

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Загальна гідрологія»
розділ **«Фізична гідрологія»**

для бакалаврів II курсу денної форми навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення
спеціальності «Геодезія та землеустрій»
Протокол № 6 від «15» березня 2023 року

Голова групи _____ Гриб О.М.

Затверджено
на засіданні кафедри гідрології суші
протокол № 7 від «24» 02 2023р.

т.в.о.завідувача кафедри _____ Овчарук В.А.

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Загальна гідрологія»
розділ **«Фізична гідрологія»**

для бакалаврів II курсу денної форми навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
протокол № 6
від «15» березня 2023 р.

Одеса – 2023

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Загальна гідрологія» розділ «Фізична гідрологія» для бакалаврів II курсу денної форми навчання, рівень вищої освіти бакалавр /канд. геогр. н-к, доц. Бурлуцька М.Е , Одеса, ОДЕКУ, 2023р. с. 28

ЗМІСТ

Вступ	4
Розділ 1. Визначення гідрографічних характеристик річок та водозборів.	6
1.1 Визначення гідрографічних характеристик річок.....	6
1.1.1 Довжина водотоку	7
1.1.2 Середній ухил річки.....	7
1.1.3 Гідрографічна звивистість річки.....	8
1.1.4 Приклад розрахунку	8
1.2 Визначення гідрографічних характеристик водозборів	11
1.2.1 Площа водозбору.....	11
1.2.2 Густина річкової мережі.....	12
1.2.3. Приклад розрахунку.....	12
Контрольні запитання.....	14
Література	14
Розділ 2. Розрахунок складових водного балансу водозбору за багаторічний період	15
2.1. Розрахунок середньої багаторічної кількості опадів на водозборі.....	17
2.1.1 Метод середнього арифметичного.....	17
2.1.2. Метод ізогіет.....	18
2.1.3 Приклад розрахунку.....	18
2.2 Розрахунок середнього багаторічного випаровування з поверхні водозбору	21
2.2.1 Розрахунок випаровування по карті ізолій	21
2.2.2 Розрахунок середнього випаровування за температурою та вологістю повітря(метод Р.А. Константинова).....	23
2.2.3 Розрахунок середнього багаторічного випаровування за рівнянням зв'язку М.І.Будико	25
Контрольні запитання	28
Література.....	28

ВСТУП

Мета методичних вказівок – допомогти студентам денної форми навчання в практичній роботі при вивченні курсу «Загальна гідрологія», розділ «**Фізична гідрологія**». Практична робота студента є основним засобом набуття певних компетенцій під час практичних аудиторних занять. Студенти набувають знання та навички, які будуть необхідні при подальшому вивченні дисциплін, пов'язаних з дослідженням природних вод, їх властивостей та загальної закономірності гідрологічних процесів та явищ у взаємозв'язку з процесами в атмосфері, літосфері та біосфері. Окрема увага приділяється розподілу вод по земній поверхні і у товщі ґрунтів, а також закономірності розвитку цих явищ і процесів. Компетентність, яка набувається в результаті вивчення дисципліни - здатність проводити моніторинг природних процесів та використовувати знання з гідрології при розв'язанні задач раціонального використання поверхневих та підземних вод у різних галузях економіки, зокрема сільському господарстві та гідротехнічному будівництві.

Задача методичних вказівок:

- закріплення студентами знань, отриманих при вивченні теоретичних розділів «Морфометричні характеристики річок», «Річковий басейн», «Розрахунок рівняння водного балансу»
- вироблення практичних навичок при визначенні морфометричних характеристик водотоків та водозборів, розрахунок середньої багаторічної кількості опадів на водозборі та розрахунок середнього багаторічного випаровування з водозборів.
- підготовку до усного опитування під час практичних занять.

Результат навчання- базові знання з гідрології про фізичні основи гідрологічних явищ та процесів, умови формування природних вод, та водний баланс річкових басейнів.

Методичні вказівки містять одну практичну роботу, яка складається з двох розділів. Кожний розділ має теоретичну частину, приклад розрахунків, порядок виконання роботи, контрольні питання та перелік літератури

Розділ 1 складається з двох таких частин:

- 1.«Визначення гідрографічних характеристик річок»
2. «Визначення гідрографічних характеристик водозборів».

Розділ 2 складається також двох частин:

1. «Розрахунок середньої багаторічної кількості опадів на водозборі»
2. «Розрахунок середнього багаторічного випаровування з водозборів»

Перед початком практичного заняття необхідно ознайомити студентів з теоретичною частиною кожного завдання та видати вихідні данні.

Закінчуються завдання звітом.

Після закінчення кожного завдання студенти повинні відповісти на надані питання.

При представленні звіту оцінювання виконується згідно з силлабусом.

Розділ 1

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОГРАФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧОК ТА ВОДОЗБОРІВ

Гідрографічні характеристики – це сукупність морфометричних та морфологічних характеристик.

До морфометричних характеристик відносяться кількісні показники водних об'єктів та їх водозборів.

Морфометричні характеристики поділяються на наступні групи:

- морфометричні характеристики водотоків: довжина, середній уклон, звивистість;
- морфометричні характеристики водозборів: площа, середня висота, густина річкової мережі.

Морфологічні характеристики водозборів – якісно-кількісні показники, які характеризують особливості будови водозборів. До них відносяться озерність, заболоченість, розораність, лісистість, закарстованість, характер ґрунтів.

Гідрографічні характеристики визначаються за топографічними картами масштабу 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000

Перед визначенням гідрографічних характеристик водотоків та водозбору, необхідно провести границю водозбору (вододільну лінію). Вона визначається за рельєфом місця і проходить по найвищих точках водозбору, враховуючи горизонталі, напрямок течії річок.

При відсутності горизонталей на карті вододільну лінію наносять посередині між витоком річки дослідного і сусіднього водозборів.

Границі водозборів наносяться на карту у вигляді червоної пунктирної лінії.

1.1 Визначення гідрографічних характеристик річок

Річка – це водотік значних розмірів, що живиться атмосферними опадами зі свого водозбору та має чітко визначене русло. До річок відносять постійні й відносно великі водотоки, з площею басейну більш 50 км².

Ріка, яка вбирає в себе інші водні потоки(річки) та впадає в море або озеро,називається головною рікою, а ріки, що впадають у неї, називаються притоками.(1)

Сукупність річок, які зливаються разом і виносять свої води у вигляді єдиного потоку у море або океан, називається **річковою системою**. Річкова система складається з головної річки та приток.

