

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

Географічний факультет

Кафедра гідрометеорології та водних ресурсів

**Вплив глобальних змін клімату на гідрологічний режим річки
Сірет**

Дипломна робота

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Виконала:

Студентка 6 курсу, 617 група,
факультет географічний
спеціальність 103 Науки про Землю
(Гідрологія)

Буць Іванна Ігорівна

Науковий керівник:

к.геор.н., доцент

Николаєв Андрій Миколайович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № _____

Від “ ___ ” _____ 2021 р.

Зав. кафедри _____ проф.Ющенко Ю.С.

ЧЕРНІВЦІ – 2021

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 106 с., 20 рис., 6 табл., 62 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є частина басейну річки Сірет в межах території України.

Предметом дослідження є зміни гідрологічного режиму верхньої частини течії Сірету, спричинені змінами глобального клімату.

Метою дослідження є встановлення наявності та виявлення тенденцій змін гідрологічного режиму, зокрема – водного стоку річки Сірет у період глобального потепління.

При проведенні досліджень використані наступні **науково-дослідницькі підходи та методи:** басейновий та генетичний, літературно-описовий, методи розрахунку гідрологічних характеристик, статистичні методи аналізу часових рядів, оцінки їх однорідності.

Інформаційною базою дослідження є літературні джерела, результати гідрологічних спостережень на р. Сірет у створі м. Сторожинець, та метеорологічних спостережень, які виконувались підрозділами Гідрометеорологічної служби колишнього СРСР та України протягом 1954-2020 років.

Результати досліджень можуть бути використані при розробці програми раціонального використання та охорони водних ресурсів Чернівецької області.

Зміст

ВСТУП	4
1. Сучасні глобальні кліматичні проблеми.....	7
1.1 Глобальні кліматичні проблеми.....	7
1.2 Глобальне та регіональні зміни клімату та їх доказова база.....	18
1.3 Зміни клімату України, як відображення глобальних кліматичних змін	32
1.4 Сучасний стан режиму опадів на території України, як наслідок змін клімату	39
2. Вплив змін клімату на водні ресурси України	48
2.1 Вплив змін клімату на водні ресурси України (моделювання та прогнози за даними кліматичних сценаріїв).....	48
2.2 Наслідки змін клімату на водні ресурси України	63
2.3 Заходи щодо адаптації до змін клімату водних ресурсів	66
2.4 Зміни умов формування гідрологічного режиму як наслідок глобального потепління	70
3. Зміни режиму водного стоку р. Сірет у період глобального потепління	76
3.1 Встановлення меж часових періодів змін гідрологічного режиму.....	76
3.2 Встановлення основного кліматозалежного чинника формування водного стоку р. Сірет та аналіз його часової варіації	78
3.3 Встановлення часових змін стоку води.....	83
Висновки	89
Список використаних джерел	91
ДОДАТКИ.....	98

ВСТУП

Глобальне потепління, яке спостерігається протягом останніх десятиліть, пов'язується з такими змінами компонентів гідрологічного циклу, як зміни режимів, інтенсивності і екстремальності опадів, широкомасштабне танення снігового та льодового покривів, підвищення вмісту водяної пари в атмосфері, збільшення випаровування, зміни ґрунтової вологи і об'єму стоку.

В усіх компонентах гідрологічного циклу спостерігається природна мінливість різних часових масштабів, яка ускладнює виявлення довготривалих трендів. Має місце і суттєва невизначеність в трендах гідрологічних змінних, зумовлена регіональними особливостями і нерівномірним охопленням великих територій мережами моніторингу.

Значна кількість досліджень минулого десятиліття була спрямована на встановлення трендів величин витрат води річок. За результатами ряду з них виявлені стійкі тренди деяких характеристик річкового стоку, в інших - встановлені статистично значимі зв'язки показників стоку з трендами температур і кількості опадів. Однак, у багатьох випадках не вдалось встановити тренди стоку води і відділити наслідки їх змін під впливом потепління клімату від інших наслідків антропогенного впливу на річкові басейни. Вплинула на результати досліджень і методологія виявлення трендів. Це стосується використання різних статистичних методів досліджень, різних підходів до встановлення часових меж періодів природного і зміненого гідрологічного режимів. Важливим обмеженням в аналізі трендів є відсутність узгоджених і перевірених на однорідність рядів річкового стоку. Існуючі ряди результатів спостережень часто містять пропуски і мають різну тривалість.

За наявності певних методологічних і технічних ускладнень були встановлені тенденції змін об'ємів річного стоку різних районів земної кулі. Вплив змін клімату на характеристики водного балансу, водні ресурси, стік в окремих річкових басейнах, можливі варіації стоку при різних сценаріях

кліматичних змін досить добре досліджені для територій Північної Америки, Європи, Далекого Сходу, нижчим є рівень вивченості впливу глобального потепління на водні ресурси Африки, Центральної Азії, Південної Америки.

Дослідження змін гідрологічного режиму річок України під впливом глобального потепління поки що не отримали необхідного розвитку. Не достатньо розроблені загальні питання методології досліджень, вони є розрізненими та безсистемними, у більшості з них аналізуються зміни гідрологічного режиму окремих річкових басейнів.

Стік річки Сірет є важливою складовою водних ресурсів Чернівецької області, хоча наразі використовується неефективно. Зростання рівня економічного розвитку південної частини області неминуче викличе збільшення об'ємів водокористування, загального рівня антропогенного навантаження на басейн Сірету. За таких умов важливою є оцінка тенденцій змін водності річки, частково спричинених змінами глобального клімату. Оцінка загальних рис змін водного режиму і їх кількісних показників може стати складовою програми раціонального використання і охорони водних ресурсів річки Сірет.

Об'єктом дослідження є частина басейну річки Сірет в межах території України.

Предметом дослідження є зміни гідрологічного режиму верхньої частини течії Сірету, спричинені змінами глобального клімату.

Метою дослідження є встановлення наявності та виявлення тенденцій змін гідрологічного режиму, зокрема – водного стоку річки Сірет у період глобального потепління.

Досягнення встановленої мети викликало необхідність постановки та вирішення низки **науково-дослідницьких завдань**:

1. ознайомлення з методами та результатами досліджень впливу глобальних змін клімату на водні ресурси;
2. розробка методики дослідження змін режиму водного стоку Сірету,

- визначення послідовності етапів проведення дослідження та їх змісту;
3. аналіз часових тенденцій змін водності Сірету під впливом кліматозалежних чинників формування стоку, встановлення і кількісна оцінка її сучасних змін.

При проведенні досліджень використані наступні **науково-дослідницькі підходи та методи**: басейновий та генетичний, літературно-описовий, методи розрахунку гідрологічних характеристик, статистичні методи аналізу часових рядів, оцінки їх однорідності.

Інформаційною базою дослідження є літературні джерела, результати гідрологічних спостережень на р. Сірет у створі м. Сторожинець, та метеорологічних спостережень, які виконувались підрозділами Гідрометеорологічної служби колишнього СРСР та України протягом 1954-2020 років.

Результати досліджень можуть бути використані при розробці програми раціонального використання та охорони водних ресурсів Чернівецької області.

1. Сучасні глобальні кліматичні проблеми

1.1 Глобальні кліматичні проблеми

Зміна клімату є одним із головних викликів сьогодні. Наприклад, непередбачуваність погодних умов загрожує виробництву їжі, а підвищення рівня моря збільшує ризик стихійних лих, які є наслідками зміни клімату і мають глобальний і безпрецедентний характер. Якщо сьогодні ми не вживемо рішучих дій, подальша адаптація до зміни клімату потребуватиме величезних зусиль і витрат.

Міжурядова група експертів зі зміни клімату (ІРСС) була створена Всесвітньою метеорологічною організацією та Програмою ООН з навколишнього середовища для надання об'єктивних наукових даних. Уже в 2013 році були надані найбільш повні дані про вплив техногенної зміни клімату. Міжурядова група експертів зі зміни клімату опублікувала свій п'ятий звіт про оцінку, в якому розглядається зміна клімату з наукової точки зору. Висновок у звіті зрозумілий: зміна клімату реальна, і головною причиною є діяльність людини.

Зміна клімату відбулася сьогодні і не вважається проблемою майбутнього, оскільки вона вже спричинила загрозливі наслідки для природи Землі та життя людей. Зміна клімату порушує економічний розвиток багатьох країн, завдаючи величезних економічних втрат, і вони з кожним роком збільшуються. Нещодавні зміни клімату відбулися через підвищення температури. Згідно з дослідженнями, вчені виявили, що тиск людини призвів до катастрофічних змін у глобальній системі Землі за останні 50-60 років.

