкрНДГМІ [14]. При визначенні водного балансу річкового басейну з природним режимом стоку для гідрологічного року, на протязі якого відбувається цикл накопичення й витрати вологи з поверхні басейну, його рівняння у загальному виді можна записати у такому вигляді :

$$H = E + S \pm \Delta W, (2)$$

де, H – атмосферні опади в межах водозбору, мм;

E – сумарне випаровування з водозбірною басейну, мм;

S – шар річкового стоку у створі, мм;

ΔW – зміна запасів ґрунтових вод у басейні, мм;

Рівняння (2) справедливе для розрахунку водного балансу середніх і великих басейнів, які мають ґрунтове живлення. Але значення та знак ΔW у рівнянні змінюються в залежності від ступеня накопичення або витрат запасів ґрунтових вод за розрахунковий період. У посушливі роки запаси ґрунтових вод будуть зменшуватися, внаслідок витрати частини їх на річковий стік і випаровування. У вологі роки, навпаки, частина опадів йде на наповнення запасів ґрунтових вод. Тому для середнього багаторічного періоду, до якого входять засушливі

Таблиця 4

Розрахунок характеристик водного режиму р.Сів.Дінця (1990–2012 рр.)

№ п/п	Р.Сів.Дінець Гідропости	Гідрографічна і гідрологічна характеристика				
		Площа басейну (км ²)	Ср.річні витрати води (л/с)	Сумарний об'єм стоку (км ³)	Ср.річні модуль стоку (л/с рік)	Сумарний шар стоку (мм)
1	Огурцеве	5540	16.8	530	3.0	96
2	Чугуїв	10360	19.7	621	1.9	60
3	Зміїв	16600	45.0	1420	2.2	71
4	Ізюм	22600	51.5	1590	2.2	70
5	Єремівка	38300	89.0	2810	2.3	73
6	Райгородок	39000	68.1	2160	1.7	55
7	Стародубовка	54400	83.1	2640	1.8	59
8	Лисичанськ	52400	106	3340	2.0	64
9	Кружилівка	173200	194	6130	2.6	84

Таблиця 5

Вихідні дані обчислення водного балансу для басейну Сів.Дінця

Назва елемента	Величина елемента за період	
	1961-1990 р.р.	1990-2012 р.р.
Атмосферні опади(мм)	559	553
Випаровування (мм)	447	458
Шар стоку (мм)	78	72

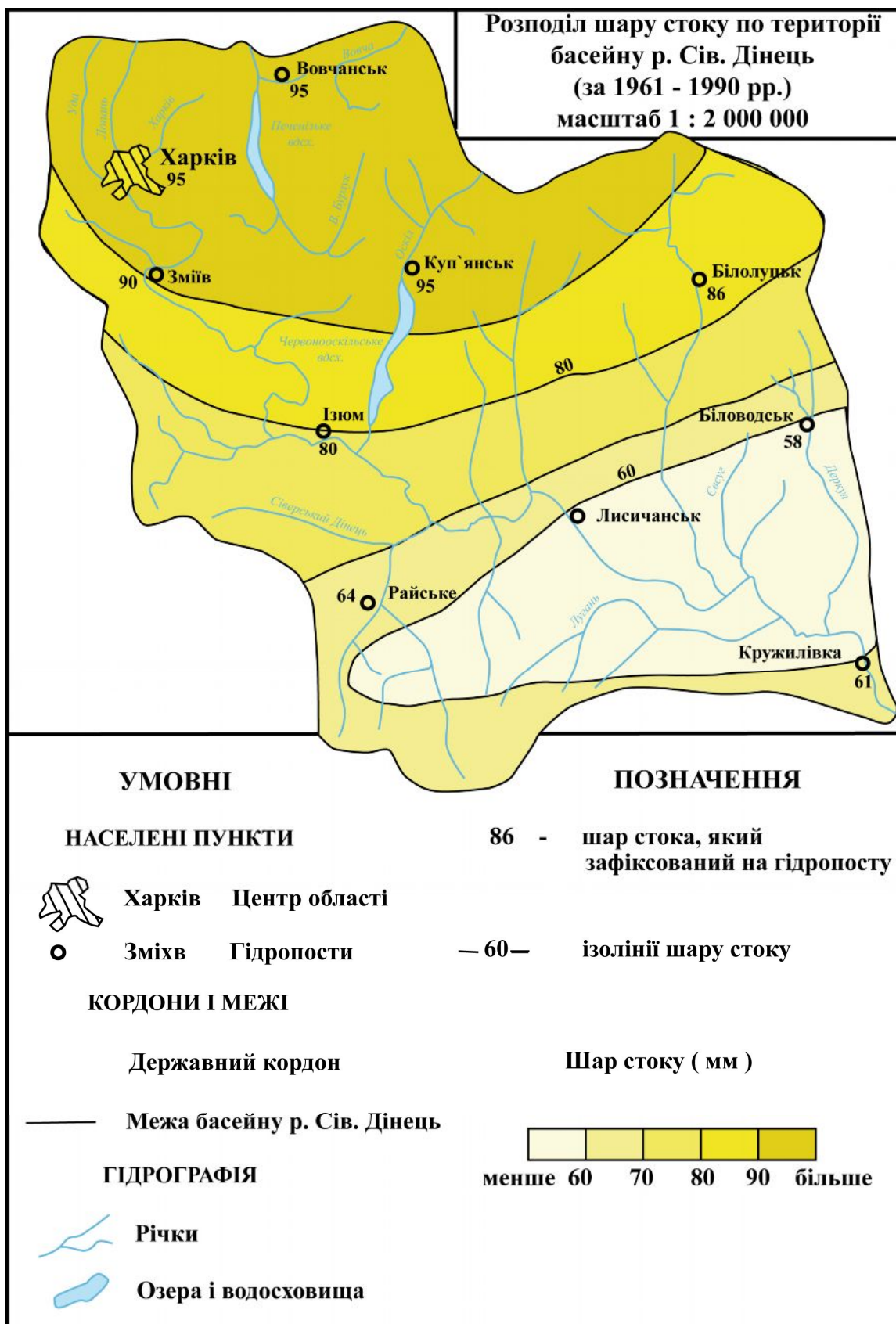


Рис. 1. Розподіл шару стоку по території басейну р. Сів. Дінець (за 1961-1990 рр.)