1.1.1 Довжина водотоку

Виток річки – місце, звідки вона бере початок. Витоком річки може бути озеро, болото, льодовик, або місце злиття двох річок.

Гирло річки – місце, де вона впадає в другу річку,озеро або море.

Довжиною річки називається відстань між витоком і гирлом, виміряна (в км) за картою великого масштабу за допомогою курвіметра КС.

Довжина річки вимірюється в два прийоми : знаходиться вся довжина від початку до гирла в прямому і зворотному напрямках. Різниця відліку між двома вимірюваннями повинна бути не більше 6% при довжині лінії 10 см., та не більше 4% – від 10 до 100 см.

Довжина річки (у км) визначається за формулою:

$$L=(L_{вим} - L_{вим} \Delta I)t, \quad (1.1)$$

де $L_{вим}$ – середнє визначення довжини в двох напрямках,см;

ΔI – поправка курвіметра;

t – одна позначка курвіметра в масштабі карти.

Одне визначення курвіметра відповідає довжині в 1см по карті.

1.1.2 Середній ухил річки

Повздовжній профіль річки характеризує зміну схилів поверхні води за течією річки (1). Різниця відміток висот (Δh) верхів'я h_1 та гирла h_2 називається падінням . Відношення Δh до довжини річки називається ухилом річки. Розраховується уклон за формулою:

$$I_p=(h_1 - h_2)/L=\Delta h/L, \quad (1.2)$$

де Δh – падіння річки,м;

L – довжина річки,км.

Ухил річки обчислюється в проміле (‰).

1.1.3 Гідрографічна звивистість річки

Річки в плані завжди мають звивисте окреслення. Звивистість залежить від місцевості, по якій протікає ріка, стійкості гірських порід та ґрунтів, що становлять долину та русло, від розливу та динамічних явищ потоку.

Звивистість річки характеризується коефіцієнтом звивистості (K_3), який становить відношення довжини річки L , вимірної по карті, до довжини прямої (AB), що з'єднує початок та кінець річки. Розраховується коефіцієнт звивистості за виразом:

$$K_3 = L/AB, \quad (1.3)$$

де $K_3 \geq 1$.

1.1.4 Приклад розрахунку

Визначити: гідрографічні характеристики р. Волганки.

Дано: фрагмент топографічної карти М 1:100000 (рис.1.1).

Потрібно:

1. Зробити аналіз висотних характеристик басейну, визначити на карті положення витoku та гирла, або замикаючого створу р. Волганки.
2. Нанести вододільну лінію та виділити водозбір р. Волганки.
3. Визначити гідрографічні характеристики р. Волганки: а) довжину річки та її притоків; б) середній уклон річки; в) звивистість річки

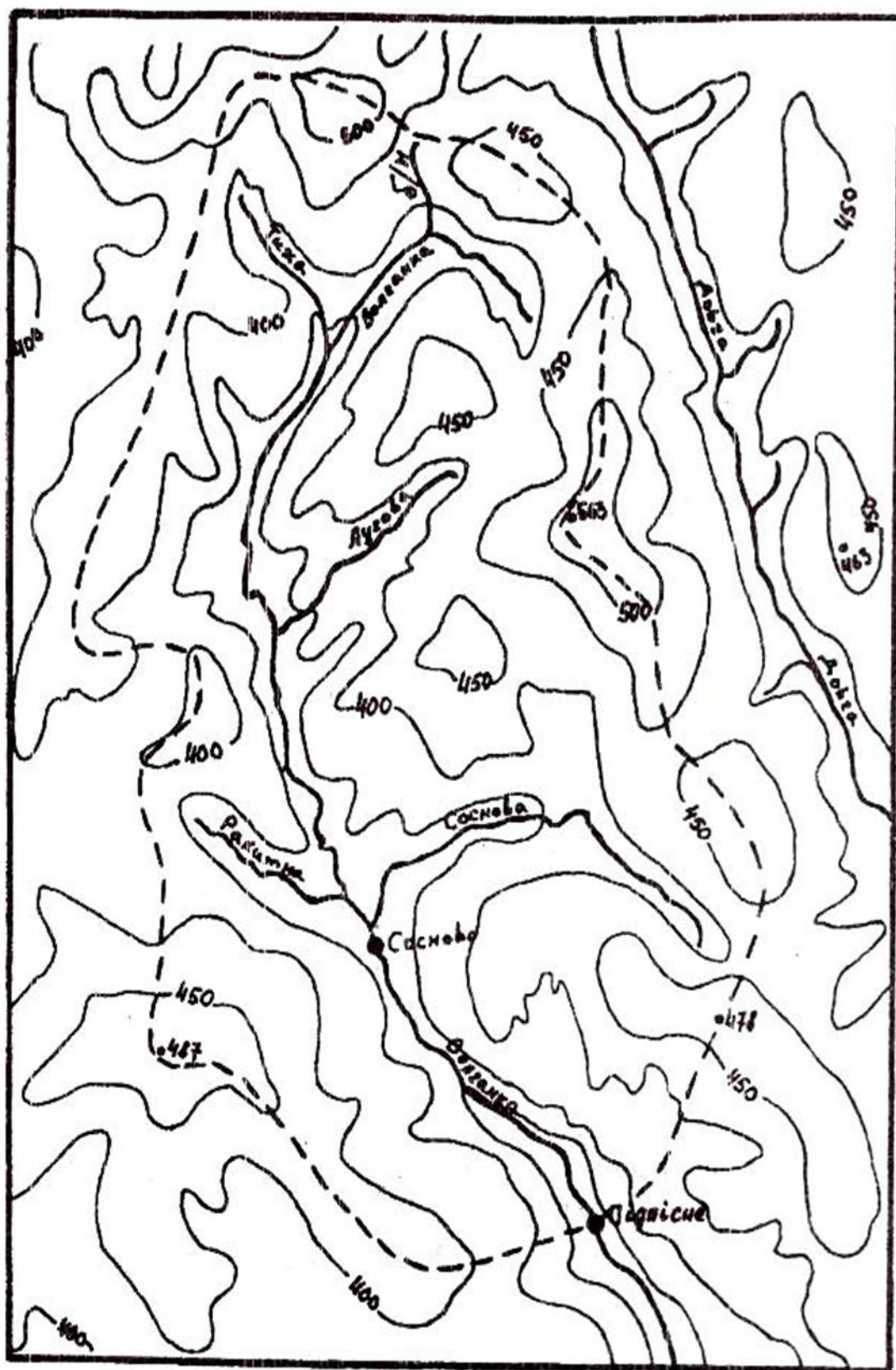


Рисунок 1.1 – Карта водозбору р.Волганки

Порядок виконання

1. На фрагменті топографічної карти показано рельєф з горизонталями, проведеними через 50 м. та висотними відмітками. Найвища відмітка у верхів'ях басейну дорівнює 563м. (рис.1.1)

Річка Волганка має виток на висоті 428м. і впадає в р. Рогозянку. Рельєф території знижується від витoku до гирла і біля с.Підлісне (замикаючий створ) відмітка місцевості дорівнює 287 м, яка визначається інтерполяцією між суміжними горизонталями.