Вчені вважають, що зміна клімату — це група екологічних ризиків, що визначають безпеку довкілля, — це довгострокові зміни метеорологічних

факторів, таких як температура, вологість, опади, швидкість вітру, хмарність. Сьогодні їх параметри відхиляються від кліматичних норм певної широти. По-перше, цей процес проявляється у зміні температури та опадів [1,2].

Процес деградації довкілля безпосередньо впливає на життя населення планети і становить серйозну небезпеку. Основними проявами деградації навколишнього середовища є глобальне потепління, руйнування озонового шару, забруднення моря, вирубка лісів, опустелювання, виснаження ґрунтів, кислотні дощі, глобальна втрата біорізноманіття, дефіцит прісної води та голод. Енергетична потужність сучасної світової економіки, інтенсивність міжнародної торгівлі, крихкість екосистеми прискорили процес деградації навколишнього середовища та підвищили кліматичний ризик [3].

«Глобальні кліматичні процеси, що призводять до змін навколишнього природного середовища є одними з актуальних проблем нашого століття, що розглядаються на найвищих міжнародних наукових і політичних форумах. Негативні наслідки цих змін потребують невідкладного прийняття відповідних заходів щодо негативного впливу кліматичних змін на навколишнє природне середовище. У зв'язку з цим в Україні прийнято закон «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. » [4].

У другій половині 20 століття темпи зростання і амплітуда середньорічної температури в північній півкулі перевищували природні процеси, пов'язані з космічними процесами, сонячною активністю, вулканічною і тектонічною діяльністю [5].

Економічні втрати, пов'язані зі зміною клімату, становлять близько 5% світового ВВП, а в гіршому випадку можуть досягати 20%, а вартість заходів щодо скорочення викидів вуглецю в навколишнє середовище становить близько 1%. Ці цифри показують, що вигоди від боротьби зі зміною клімату значно перевищать витрати.

Підписання 175 країнами Рамкової конвенції ООН про зміну клімату свідчить про те, що зміна клімату є катастрофічною загрозою для навколишнього середовища та цивілізованого економічного розвитку. Основна мета конвенції — «стабілізувати концентрацію парникових газів в атмосфері»[6].

Основною причиною зміни клімату є руйнування енергетичного балансу біосфери Землі – природної екосистеми, створеної під впливом багатьох людських факторів. Діяльність кожної екосистеми покликана поєднувати енергію та підтримувати стабільність її структури. У разі значних відмінностей між енергетичними запасами різних частин біосфери виникає дисбаланс - зростає ентропія і погіршується впорядкованість природного комплексу. Земна екосистема втрачає свій природний процес регенерації, в результаті чого виникає відповідна реакція на зовнішні подразники і відповідна реакція, перерозподіляючи енергію в горизонтальному і вертикальному напрямках. Ці процеси можуть викликати різкі коливання природних явищ: зливи, шторми, смерчі, підвищення середньорічних температур, посилення коливань кліматичних показників та інших природних явищ.

Зміна клімату дуже негативно впливає на геологічну систему, її біорізноманіття, водні та ґрунтові біологічні ресурси та здоров'я людей. Усі ці складові глобальних екологічних проблем нині активно вивчаються та робляться відповідні висновки. У зв'язку з техногенним впливом на клімат Землі та виконанням негативних екологічних наслідків основна увага приділяється оцінці та характеристиці змін фізичних параметрів атмосфери, гідросфери, суші та кріосфери [8, 9].

Дослідження показали, що зміна клімату неухильно посилюється, що є очевидним явищем, і для боротьби з цією зміною необхідні термінові дії. Ми повинні навчитися знаходити шляхи та методи запобігання підвищення температури на землі, уникати майбутніх катастрофічних і незворотних

наслідків для природи, економіки та суспільства, а також вживати заходів для мінімізації негативного впливу зміни клімату [1,2,5,7,8].

Головне джерело змін на землі – людина та її життя. Вчені довели, що природні фактори (сонце, вулкани) не є вирішальними для підвищення температури землі. Першою загрозою втрати кліматичного балансу є процес, пов'язаний з парниковим ефектом. На Паризькому кліматичному саміті експерт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату Ігор Мохов заявив, що в індустріальну епоху кількість вуглекислого газу в атмосфері зросла більш ніж на третину. Сьогодні на мільйон молекул повітря припадає 400 молекул вуглекислого газу. Згідно з реконструкцією льодовикового щита, такого рівня не було за весь час існування людини [10].

Природні фактори. До природних причин зміни клімату належать структурні, астрономічні та радіаційні причини [11].

Тектонічні фактори пов'язані з найтривалішими кліматичними змінами, особливо глобальними змінами клімату. Рух літосферних плит, утворення і руйнування гір впливають на основні напрямки океанічних і повітряних течій. Зі зміною контурів берегів і океанів створюються нові умови для розподілу температури і вологості на землі.

Концентрація вуглекислого газу в атмосфері є ключовим фактором, що впливає на клімат Землі, оскільки збільшення вмісту цього основного парникового газу призведе до глобального потепління. У надрах міститься на кілька порядків більше вуглецю, ніж сума всіх його оболонки (атмосфери, гідросфери, ґрунтового покриву та всієї біосфери, включаючи антропогенні компоненти), а викид CO₂ активний у регіонах континентальних рифтів.

Виявлено, що за останні 200 мільйонів років найбільший активний період формування системи рифтових долин збігається з глобальним потеплінням.

Астрономічні фактори, що формують клімат, в основному визначаються орбітальними параметрами Землі, які залежать від відстані від Землі до Сонця,

кута падіння сонячного світла і процесу на Сонці. Цей набір факторів змінює значення S_0 , тобто випромінювання (сонячне світло), яке досягає Землі, що є функцією широти, сезону, часу доби та положення Землі, або запускає деякі внутрішні атмосферні механізми, які впливають на клімат [9, 10].

Глобальні зміни клімату також викликані зміною положення екваторіальної площини відносно площини орбіти Землі. Кут Землі становить $22,068^\circ$ - $24,568^\circ$, період становить 41 000 років і 200 000 років, а зараз становить $23,5^\circ$. По відношенню до середнього періоду близько 21 000 років у 1950 році прецесія цієї орбіти коливається від 0,03 до 0,07. Усі ці періоди дуже відповідають існуючим уявленням про коливання клімату в плейстоцені. Джерелом зміни параметрів земної орбіти є мінливе гравітаційне поле в системі планет Сонячної системи.

При зменшенні кута нахилу тропіки тропіків переміщуються до екватора, а полярне коло — до полюсів. Це є причиною того, що жаркий і холодний пояси зменшилися, а помірний пояс розширився. Тому падіння температури на землі відповідає найменшому куту нахилу, а потепління — найбільшому [9, 10].

Періодичні зміни клімату призводять до зміни припливних сил і сонячної активності.

Другий набір факторів пов'язаний з астрономією і впливає на внутрішній механізм атмосферних процесів на Сонці. Ця група факторів належить до проблеми, яку останніми роками називають «співвідношення сонця і землі в погоді та кліматі». Незважаючи на те, що це питання є одним із найстаріших, воно все ще залишається одним із найбільш дискусійних і має як захоплених прихильників, так і безкомпромісних опонентів. Проте противників визнання впливу зв'язку сонця та атмосфери на погоду та клімат стає все менше, у міру появи нових експериментальних і теоретичних робіт, які підтверджують існування цього зв'язку, їхні аргументи слабшають. На сонці може відбуватися багато процесів, що характеризують його діяльність. Проте сонячні плями,

ознака сонячної активності, завжди приділяли найбільшу увагу. Термін їх спостереження найдовший. Середній діаметр сонячних плям становить близько 37 000 кілометрів, а найбільші можуть досягати 245 000 кілометрів. Їх середня температура майже на 2000 К нижча за ефективну температуру фотосфери. Магнітне поле сонячних плям, як правило, набагато вище, ніж у сонячного диска.

Це ще раз свідчить про складність і різноманітність факторів, що впливають на клімат. Неможливо пояснити всі зміни клімату однією сонячною активністю, так само як неможливо її відкинути. Проте з точки зору комплексних показників можна простежити кореляцію між коливаннями сонячних плям і кліматичними коливаннями в останньому тисячолітті, що не так легко заперечує кореляцію між змінами сонячної активності та кліматичними змінами [10].