й вологі роки, абсолютне значення зміни запасів (ΔW) дорівнює нулю. Тоді рівняння водного балансу середнього та великого річкового

басейну з природним режимом буде мати такий вигляд : $H = E + S$, або рівняння (B) водного балансу можна записати у вигляді різниці прибу-

ткової та витратної частини цього водного балансу. Ця величина приводить ліву й праву частини рівняння до рівності та визначається за формулою (3):

$$B = H - E - S. \quad (3)$$

У прибуткову частину входять кількість опадів (mm), яка випала на поверхню водозбору (H) за визначений період часу, а витратна частина складається з таких елементів: E – випаровування з поверхні водозбору (mm) та S – річковий шар стоку (mm).

Підставляємо відомі величини з таблиці 5 у рівнянні (3) і отримуємо значення величин водного балансу (B) за два періоди:

$$\text{період (1961 – 1990): } B_1 = 559 - 447 - 78 = 34 \text{ мм}; \quad (4)$$

$$\text{період 1990 – 2012: } B_2 = 553 - 458 - 72 = 23 \text{ мм}; \quad (5)$$

Аналізуючи рівняння (4) та (5), бачимо зміну водного балансу за останні двадцять років відносно норми. Ця зміна полягає у зменшенні кількості опадів, які випали на поверхню басейну Сів.Дінця і величин шару стоку та навпаки збільшення випаровування з цієї поверхні за рахунок зростання температури повітря, тому у період 1990 – 2012 років прибуткова частина водного балансу зменшилась на 6 мм, а витратна – збільшилась на 7 мм.

Висновок. Таким чином, можна зробити висновок, що використавши метод водного балансу для дослідження закономірностей водообміну в басейні Сів.Дінця встановлено наступне: прибуткова частина водного балансу зменшилась, а витратна, особливо випаровування вологи на території басейну, зросла. Це дає підставу стверджувати, що загальні водні ресурси досліджуваної території за останній період зменшились у зв'язку з сталими змінами клімату у глобальному масштабі і зокрема потепління клімату на регіональному рівні. Отримані результати дослідження можуть бути використані для оцінки водних ресурсів і водогосподарських розрахунків досліджуваної території.

Водні проблеми басейну Сіверського Дінця вимагають негайного рішення, яке неможливе без детального наукового опрацювання питань формування водного балансу річкових водозборів досліджуваної території у природних і в антропогенних умовах, що змінюються. Для цього необхідно оцінити трансформацію водного балансу на даний момент і розробити прогноз зміни водного режиму у зв'язку з прогнозованою зміною клімату з метою розробки компенсуючих заходів для пом'якшення негативних наслідків.

Література

1. Будико М.И. Изменение климата.-Л.Гидрометеиздат,1974.- 65 с.
2. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза.-Л.:Гидрометеиздат,1967.-199 с.
3. Гидрологические и водно-балансовые расчеты. - Киев: Вища шк., 1987. - 274 с.
4. Гидрологические ежегодники. Обнинск:ВНИИГМИ-МЦД.,.Т.2 вып.3. 1961-1990г.г. – 556 с.
5. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України. — К.: Ніка-Центр, 2010. – 346 с.
6. Державний водний кадастр. Розділ 1. Поверхневі води. . — К.: 2009. – 448 с.
7. Дружинин В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / В. С. Дружинин, А. В. Сикан. СПб. : Изд. РГГМУ, 2001. – 168 с.
8. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч.1. Реки и каналы. Том 11. Вып.3. Басейн Сев.Донца, рек Приазовья. — К.: 2009. – 292 с.
9. Кадастр природних ресурсів: Навчальний посібник/ Микула О.Я., Ступень М.Г., Пересоляк В.Ю. – К.: Львів: “Новий світ - 2000” - 2006. – 192 с.
10. Клімат України. / За ред. В.М.Ліпінського.– Київ: , 2003. – 343 с.
11. Кобченко Ю.Ф., Резуненко В.А. Обработка гидрометеорологической экспериментальной информации методом системы кривых Пирсона. //Материалы конференции «Каразинские природоведческие студии». – Харьков, ХНУ, 2004. С.287-290.
12. Кобченко Ю.Ф. Фітопогодний комплекс як система // Вісн.Харк. ун-ту. 2006. № 753: серія Геологія-географія-екологія. С.80-85.
13. Kobchenko Yu.F. Phytoclimatology as a new scientific dranch of atmospheric studies. // Vestn.Khark. un-t. 2011. №956. С. 115-125
14. Константинов А.Р., Сакали Л.И., Гойса Н.И, Олейник Р.Н. Тепловой и водный режим Украины. – Л. : Гидрометеиздат, 1966. – 592 с.
15. Справочник по климату СССР. Ч.1-5. –Л.: Гидрометеиздат,1965-1970. – 572 с.
16. Arkin E., R. Hassin and Levin A. Approximations for minimum and min-max vehicle routing problems. Manuscript, 2003.