Річкова система представлена на карті головною річкою (р.Волганка) та притоками: зліва – р.Лугова, р.Соснова, справа – р.Тиха, р.Ракітна.

Аналіз карти показує, що найвищі відмітки місцевості між суміжними річковими системами відносяться до замкнених горизонталей, вододільна лінія пересікає їх середину (пунктирна лінія).

2. Довжина р.Волганки та її приток вимірюється курвіметром КС (кожний розподіл курвіметра дорівнює 1см, і, відповідно до масштабу карти, перекладається в км) і розраховується за формулою (1.1).

Довжина р.Волганки (головної річки) складає $L=21.8$ км. Усі виміри (головна річка та її притоки) виконуються у двох напрямках і заносяться у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Довжини р. Волганки та її притоків

№ з/п	Границі ділянок	Довжина ділянки річки, см			Поправка до довжини ділянки, см	Виправлена довжина ділянки	
		I вимір	II вимір	Середнє		см	км
1	Виток-с.Пілісне	22.0	21.6	21.8		21.8	21.8
2	р.Тиха	2.9	2.8	2.8		2.8	2.8
3	р.Лугова	4.0	3.9	4.0		4.0	4.0
4	р.Ракітна	2.9	2.9	2.9		2.9	2.9
5	р.Соснова	7.1	7.1	7.1		7.1	7.1

3. Відмітка витоку р.Волганки знаходиться шляхом інтерполяції між горизонталями 400 та 450 м і складає 428 м. Відмітка місцевості замикаючого створу (або гирла) знаходиться так само як і відмітка витоку, складає 287 м. Падіння річки (різниця відміток верхів'я та гирла) дорівнює 141 м.

Середній ухил, розраховується згідно з (1.2) :

$$I = 141/21.8 = 6.42\text{‰} ;$$

4. Звивистість річки має відношення довжини р.Волганки (21.8 км.) до прямої лінії (AB=15.1 км), яка з'єднує виток та замикаючий створ (гирло), обчислюється за формулою (1.3)

$$K_3 = 21.8/15.1 = 1.44;$$

1.2 Визначення гідрографічних характеристик водозборів

Річковий басейн – територія земної поверхні та товща ґрунтів і гірських порід, звідки дана річкова система або річка одержує водне живлення. Басейн має поверхневий та підземний водозбори. Поверхневий водозбір становить собою площу земної поверхні, з якої води надходять в дану річкову систему або окрему річку. Підземний водозбір становить товщу ґрунтів, з яких вода надходить у річкову мережу.

1.2.1 Площа водозбору

Площі контурів , зображених на топографічних картах визначаються графічним способом (палеткою).

Для визначення площі даного контуру водозбору кладуть палетку і підраховують число повних кліток в межах площі. Неповні клітки, розташовані вздовж контуру площі. Оцінюють “на око” і підсумовують до цілих. Замість палетки можна застосовувати міліметровий папір, підраховуючи кількість квадратів зі сторонами по 0.5 см або по 1.0 см, в залежності від масштабу даної карти. Площа водозбору становить:

$$F = na^2, \tag{2.1}$$

де n – кількість кліток палетки;

a – сторона клітки, км.

Всі вимірювання виконують двічі.

1.2.2 Густота річкової мережі

Ступінь насичення території водотоками характеризується коефіцієнтом густоти річкової мережі (p). Розраховується він, як відношення сумарної довжини всіх водотоків $\sum L_{\text{вод}}$ до площі водозбору F :

$$p = \frac{\sum L_{\text{вод}}}{F}. \quad (2.2)$$

Густота річкової мережі визначається в км/км².

1.2.3 Приклад розрахунку

1. Визначити гідрографічні характеристики водозбору:

- а) площу водозбору;
- б) густоту річкової мережі.

Порядок виконання роботи

1. Площа водозбору р. Волганка знаходиться графічним методом за допомогою палетки (міліметрового папіру). Розраховують ціну клітки палетки в масштабі робочої карти. На контур водозбору кладуть палетку (переносять контур водозбору річки на міліметровий папір) і підраховують кількість кліток. Площа водозбору розраховується за (2.1) двічі. Отримані результати переводять у масштаб карти та заносять у табл. 2.1;

Таблиця 2.1 – Площа басейну р.Волганки – с.Підлісне
 $a=0.04 \text{ км}^2$

Площа I	Кількість кліток в контурі			Виміряна площа, км^2
	I вимір	II вимір	Середнє	
р.Волганка – с.Підлісне	3649	3650	3650	146.0

2. Густота річкової мережі розраховується за формулою (2.2) і за допомогою таблиці 2.2

$$p = 38.6/146 = 0.26 \text{ км/км}^2.$$

Таблиця 2.2 – Обчислення густоти річкової мережі

Назва річки	Куди та з якого берега впадає	Довжина річки, км^2	Густота річкової мережі, км/км^2
р. Волганка	с. Підлісне	21.8	0.26
р. Тиха	р. Волганка (п)	2.8	
р. Лугова	р. Волганка (л)	4.0	
р. Ракітна	р. Волганка (л)	2.9	
р. Сосна	р. Волганка (л)	7.1	

$$\Sigma = 38.6 \text{ км}$$

Робота закінчується пояснювальною запискою, в яку входить обґрунтування методів розрахунку основних гідрографічних характеристик річки та водозбору.

Контрольні запитання

1. Що відносять до головних гідрографічних характеристик річок?
2. Надайте повну характеристику річкового басейна.
3. Як визначають границі водозборів?

Література

1. Гопченко Є.Д., Крес Л.Є., Романчук М.Є. Гідрологія суші. Конспект лекцій. Одеса: “Екологія”, 2008. 193 с.
2. Бурлуцька М.Е., Шаменкова О.І. Методичні вказівки до практичних робіт по дисципліні «Гідрологія (суші та океану)» (Частина «Гідрологія суші») для студентів II курсу денної форми навчання спеціальності «Екологія».– Одеса, ОДЕКУ, 2017. 28 с.
3. Гопченко Є.Д., Гушля О.В. Гідрологія з основами водних меліорацій. Київ: 1994. 196 с.