Антропогенні чинники. У минулому зміна клімату залежала від природних факторів, але в останні 50 років вона була зумовлена переважно діяльністю людини. Нині людський фактор значною мірою визначає негативні зміни клімату, особливо через зміни концентрації парникових газів та аерозолів в атмосфері. Наприклад, серед шести парникових газів, визнаних Кіотським протоколом, три з них — вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і закис азоту (N_2O) — є важливими природними компонентами атмосфери, але їх збільшення концентрації значною мірою є результатом діяльності людини. Інші парникові гази: гексафторид сірки, гідрофторвуглеводні та перфторуглероді є синтетичними хімічними речовинами. Від початку промислового розвитку (з 1750 р.) діяльність людини неухильно і поступово призводила до зміни клімату, що в основному викликало підвищення та потепління Землі. Нині антропогенний вплив людини на клімат значно перевищує вплив природних процесів (сонячних змін і вивержень вулканів) [4, 11, 12].

Слід розрізняти два види впливу на клімат: ненавмисний – внаслідок господарської діяльності та навмисний – з метою зміни клімату в правильному напрямку.

Несподіваний вплив діяльності людини на клімат почався дуже давно. Досліджуючи нові території, вирубуючи і випалюючи ліси, відкриваючи землі, засаджуючи різні види рослинності, люди несвідомо змінювали природу підстилаючої поверхні та її альbedo, тим самим змінюючи тепловий баланс системи земля-атмосфера.

У нинішній час створюються нові водосховища і канали, змінюються русла великих річок, осушуються болота, продовжують вирубувати ліси тощо. На характер підстильної поверхні позначається ерозія ґрунтів. Усе це впливає не тільки на альbedo, а й на газовий обмін з атмосферою, волого-і теплообмін атмосфери і підстильної поверхні. Серед хімічних газів, що змінюють газовий склад атмосфери, особлива роль відводиться CO_2 , який, надходить в атмосферу, створюючи тепличний ефект. При зростаючій швидкості надходження газу у найближчі 100 років його вплив на клімат може стати досить відчутним. В атмосферу надходять і фотохімічно активні малі домішки: фреони, фтористі, бромисті і хлорні сполуки, які руйнують озоновий шар і впливають на тепловий режим планети. Цілий ряд хімічно активних малих домішок, таких, як оксиди азоту, ті ж фреони та ін., мають здатність поглинати сонячну радіацію і тим самим впливати на тепловий режим атмосфери. У зв'язку з ростом населення і обсягу виробництва, розвитком енергетики зростає надходження в атмосферу теплових викидів, що вже зараз відчутно у великих містах і промислових центрах. Цілком природно, що в подальшому цей процес посилиться. Звідси вкрай важливо знати, як теплові викиди вплинуть на погоду і клімат. Можна вказати ще кілька видів людської діяльності, які можуть відбитися на кліматі. До них відносяться: забруднення океану нафтовими продуктами, що порушує тепло-і вологообмін між атмосферою і океаном, вплив на хмари з метою стимулювання опадів, спалювання палива, збільшує викид в атмосферу водяної пари, дія зрошувальних систем, що підвищує випаровування та ін. Згубний вплив на клімат мають випробування ядерної зброї, що сприяє утворенню і накопиченню

в атмосфері аерозолі, окислів азоту, радіовуглецю та інших компонентів, що руйнують озоновий шар, та ін. [13, 14, 15].

При збереженні нинішнього рівня викидів парникових газів середня температура на землі може підвищитися на 3-6 °С до кінця ХХІ століття. Це може призвести до серйозних змін у глобальній кліматичній системі – різких змін температури, зміни троянд вітрів, утворення високих температур і посушливих періодів в окремих районах, а в інших – до катастрофічних опадів, танення льодовиків і арктичного льоду, підвищення рівні моря. Якщо такі зміни відбуваються, вони будуть раптовими і незворотними. Особливо вразливими є полярні регіони та райони плато та їх біота та геологічні системи [16, 17].

Як відомо, температура має вирішальний вплив на формування погоди на землі та регіонального клімату. Згідно з дослідженнями, за останні 100 років загальна температура на Землі підвищилася на 0,76 (0,54-0,95) °С. Щоб уникнути шкідливих наслідків зміни клімату, підвищення температури не повинно перевищувати 2°С. За оцінками вчених, до 2100 року температура може підвищитися на 3°С і більше [5].

Глобальна зміна клімату призведе до збільшення річної кількості опадів та зміни інтенсивності гідрологічного кругообігу Землі. Концепція формування природних кліматичних циклів свідчить про те, що клімат буде теплим і сухим, який розвиватиметься в умовах столітнього потепління на землі з 2005-2007 по 2025-2028 роки. 18].

Температурні фактори визначають життєздатність рослин і їх географічне поширення, видовий склад, продуктивність і сезонні зміни. Низькі температури можуть пошкодити рослини (в їх тканинах утворюється лід). Висока температура знищить хлорофіл, спричинить опіки листя, пошкодження та загибель коренів та інших частин рослин і в кінцевому підсумку призведе до загибелі рослин. При дуже високих температурах продуктивність заводу близька до нуля.

Якщо в агрогеографічній системі температура перевищує 25 °С, а в період вегетації сільськогосподарських культур, дерев і кущів відсутні опади та низька вологість, це призведе до значного зниження продуктивності або загибелі рослин [2].

Глобальна зміна клімату вплинула і на Україну, за останні 100 років середньорічна температура в Україні підвищилася на 0,7°С і продовжує зростати [16]. Вчені прогнозують, що Україні загрожують аномальні перепади температури, опустелювання пасовищ, зменшення руйнівних джерел води, питні повені та повені, сильний вітер. Все це негативно впливає на економічний розвиток країни та екологічну безпеку [17, 19].

Збільшення контрасту кліматичних явищ призведе до зменшення кількості опадів у деяких частинах світу, а в інших регіонах – до значного збільшення. У деяких частинах світу опади можуть залишатися незмінними, але вони будуть дуже рідкісними. Чергуються періоди сильних дощів і посушливих порід, що може призвести до природних аномальних процесів, таких як посуха, повінь, ерозія ґрунту, зсуви та селі) [14, 20].

Наслідки зміни клімату. Зміна частоти та інтенсивності випадання опадів. Передбачається, що клімат землі стане більш вологим, але розподіл опадів на землі буде нерівномірним. У районах з достатньою кількістю опадів випаде більше опадів. У маловодних районах частішають посухи.

Підвищення рівня моря. Вчені підтвердили, що середній рівень моря піднявся на 0,102 метра в 20 столітті, тоді як рівень моря піднявся на 1 метр у 21 столітті, що може призвести до затоплення прибережних районів і невеликих островів.

Наприклад, такі країни, як Нідерланди та Великобританія, а також невеликі острівні країни в Океанії та Карибському басейні можуть першими потрапити в зону затоплення [14,17,18,].

Загроза для екосистем і біорізноманіття. Багато видів та екосистем вже відповідно реагують на зміни клімату. Наприклад, мігруючі види птахів вже раніше прилітають навесні і пізніше відлітають восени. Перед загрозою зникнення опинились до 30-40 % видів рослин і тварин, оскільки їх середовища проживання змінюються швидше, ніж вони можуть пристосуватися до цих змін. При підвищенні температури на 1°C прогнозується зміна видового складу лісів, які є природним накопичувачем біомаси і кисню.

Якщо температура підвищиться на 0,3°C, тропічні ліси північно-східної Австралії, екосистеми Китаю та високогір'я Африки будуть під загрозою через 25 років. Якщо середньорічна температура підвищиться ще на 1,0°C, то приблизно до 2050 року арктичні та арктичні льодовики тануть більше. Такий процес може зменшити чисельність білих ведмедів, моржів, тюленів та інших тварин. У тропіках багатьом мешканцям коралових рифів загрожує зникнення. Підвищення температури води в північноамериканських річках може призвести до масового вимирання форелі та лосося. Підраховано, що до початку 21 століття температура підвищиться на 3°C, тропічні ліси Амазонки та високогірна флора Австралії знаходяться під загрозою зникнення, а коралові рифи Нової Зеландії також знаходяться під загрозою зникнення [17, 20].