Розділ 2

РОЗРАХУНОК СКЛАДОВИХ РІВНЯННЯ ВОДНОГО БАЛАНСУ ВОДОЗБОРУ ЗА БАГАТОРІЧНИЙ ПЕРІОД

Метод водного балансу є одним з найобґрунтованіших при дослідженні гідрологічного режиму річок, озер, боліт та інших водних об'єктів як в природному стані, так і в умовах діяльності людини.

На основі рівняння водного балансу може бути розглянуто зміст, зв'язки припливу, витрати та акумуляції води для окремих ділянок територій, водних об'єктів або річкових басейнів.

Рівняння водного балансу для річкового басейну, в якому збігаються поверхневий та підземний водорозділи, а ерозійний вріз русла забезпечує дренавання основних горизонтів, для будь-якого часу запишемо так:

$$E = X + Y_{\text{під}} + Y_{\text{пов}} \pm \Delta W, \quad (2.1)$$

де X - опади, прихідна частина рівняння; E - випаровування; $Y_{\text{пов}}$ - поверхневий стік; $Y_{\text{під}}$ - підземний стік. E , $Y_{\text{під}}$, $Y_{\text{пов}}$ - витратна частина рівняння. ΔW - зміна запасів вологи в ґрунтах басейну, а також у русловій мережі, озерах та болотах, що розташовані у межах басейну. Знак "+" при ΔW вказує на накопичення, а "-" – на витрату запасів води на водозборі

Зростання поверхневого та підземного водорозділів є умовою відсутності водообміну з суміжними водозборами.

Сума $Y_{\text{пов}} + Y_{\text{під}}$ - це сумарний стік Y , з урахуванням якого рівняння (2.1) буде мати вигляд

$$X = E + Y \pm \Delta W \quad (2.2)$$

Для багаторічного періоду зміна запасів вологи в межах річкового водозбору наближається до нуля ($\pm \Delta W = 0$), а опади, випаровування та стік будуть відповідати їх середнім значенням - X_0 , E_0 та Y_0 . Рівняння має структуру:

$$X_0 = E_0 + Y_0 \quad (2.3)$$

Аналіз рівняння (2.3) показує, що в багаторічному періоді атмосферні опади, що випадають на поверхню водозбору, витрачаються на випаровування та стік. Це стосується лише великих басейнів, коли має місце повне дренавання підземних вод.

Якщо річка впадає в безстічний басейн, наприклад озеро, із якого нема стоку, такі басейни мають назву безстічних, вони більш поширені в засушливих районах країн. Із визначення виходить, що $Y_0 = 0$, а

$$X_0 = E_0 \quad (2.4)$$

тобто в багаторічному розрізі опади витрачаються на випаровування.

У гідрологічній практиці рівняння водного балансу широко застосовують не тільки для ув'язки його складових, а й для визначення невідомих величин. В межах водозбору безпосередньо вимірюються тільки опади (X) та загальний стік (Y). Вимірювання випаровування за допомогою випарників, встановлених в окремих частинах водозбору, дають лише приблизну оцінку випаровування з поверхні водозбору та характеризують локальні особливості території, а не водозбору в цілому.

Обчислення випаровування E за рівнянням водного балансу при відомих значеннях стоку та опадів, особливо для багаторічного періоду, великі труднощі не спричиняє. Для коротких часових інтервалів при визначенні випаровування за рівнянням (2.3) необхідно мати дані про зміни вологи на водозборі. В такому разі рівняння (2.3) фактично має дві невідомі складові: ΔW та E .

При відсутності вимірювань стоку значення випаровування з поверхні річкових водозборів можна встановити в процесі досліджень зв'язків з метеорологічними показниками (температура, вологість повітря). На підставі цих залежностей можна оцінити середній багаторічний стік з недосліджених у гідрологічному відношенні водозборів.

2.1 РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОЇ БАГАТОРІЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ НА ВОДОЗБОРІ

Кількість опадів, які випадають на поверхню водозбору, залежить від характеру атмосферних процесів та фізико-географічних чинників: віддаленості місцевості від морів та океанів, рельєфу місцевості, наявності лісових масивів, внутрішніх водоймищ.

Рельєф водозбору впливає на кількість, характер випадання та розподіл опадів по території. Вплив рельєфу на кількість атмосферних опадів виявляється в тому, що з підвищенням місцевості над рівнем моря до визначеної висоти кількість опадів збільшується. Спостереження доводять, що збільшення відбувається до висот 2500-3000 м, що пов'язано зі зменшенням вологості з висотою. Ця закономірність найчіткіше простежується в гірських районах. Але й невеликі висоти на рівнинах збільшують річні суми опадів на 100-150 мм порівняно з навколишньою місцевістю.

Вплив лісу на кількість опадів має складний характер. З одного боку, ліс збільшує кількість опадів через відмінність динамічної шорсткості лісних і безлісних територій. З другого боку, ліс кронами дерев затримує частку опадів, яка потім випаровується. Ліс також сповільнює процес танення снігу. Внаслідок високої інфільтраційної здатності лісові ґрунти спричиняють перехід поверхневого стоку в підземний. Ліс конденсує вологу не тільки влітку, а і взимку у вигляді інею, паморозі, ожеледиці.

На поверхні великих внутрішніх водоймищ випадає менша кількість опадів порівняно з навколишньою місцевістю. Це пов'язано з наявністю температурної інверсії над водоймищем, а також внаслідок відмінності динамічної шорсткості водної поверхні та поверхні суші. Повітряні маси опускаються, над водоймищем температура нижче, чим на висоті, і стан насичення не відбувається.

В залежності від рельєфу місцевості, наявності метеостанцій та метеопостів, рівномірності їх розподілу по території розрахунок середньобагаторічної кількості опадів здійснюється за трьома методами: середнього арифметичного, ізогіет та середньозваженого.

2.1.1 Метод середнього арифметичного

Цей метод передбачає розрахунок середнього шару опадів за показниками усіх метеостанцій та постів на водозборі:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.5)$$

де $\sum X_i$ - сума річних опадів за спостереженнями на метеостанціях, мм; n - кількість метеостанцій.

Даний метод дає задовільні результати у випадку густої та рівномірної мережі метеостанцій на рівнинній території.

2.1.2 Метод ізогіет

Метод ізогіет здійснюється шляхом проведення на карті ліній однаковою кількістю опадів за багаторічний інтервал часу. Метод застосовується до водозборів будь-яких типів: рівнинних та гірських.

На рівнинних територіях виконується лінійна інтерполяція опадів між пунктами спостережень при проведенні ізогіет. В гірських районах треба виявити залежності між опадами і висотою місцевості.

Середній шар опадів обчислюється за формулою:

$$X_0 = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} \quad (2.6)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n - середнє значення опадів між ізогіетами; f_1, f_2, \dots, f_n - площі між ізогіетами і вододільною лінією.

Цей метод не рекомендовано застосовувати до гірських водозборів.

2.1.3 Приклад розрахунку

- Дано:** 1.Схема водозбору р. Вятка – м. Кіров (рис.2.1).
2.Річні суми опадів (табл. 2.1).

Необхідно:

Розрахувати шар опадів для водозбору р.Вятка - м.Кіров методами:

- 1) середнього арифметичного;
- 2) ізогіет.

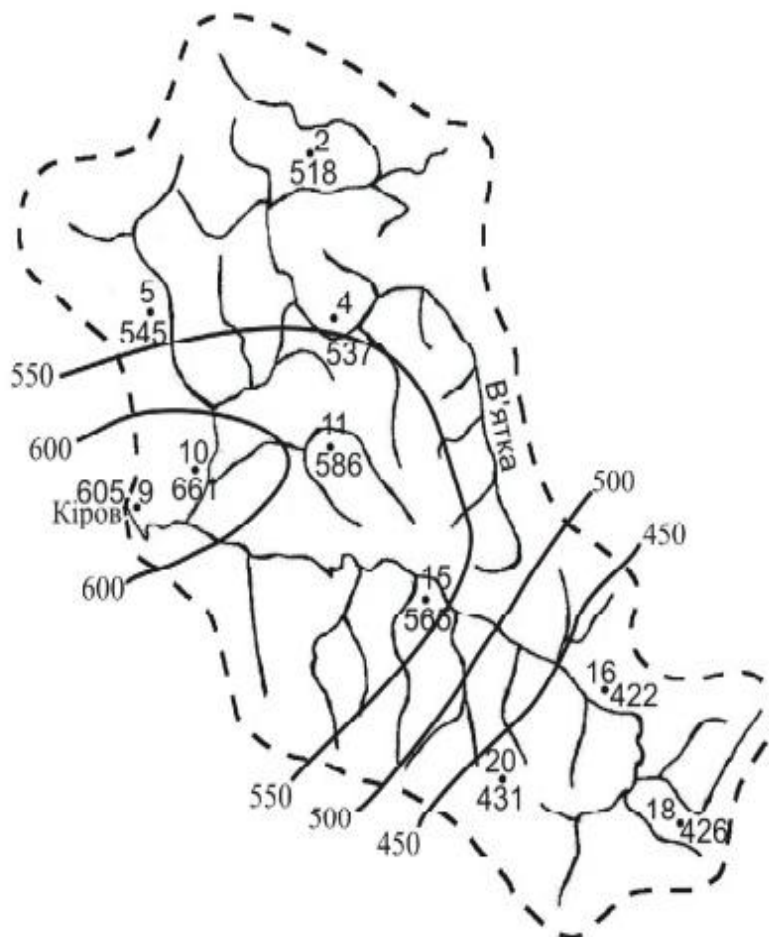


Рисунок 2.1 – Карта-схема водозбору р.Вятка – м.Кіров
450,500,550,600 – ізогієти
---- - лінія вододілу

Таблиця 2.1 – Річні суми опадів

№№	Метеостанція	Середньорічна кількість опадів
1	2	518
2	4	537
3	5	545
4	9	605
5	10	661
6	11	586
7	15	565
8	16	422
9	18	426
10	20	431

Сума 5296

Порядок виконання роботи

Водозбір р.Вятка – м.Кіров. Опади по метеостанціях змінюються від 422 до 661 мм. Ця територія має рівнинний характер, тому до розрахунків взяті показники метеостанцій на відстані до 100 км від водозбору.

1) Метод середнього арифметичного.

Розрахунок за формулою (2.5)

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{5296}{10} = 529,6 \text{ мм}$$

2) Метод ізогіет.

Амплітуда коливання опадів по метеостанціях – 239 мм

($A = X_{\max} - X_{\min}$), по ній вибирається перетин з таким розрахунком, щоб на карті було не менше трьох ізогіет (лінії рівних значень опадів). Ізогіети проводять через 5, 10, 20, 25, мм (або кратними цим числам) за допомогою лінійної інтерполяції опадів між станціями.

На водозборі проходять 4 ізогіети з шагом 50 мм: 450,500,550,600 мм (рис.2.1). За допомогою палетки обчислюються площі між ізогіетами та вододільною лінією (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок шару опадів за методом ізогіет
р.Вятка – м.Кіров

Значення ізогіет,мм	x_i , мм	F_i в поділках палетки	$x_i f_i$
661-600	630,5	13	8196,5
600-550	575	73	41975
550-500	525	117	61425
500-450	475	19	9025
450 - 422	436	54	23544
	Сума	276	144165.5

Середній шар опадів дорівнює: $X_0 = \frac{144165,5}{276} = 522,3 \text{ мм}$

Таблиця 2.3 - Зіставлення результатів розрахунків

№	Метод	X_0 , мм
1	Середнього арифметичного	529,6
2	Ізогіет	522,3

2.2 РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОГО БАГАТОРІЧНОГО ВИПАРОВУВАННЯ З ПОВЕРХНІ ВОДОЗБОРУ

Середнє багаторічне випаровування визначається за трьома методами: по карті ізоліній, за температурою та вологістю повітря (метод А.Р.Константинова) і за рівнянням зв'язку М.І.Будико.

2.2.1 Розрахунок випаровування по карті ізоліній

Значення середнього багаторічного випаровування визначають по карті ізоліній (рис.2.2) для площі 6000 ...10 000 км². Приблизне значення випаровування установлюють для центра ваги річних водозборів за його координатами.