Танення льодовиків. Льодовики є найчутливішими індикаторами глобальних кліматичних змін. З початку 1960-х років спостерігається поступове зменшення площ снігового покриву приблизно на 10%. Як показують дослідження починаючи з початку 1950-х років площа морських льодів у Північній півкулі стала меншою на 10-15%, а товщина льодового покриву на 40%. Маса льоду у Північній півкулі щорічно зменшується на 8%. Як прогнозують вчені, до 2100 року половина льодового покриву може розтанути і це стане причиною значних катастрофічних наслідків [16, 21, 22].

Сільське господарство. На думку кліматологів, підвищення температури вплине на врожайність сільськогосподарських культур, але такі прогнози не ясні.

У країнах з помірним кліматом виробництво значно зростає з підвищенням температури, але може знизитися внаслідок аномальних кліматичних змін, що становитиме серйозну загрозу продовольчій безпеці. У тропічних і субтропічних регіонах врожайність може загалом знижуватися. Основним фактором, що впливає на зниження врожайності, є нестача прісної води протягом вегетаційного періоду. При подальшому підвищенні температури падіння виробництва може перевищити 20%, що є критичним для економіки багатьох країн [14, 21].

Водоспоживання і водопостачання. Кліматичні зміни можуть призвести і до нестачі питної води. Наприклад, у країнах із посушливим кліматом (Центральна Азія, Середземномор'я, Південна Африка, Австралія) з подальшим зменшенням атмосферних опадів ситуація може катастрофічно погіршитися [14, 17].

Недостатня кількість опадів може призвести до зменшення забезпеченості населення питною водою. Також суттєво може знизиться стік найбільших річок Азії. Нестача прісної води насамперед призведе до погіршення здоров'я населення і спаду виробництва у сільському господарстві, підвищення ризику кліматичних конфліктів за доступ до джерел прісної води.

Здоров'я людей. У всьому світі число зареєстрованих стихійних лих, пов'язаних з погодою, за період з 1960-х років більш ніж потроїлася. Щорічно ці лиха призводять до більш ніж 60 000 випадків смерті, головним чином, в країнах, що розвиваються.

Часті екстремальні погодні умови можуть призводити до зростання травматизму і смертності серед населення. Після повеней очікуються спалахи інфекційних захворювань, особливо тоді, коли системи водопостачання та каналізації будуть пошкоджені.

Підвищення температури може спровокувати посуху, яка, у свою чергу, впливає на їжу. Смерть від недоїдання, спричинена періодичними посухами, забрала життя приблизно 3,5 мільйонів людей.

Нестача води для санітарії та надмірна кількість води через часті дощі збільшують ризик діареї. Діарейна хвороба поширюється через забруднену їжу та воду і є однією з головних причин дитячої смертності — щороку помирає близько 1,8 мільйона людей.

Сильна спека, особливо в особливо чутливих районах, призведе до підвищення захворюваності та смертності пацієнтів із респіраторними та серцево-судинними захворюваннями, особливо людей похилого віку.

Підвищення температури прискорить сезон пилку, що зробить напади астми більш поширеними серед населення. Щорічно від серцево-судинних та респіраторних захворювань, спричинених забрудненим повітрям, помирає приблизно 800 тис. осіб [16, 17, 22].

1.2 Глобальне та регіональні зміни клімату та їх доказова база

В останні два роки у світі посилюється скептичне ставлення до достовірності поновлених результатів про зміни "клімату" та "клімату" майбутнього. Відзначається якась ерозія вірити у глобальне потепління [39]. Скептицизм, як правило, особливо посилює після суворих зим.

Почалися нападки на Міжурядову групу зі зміни клімату (МГЗК), коли виявились деякі помилки в їх прогнозах танення Гімалайських льодовиків та інших оцінках, а також в інформації про зміни клімату, отримані учнів Університету Східної Англії (Норвіч) [39]. Природньо, в процесах моделювання глобального потепління є значна політична складова, пов'язана з просуванням інтересів фірм розвинутих країн, зайнятих вишуком екологічної техніки і

екологічно чистих продуктів, а також зменшенням залежності багатьох країн від вуглеводневих джерел. Безумовно, очевидна і позитивна сторона міжнародної співпраці із захисту клімату, хоча вона вимагає політичної волі країн та величезних інвестицій у проект з охорони глобального клімату. Останнє можуть дозволити собі тільки розвинути країну.

«У зв'язку з цим виникла необхідність в аналізі отриманих до теперішнього часу результатів досліджень змін клімату з різних позицій. При цьому важливо звернути особливу увагу на проблемні питання, а в окремих випадках помилки, пов'язання з оцінками і прогнозами змін клімату під впливом природних і антропогенних факторів, включаючи оцінку ролі термічного і динамічного режиму Атлантичного океану у формуванні сучасних змін. клімату Європи. Розглянемо ряд аспектів цієї складної і дискусійної проблеми. При цьому використовуємо ряд графічних матеріалів МГЗК», [33-34], звернувши увагу на ті особливості глобальних та регіональних змін клімату, які рідко обговорюються у відомих звітах МГЗК.

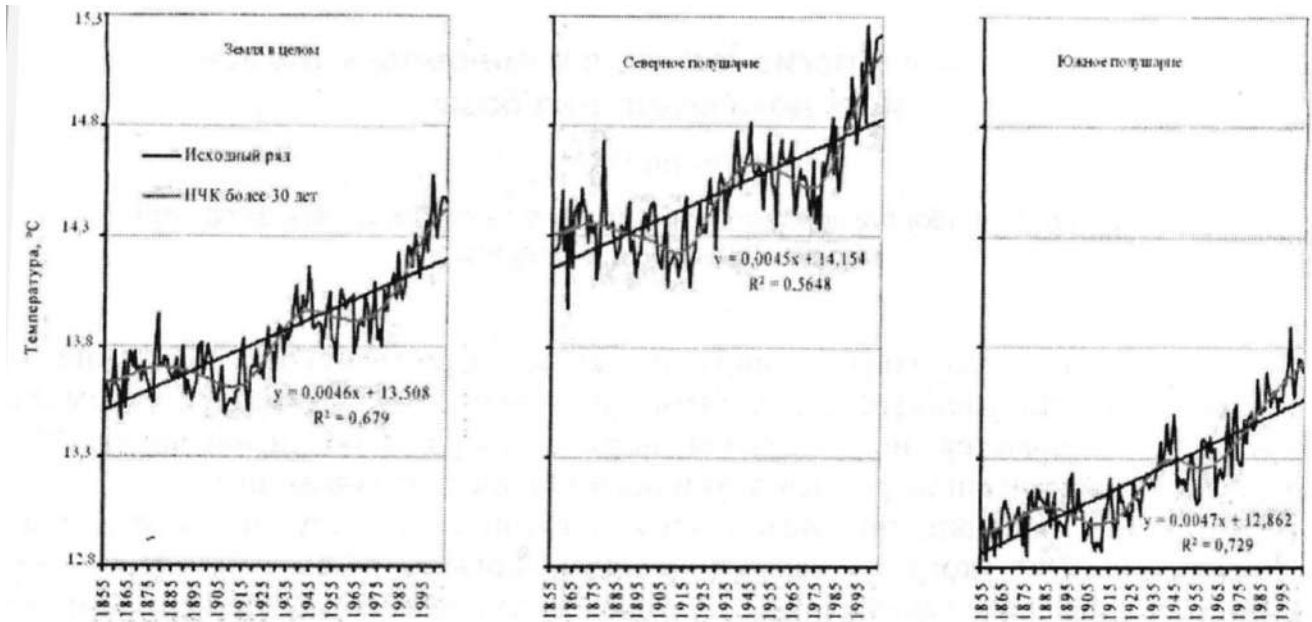
Аргументи і факти на користь сучасної антропогенної зміни клімату

1. Глобальне сучасне потепління клімату виявилось самим потужністю за історію інструментальних спостережень: у північній півкулі зростання $0,9^{\circ}\text{C}$ у південному - близько $0,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.1) Похибка зазначених вище оцінок становить $0,2^{\circ}\text{C}$ [38, 33].

2. Швидкість зростання глобальної температури в останні три десятиліття виявилась найшвидшою за історію інструментальних спостережень. Однак зростання температури поверхневого шару Світового океану в період з 1910 по

1945

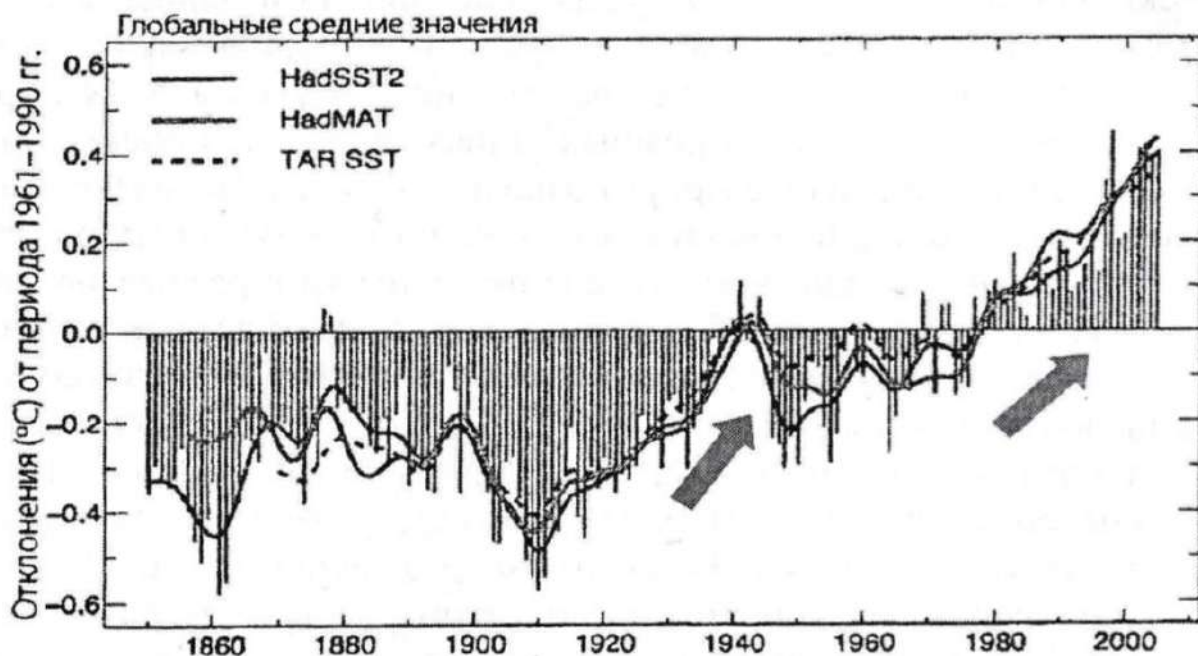
р.



Мал.1.1 Хід середньорічної температури поверхні Землі в цілому, північної та південної півкуль

3. Переважна кількість найбільших середньорічних. аномалій температури посідає останній тридцятирічний період. Згідно з даними спостережень, найтеплішими роками після 1860-го були 1998, 2005, 2007 та 2010 р. З 1976 р. середня глобальна температура зростала приблизно втричі швидше, ніж протягом останніх 100 років [33, 34].

4. Максимальне зростання температури зазначається у континентальних районах, що узгоджується з теорією парникового потепління клімату. На материках створюються більш сприятливі умови для засвоєння довгохвильової радіації порівняно з короткохвильовою, тому потепління має бути інтенсивнішим у центрі материка, особливо взимку та вночі, коли послаблюється вертикальна конвекція. На океанах поглинання прямої сонячної радіації відбувається у поверхневому шарі води вдень, а довгохвильової - у поверхневій плівці, що стимулює зростання випаровування і, отже, зниження температури води поверхні океану.



Мал. 1.2. Аномалії середньої глобальної температури поверхневого шару океану з 1855 до нашого часу за різними джерелами [25]

5. Льодовитість Північного Льодовитого океану і маса льодовиків сильно зменшилися за останні два десятиліття [33, 34]. У 2008 та 2009 рр. льодовитість Арктики збільшилася [20].

6. Модельні розрахунки показують, що при підвищенні вмісту парникових газів в атмосфері вертикальні температурні профілі повинні змінюватися таким чином, що потепління має бути більш вираженим у нижній частині тропосфери, а вихолодження – у стратосфері. Експериментальні дані підтверджують це.

7. Останні три десятиліття відзначається інтенсивне зростання вмісту парникових газів у атмосфері. Найповніші експериментальні та модельні оцінки, представлені в доповідях МГЕЗК, свідчать, що парникові гази є найважливішим фактором сучасного потепління клімату. Таким чином, викладене вище дозволяє вважати, що парникові гази, безумовно, є важливим фактором зміни клімату. В останні три десятки років спостерігається безпрецедентне зростання їхнього

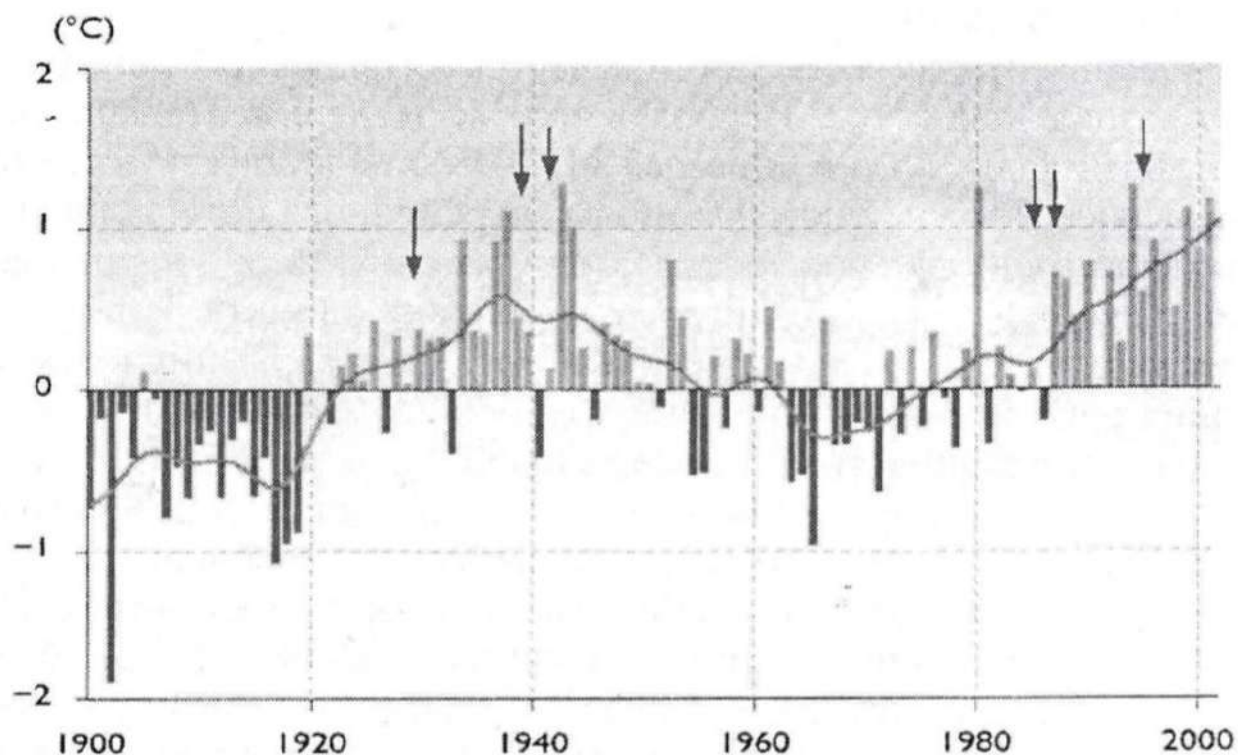
вмісту в атмосфері за рахунок спалювання органічного палива та з інших причин, що не могло не відбитися на зростанні температури на земній кулі. Деякі інші міркування з цього приводу представлені в роботах [8,9,20]. Концентрація вуглекислого газу показує лінійне зростання за весь індустріальний період розвитку суспільства і може позначатися тільки на загальній тенденції зростання температури, але в кліматичній системі домінують нелінійні процеси та відсутні прості взаємозв'язки між вмістом парникових газів, сонячним випромінюванням, а також іншими факторами, що впливають, та кліматичними параметрами. Власне тому для кліматичної системи характерні циклічні коливання різної тривалості. Найбільш яскравою циклічною складовою у зміні глобальних характеристик клімату за останні 150 років є 60-70-річне коливання, на яке останнім часом звертали увагу на роботи [8, 9, 20, 28]. У роботі О.М. Покровського [20] циклічні коливання тривалістю 60-70 років виявлені для таких великомасштабних коливань в кліматичній системі, як індекс Тихоокеанського коливання, індекс Атлантичного коливання, в Тихому та Атлантичному океані [20]. Автор цитованої роботи пише: «...Усі сценарії, розроблені на основі моделей, відображають лише глибоку віру їхніх авторів, що єдиною рушійною силою зміни клімату є збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері».