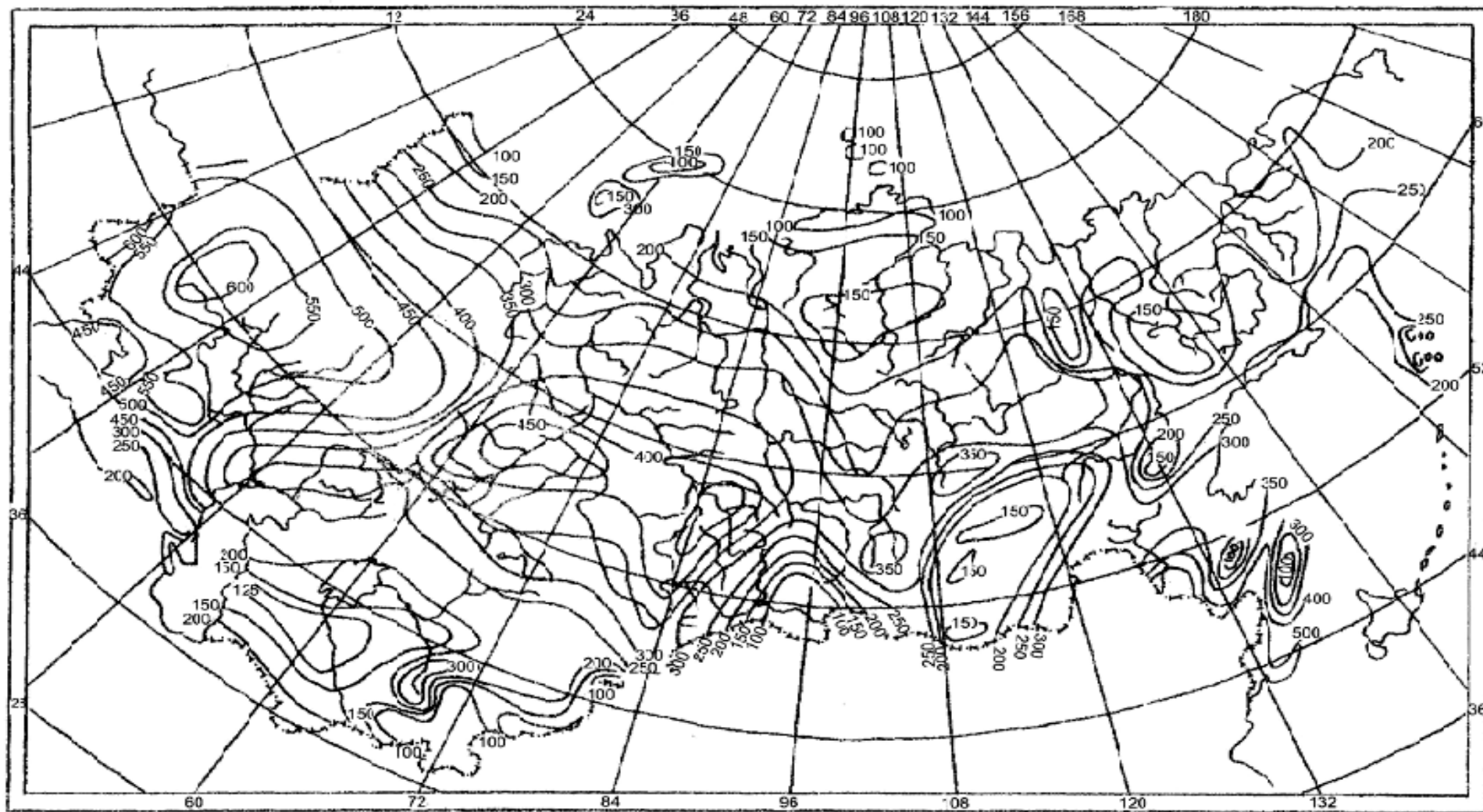


Рисунок 2.2 – Середній річний шар випаровування з поверхні суші, мм

Між сусідніми ізолініями виконується лінійна інтерполяція. Якщо водозбір перетинає декілька ізоліній, то випаровування обчислюється як середнє зважене

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i f_i}{F} \quad (2.7)$$

де E_i - середні значення випаровування між сусідніми ізолініями; f_i - площі між відповідними ізолініями; F - площа водозбору.

Для р.Вятка – м.Кіров координати цетра ваги водозбору - 59° півн.шир. та 57°31'с.д. (ст..Кірс), тобто приблизне значення випаровування ,знято з карти дорівнює $E_0=400$ мм.

2.2.2 Розрахунок середнього багаторічного випаровування за температурою та вологістю повітря (метод Р.А. Константинова)

Середнє багаторічне випаровування обчислюється за номограмою $E_0 = f(t^{\circ}\text{C}, e, \text{гПа})$ (рис. 2.3). Середні багаторічні значення температури та вологості повітря визначають для центра ваги водозбору по метеостанції.

Даний метод дає задовільні результати для районів з достатнім зволоженням, а також для лісних територій, на яких процес випаровування визначається припливом тепла, а ресурси ґрунтової вологи не обмежені.

Результати розрахунку наводяться у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок середнього багаторічного випаровування за температурою та вологістю повітря

Метеостанція	$t, ^{\circ}\text{C}$	$e, \text{гПа}$	$E_0, \text{мм}$
Кіров	0.5	6.6	380