Особливості змін клімату, які важко чи неможливо пояснити впливом парникових газів. Як приклад сучасної зміни клімату розглянемо зміни клімату високих широт (60-90° пш.), де власне парникова природа поту клімату повинна бути виражена найбільш яскраво. На рис. 1.3 добре хід зміни температури повітря у високих широтах на тлі невеликого позитивного тренду. Середня тривалість циклу становить 60-70 років.

1. Інтенсивне зростання температури у високих широтах північної півкулі в період з 1910-1915 рр. до 1940-1945 рр., відомий як потепління Арктики, змінився падінням температури до середини 70-х років минулого століття та

подальшим зростанням температури, найінтенсивнішим за період інструментальних спостережень. Саме у високих широтах позитивний тренд температури, пов'язаний із зростанням парникових газів, має бути найбільш помітним, хоча дані, наведені на рис. 1.3, не такі показові в цьому відношенні, якщо порівняти їх з даними рис. 1.1 та 1.2.

Велике зростання температури у високих широтах має бути обумовлене істотним внеском альbedo зворотного зв'язку та впливом сильної гравітаційної стійкості, що створюється вихолоджуванням повітря поблизу земної поверхні, яка пригнічує конвекцію та перенесення довгохвильового випромінювання, призводячи до концентрації нагрівання в тонкому при поверхневому шарі повітря.



Мал. 1.3. Багаторічний перебіг температури повітря в Арктиці (60-90 ° пн.ш.). Стрілками показані роки суворих зим біля Білорусі [9, 10]

2. Не викликає сумніву зростання економічних втрат у світовій економіці від несприятливих погодних та кліматичних явищ. Це може бути пов'язано в першу чергу зі зростанням в останні кілька десятиліть національного багатства, населення та урбанізації територій, інформаційних можливостей країн, а не тільки збільшенням повторюваності погодних та кліматичних явищ.

3. Генеральні морфологічні просторово-часові особливості зміни температури і опадів у північній півкулі перебувають у сліпому [2, 8]. При потеплінні у високих широтах відбувається зменшення температурних контрастів між полярними та низькими широтами. Це призводить до зменшення зонального потоку і як наслідок потоку океанічної водяної пари вглиб континенту. З зменшенням між широтних контрастів температури збільшується ймовірність розвитку процесів блокування і як наслідок ймовірність створення між довготних контрастів зволоження. Меридіональні потоки вологи встановлюються на тривалий час, формуючи у окремих районах залежно від сезону року або посухи, або суворі зими. При потеплінні у полярних широтах відбувається посилення мусонної циркуляції взимку та ослаблення її влітку; в обидва сезони можуть створюватися умови для посилення циклонності над океаном та антициклонності над материком. З огляду на посилення антициклонної циркуляції над сушею збільшується повторюваність посух. Змінюється вміст вологи повітряних мас при зростанні температури океанів. У полярних і субполярних районах зростання вмісту вологи є однією з причин збільшення кількості опадів при потеплінні в цих районах.

Відомо, що положення кліматичних фронтів залежить від просторових особливостей зміни температури: при потеплінні клімату у високих широтах траєкторії циклонів зміщуються на північ, як це було в період потепління Арктики, а при похолоданнях - на південь. Зв'язок кількості опадів із змінами температури та потужністю циклонів нелінійний, а межа зміни знака зв'язку змін

температури з інтенсивністю опадів від прямої до зворотної зими проходить на північ, а влітку — на південь.

Генеральні особливості зміни опадів як за даними спостережень, так і за модельними оцінками такі: при потеплінні клімату кількість опадів зростає у високих та середніх широтах. При потеплінні клімату також зменшуються контрасти температури всередині самих циклонів, особливо в аридних зонах, де влітку опади пов'язані з потужними холодними фронтами. Слабкі (теплі) фронти приходять сухішими, приносячи невелику кількість опадів. Серйозна дискусія йде щодо зміни повторюваності посух, повеней, суворих і теплих зим та інших екстремальних кліматичних явищ. Відзначається збільшення повторюваності низки їх, наприклад, повторюваність теплих зим і посух, тоді як повторюваність деяких інших (тропічних ураганів) навіть зменшилася чи залишилася на колишньому рівні. Детальна інформація про зміну повторюваності небезпечних метеорологічних та кліматичних явищ на території Білорусі наведена нами у роботі [12].

Розглянемо повторюваність суворих зим, оскільки зміну їхньої повторюваності в останні десятиліття важко інтерпретувати виходячи з парникової природи поточного та попереднього потепління клімату, відомого як потепління Арктики. Тимчасовий розподіл суворих зим останнього століття виявилось, здавалося б, парадоксальним; їхня велика повторюваність, здавалося б, не повинна припадати на теплі епохи. Такий розподіл суворих зим можна зрозуміти, якщо в якості їх модулятора прийняти зміну тепломістку в Північній Атлантиці і як наслідок атмосферної циркуляції. Суворі зими в Європейській частині Росії, в Україні та Білорусі, а також у ряді випадків у Сибіру та Середній Азії припали на період попереднього потепління клімату (1910-1945): 1928-1929, 1930-1931, 1932-1933, 9 . [21]. У Білорусі найсуворіші зими відзначалися у 1928-1929, 1939-1940, 1941-1942 рр. [10]. Інша тривала епоха суворих зим припала на

60-ті роки ХХ ст., коли спостерігалася «Велика соленосна аномалія»: 1962-1963, 1966-1967, 1968-1969 рр. [6,7]. Зв'язати суворі зими з потужним виверженням вулкана Агунг в 1963 р. не можна, оскільки вулканічний аерозоль призводить до похолодання клімату в теплу пору року [8].

Не виключено настання нової ери суворих зим у Європі наприкінці 10-х років поточного століття. Перші провісники таких суворих зим уже з'явилися у 2008-2009 роках. Вони, ймовірно, пов'язані з інтенсивним таненням арктичних льодів та збільшеним стоком північних річок у Північний Льодовитий океан, що призводить до розпресування вод Північної Атлантики, появи нової солонісної аномалії та уповільнення течій системи Гольфстрім. Докладніше це питання обговоримо нижче.

Формування екстремально теплих літніх сезонів також може модулюватись температурою води в Північній Атлантиці. Прикладом цього є спекотне літо 2010 р. на Європейській частині Росії, східних та центральних районах Білорусі та України.

Аналогом минулого літа є літо 1972 р. Аналіз розподілу температури води в Північній Атлантиці і висотних гребенів у північній півкулі в 1972 р. показав таке: рідкісний розподіл температури поверхневих вод у Північній Атлантиці, а саме стійку позитивну аномалію біля берегів Північної Америки висотного гребеня на сході та в центрі Північної Атлантики. Ця система аномалій температури у червні 1972 р. змістилася на схід. Причиною тому стала різка зміна напряму панівних в екваторіальній стратосфері вітрів.

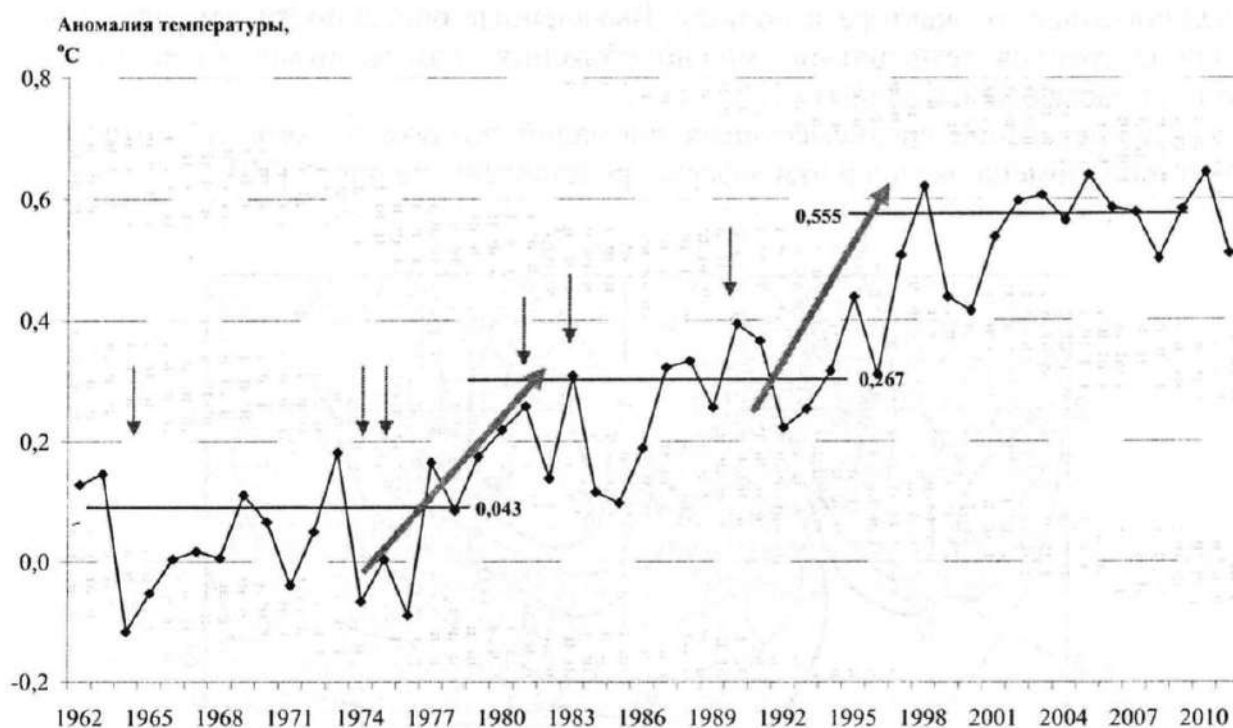
Розподіл улоговин і гребенів влітку 1972р. та 2010р. у північній півкулі було подібним.

4. Глобальні особливості зміни температури представлені на рис.1.4.

Розглянемо глобальні та регіональні особливості зміни температури у різних часових інтервалах.

З рис. 1.4 слід, що у зміні температури протягом останніх 50 років чітко помітний найінтенсивніший позитивний тренд температури період інструментальних спостережень. Цей тренд має «шматковий», ступінчастий характер. На рис. 4 проглядається наявність трьох "сходинок" у зміні температури, кожна з яких має тривалість 15-17 років. Перехід температури нового рівня здійснюється протягом 6-7 років

Сильні "стрибки" у зміні температури земної кулі спостерігалися у 1976-1983 рр. та у 1992-1998 рр. Після різкого стрибкоподібного збільшення температури вона протягом 10—15 років залишалася більш високому і приблизно однаковому рівні. Потужні «стрибки» у зміні температури спостерігалися й у минулому. Так, різкий «стрибок» у зміні температури в високих широтах північної півкулі відбувся в період з 1917 по 1923 рік.



Мал. 1.4. Глобальна середня температура, за даними NCDC (США)

Такий характер зміни температури важко пояснити змінами концентрації парникових газів. Зміна останніх відбувається плавно. Уповільнення швидкості зростання температури земної кулі в останні 15 років збіглося за часом з найбільшою швидкістю зростання вмісту парникових газів в атмосфері. В останнє десятиліття швидкість зростання парникових газів в атмосфері збільшилася вдвічі порівняно зі швидкістю зростання у 90-х роках ХХ с.; середньорічний вміст вуглекислого газу в атмосфері перевищив 28 млрд. т, тоді як наприкінці 90-х років минулого століття воно було як мінімум на 2 млрд. т менше.

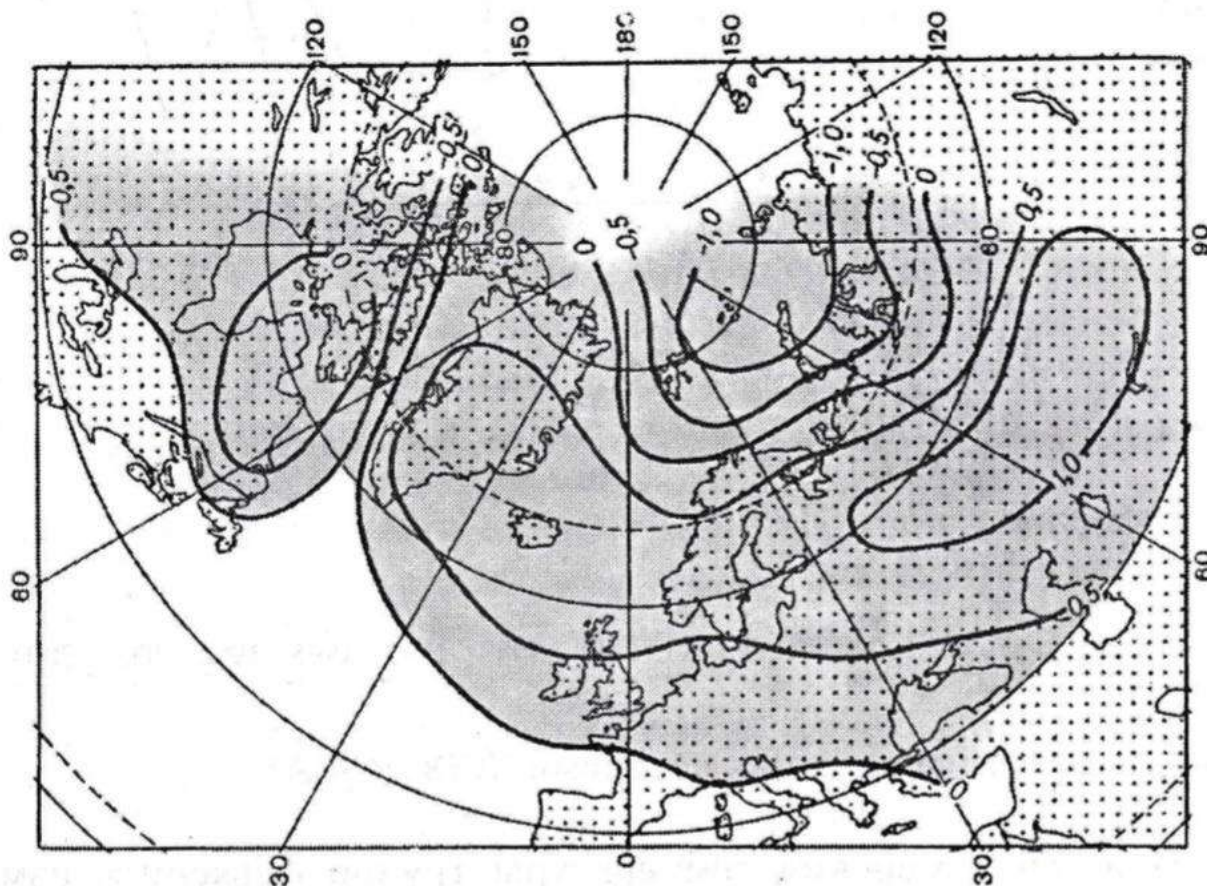
Різкі короткочасні зниження температури можна пов'язати з надходженням великої кількості аерозолів в атмосферу після вулканічних вивержень. На рис. 4 стрілками показано вулканічні виверження останніх 50 років. До таких вивержень відносяться Агунг (1963), Фуего (1974), Товбачок (1975), Сент-Желенс (1980), Ель-Чічон (1982), Пінатубо (1991). Після всіх зазначених вивержень помітно зниження температури земної кулі і наступні «скачки» температур (показані жирними стрілками).

5. У численних роботах показано, що величини позитивних трендів температури, пов'язані зі зростанням вмісту парникових газів у атмосфері, зростає від екватора до полюса. У той же час результати роботи Б.Г. Шерстюкова говорять про складніший характер зміни величини трендів температури [29].

Величини позитивних трендів температури виявилися максимальними в широтній зоні 50-60 ° пн.ш., принаймні, на території Росії, тоді як з теорії клімату, позитивні тренди температури повинні збільшуватися від екватора до полюса. Виявлені особливості змін величини трендів температури можна пояснити змінами загальної циркуляції атмосфери та океану.

Розподіл середньомісячних аномалій повітря на моменти інтенсивного теплообміну океану та атмосфери представлені на рис. 1.5 [19].

Максимальна середньомісячна позитивна аномалія температури спостерігається в середніх і високих широтах Західної Європи і трохи південніше - у Західному Сибіру (55-45 ° пн.ш.). Таким чином, просторовий розподіл середньомісячних аномалій температури повітря в моменти інтенсивного теплообміну океану та атмосфери в Північній Атлантиці нагадує залежність від широти величин позитивних трендів температури на території Росії у 1966-2005 рр. Зі збільшенням широти аномалії температури стають негативними (рис. 1.5) і уповільнюється зростання величини позитивних трендів температури біля Росії [29].