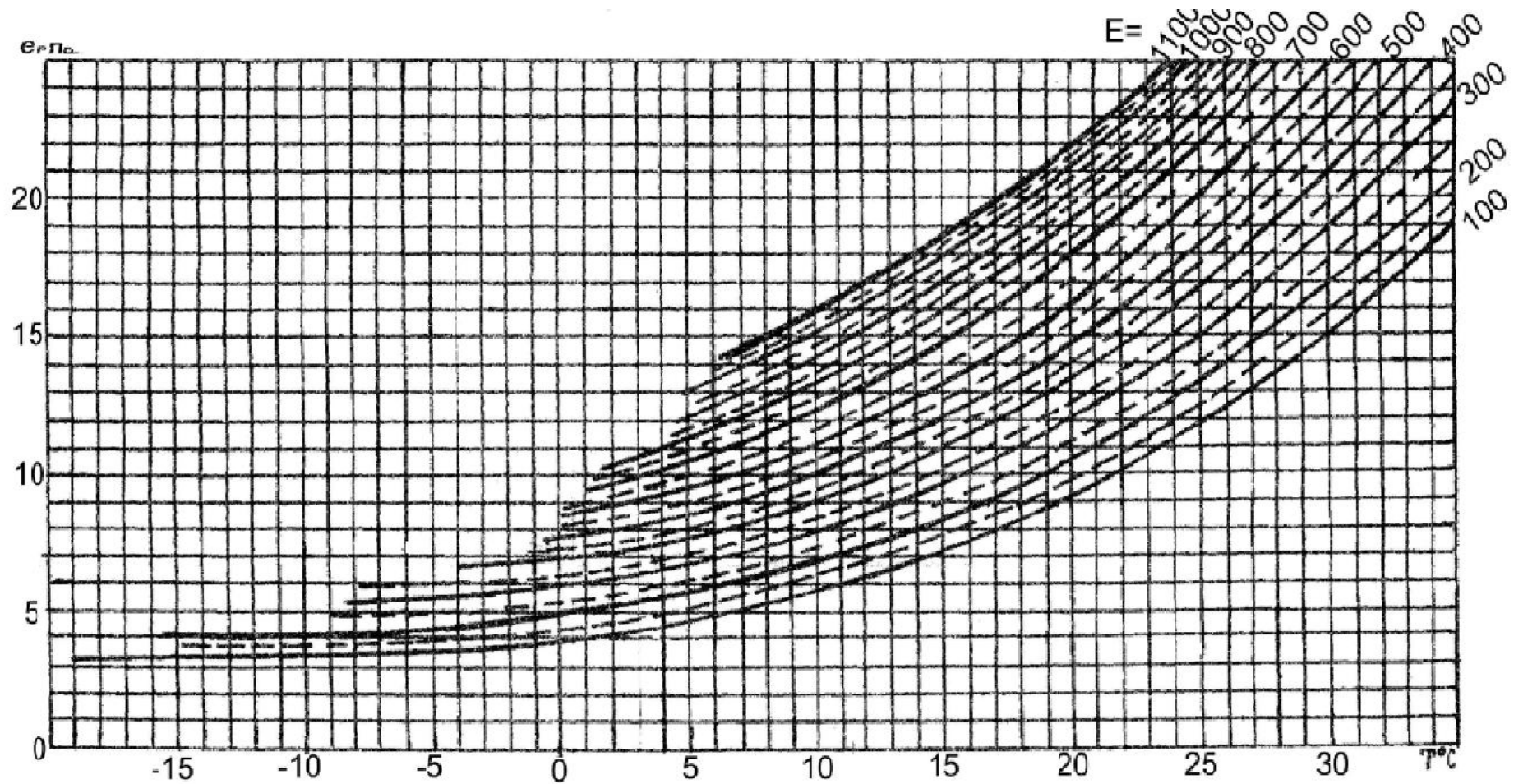


Рисунок 2.3 – Номограма для визначення середнього багаторічного випаровування E (мм) по середньорічній температурі повітря T та вологості повітря e .

2.2.3 Розрахунок середнього багаторічного випаровування за рівнянням зв'язку М.І.Будико

Середнє багаторічне випаровування визначається за даними спостережень за атмосферними опадами.

Випаровування обчислюють за рівнянням зв'язку М.І. Будико.

$$E_0 = \sqrt{\frac{R_0 x_0}{L} \left(1 - e^{\frac{-R_0}{x_0 L}} \right) \operatorname{tg} \frac{x_0 L}{R_0}} \quad (2.8)$$

де R_0 - радіаційний баланс для зволоженої території, кДж/см² рік;

X_0 - середня багаторічна сума опадів;

L – питома теплота випаровування, Дж/кг.

Зволоженість визначається опадами X_0 , а теплоенергетичні ресурси клімату – значенням радіаційного балансу.

Середнє багаторічне випаровування обчислюється за номограмою $E = f (X_0 , R_0)$ (рис. 2.4). Значення R_0 визначають по карті (рис.2.5).

Результати розрахунку наводяться у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок середнього багаторічного випаровування з поверхні водозбору

Метеостанція	X_0	R_0	E_0
Кіров	689	127.5	400

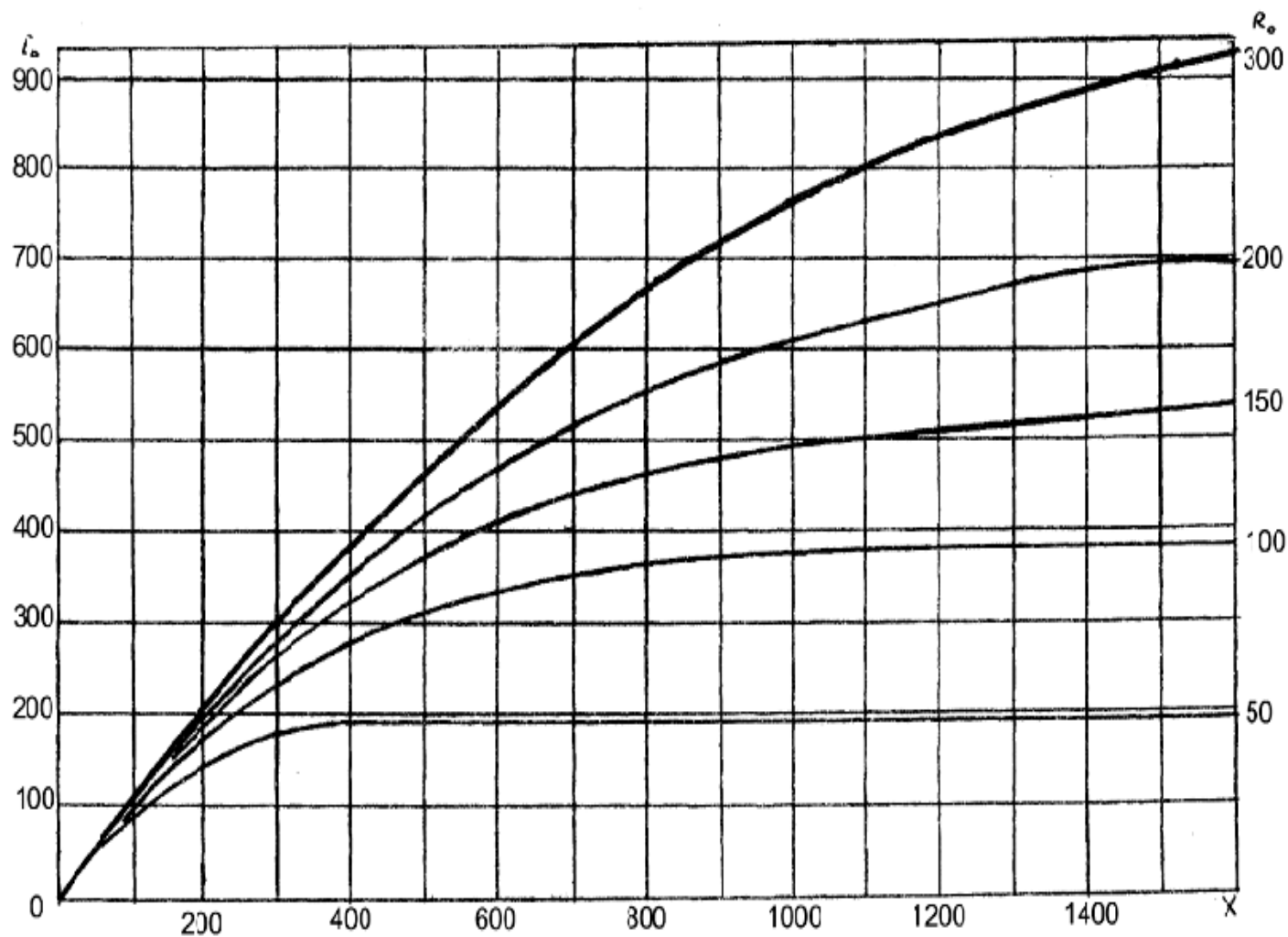


Рисунок 2.4 – Номограма для обчислення середнього багаторічного випаровування E (мм/рік) за опадами X (мм/рік) та радіаційним балансом зволоженої поверхні ($\text{кДж/см}^2\text{рік}$).

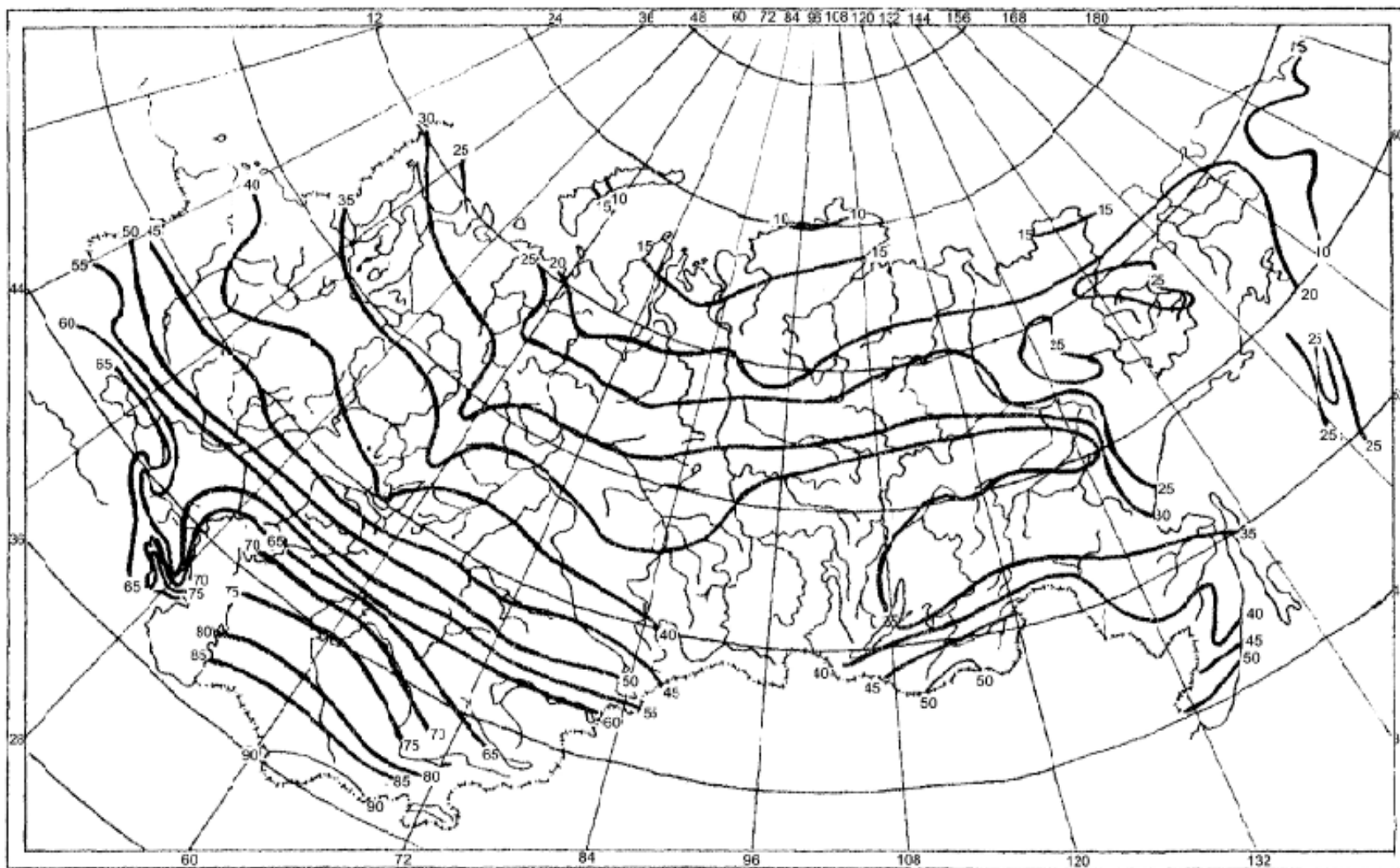


Рисунок 2.5 – Середньорічний радіаційний баланс зволеної поверхні R_0 ккал/(см²рік). Значення R_0 в ккал/(см²рік) треба перевести в кДж/(см²рік) (помножити на 4.19)

Результати розрахунків, отримані різними методами, наводяться у табл. 2.6 та аналізуються

Таблиця 2.6 – Зіставлення результатів розрахунків

№	Метод розрахунку	E_0
1	По карті	400
2	По температурі та вологості	380
3	За рівнянням М.І.Будико	400

Контрольні запитання

1. Якими методами розраховується середня багаторічна кількість опадів на водозборі?
2. Як визначається середнє багаторічне випаровування з поверхні водозбору?
3. В чому полягає метод Р.А.Константинова та метод М.І.Будико?

Література

1. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни «Загальна гідрологія», Одеса, ОДЕКУ, 2001, 38 с.
2. Гопченко Є.Д., Гушля О.В. Гідрологія з основами водних меліорацій. Київ, 1994, 259 с.
3. Бурлуцька М.Е., Погорелова М.П. Збірник методичних вказівок до навчальної практики зі спеціальності для студентів ІV курсу за спеціальністю «Гідрологія та гідрохімія», Одеса, ОДЕКУ, 2006, 48 с.