Мал. 1.5. Розподіл середньомісячних аномалій температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) у моменти інтенсивного теплообміну між океаном та атмосферою у Північній Атлантиці.

У Західній Європі максимальні величини трендів температури в останні десятиліття повинні спостерігатися на $10\text{-}15^{\circ}$ на північ, ніж у Східній Європі та Сибіру, якщо судити про просторовий розподіл аномалій температури в моменти інтенсивного теплообміну океану та атмосфери (див. рис. 1.5).

Індекс обурення зонального потоку циркуляції, пропорційної напруженості меридіональної циркуляції, числу та потужності баричних утворень на фіксованій широті в середній тропосфері (500 гПа) має найбільші значення в зоні $55\text{-}70^{\circ}$ пн.ш., тобто. майже там, де величина трендів температури максимальна [22].

Максимальні значення величини трендів температури близько 60° пн.ш. можуть визначатися і формальними причинами: міжширотний розподіл зонально опосередкованих величин середнього квадратичного відхилення коливань значень температури має максимальне значення близько 60° слі.

6. Якщо концентрація всіх парникових газів залишатиметься на постійному рівні, подальше потепління близько $0,1^{\circ}\text{C}$ за десятиліття очікується через великий час життя парникових газів в атмосфері (низькій швидкості «вимивання» парникових газів) та інерційності важливих ланок кліматичної системи. Світового океану, кріосфери та біосфери [8, 25].

7. Тимчасовий перебіг змін глобальної температури, що нагадує хокейну ключку, потребує додаткових обґрунтувань [37, 38]. Ряд фахівців [37-39] вважає, що раннє середньовіччя (X-XII ст.) було тепліше за сучасний період, а протягом малого льодовикового періоду (1645-1850 рр.) температура була на 2°C нижчою. Істотних та довгоперіодних варіацій вмісту парникових газів у період з 1000 до

1850р. не зазначалося, а клімат змінювався дуже істотно (аномалії температури окремих епох коливалися від +1,0 до -2°C).

Таким чином, сучасне потепління не має є унікальним навіть у останньому тисячолітті. Найдовший ряд інструментальних спостережень температури в Англії з 1659 по 2009 показує, що температура за період з 1693 по 1725 виросла. Більш ніж на 2°C, тоді як зростання температури за останні 20-25 і навіть 130-140 років не перевищив 1,5°C.

М.М. Наурзбаєвим та інших. [38] показано, що у полярному Уралі у ранньому середньовіччі (900-1200.лет) середньорічна літня температура була на 1,5-2,3°C вище, ніж у час, а верхня межа лісу перебувала на 150- 200 м вище, ніж зараз.

8 Амплітуда циклічних коливань клімату лише трохи поступається величині позитивного тренду температури (особливо для температури Світового океану) (рис.1.1, 1.4). 60-70-річні цикли, що спостерігаються, у зміні глобальної температури можуть бути наслідком низки причин: автоколивань в кліматичній системі, квазивікових коливань сонячної активності, впливу великих планет Сатурна і Юпітера, які здатні змінити середньорічну відстань від Землі до Сонця [8,15,31]. Однак, потрібні подальші докази впливу зазначених причин на сучасні зміни клімату. Амплітуда циклічних короткоперіодних (10-15-річних) коливань також модулюється природними причинами [8, 9]. Це призводить до того, що швидкість потепління, що приписується впливу парникових газів, може зменшитись або навіть змінити знак — виникне тенденція до похолодання.

1.3 Зміни клімату України, як відображення глобальних кліматичних змін

Динаміка клімату України як регіонального, значною мірою відповідає характерним рисам змін глобального клімату. Це підтверджується співпадінням багаторічного ходу аномалії глобальної та регіональної температур повітря.

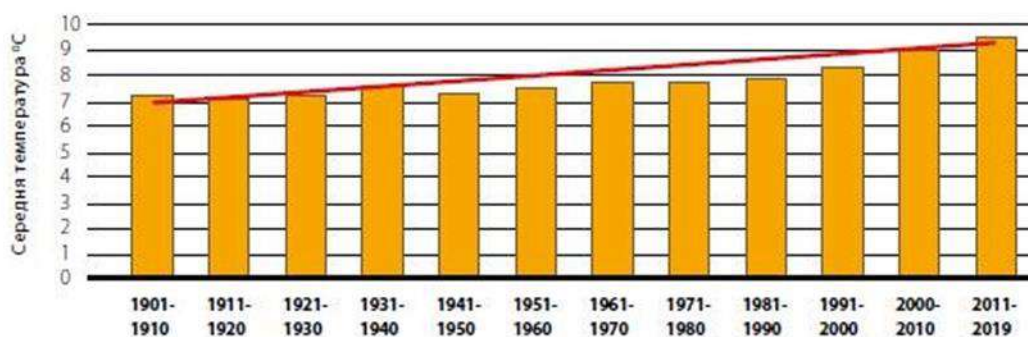


Рис. 1.6 Середня річна температура в Україні

Вперше на проблему зміни клімату в Україні звернули увагу відомі українські кліматологи І.Є.Бучинський та К.Т.Логвінов. Останньому належить гіпотеза про те, що на клімат України впливає не тільки природний, але й антропогенний фактор глобального і регіонального масштабів. Обидва фактори накладаються і підсилюються один одним [23,24]. Результати емпірико-статистичних досліджень з даної проблематики висвітлено у роботах М.Б.Барабаш, Н.П.Гребенюк, О.Г.Татарчук, Т.В.Корж, Л.О.Ткач, які впродовж останніх двох десятиріч послідовно, кожні п'ять років, надають діагностичну оцінку клімату України під впливом природних і антропогенних факторів [27,28]. Дослідження в галузі просторово-часової динаміки клімату проведено В.М.Бабіченко [29]. Зміни клімату в окремих районах земної кулі, в тому числі в Україні, прийнято характеризувати за допомогою річної температури повітря. В Україні генеральною особливістю багаторічного ходу річної температури повітря є те, що він (в деякій мірі) повторює зміни глобальної температури. Цей

висновок було наведено в роботі [54] і час від часу підтверджується у міру надходження нових даних.

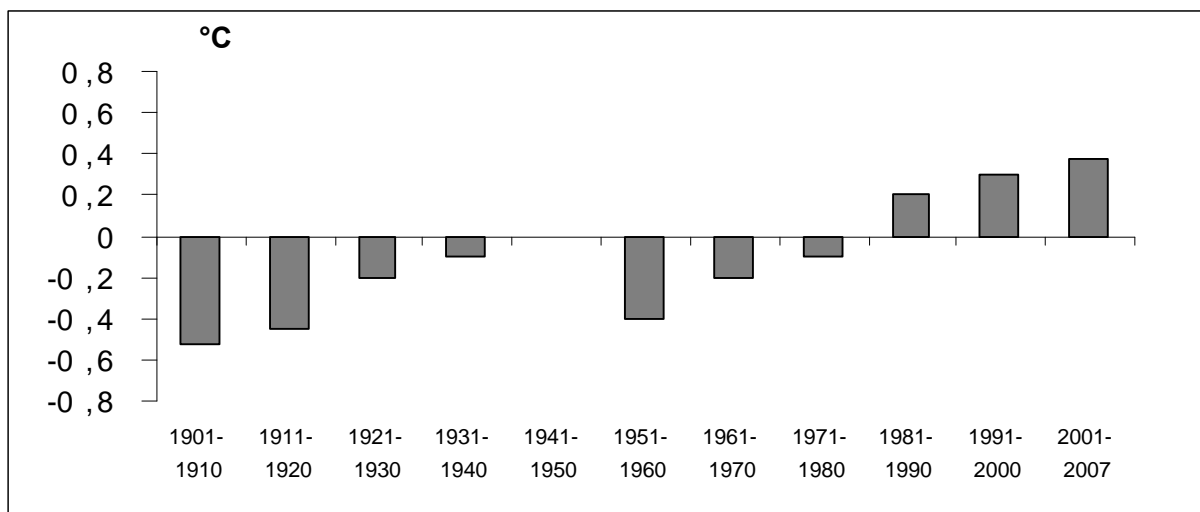
Безперервне спостереження за температурою щороку дає змогу статистично обґрунтовано охарактеризувати подібність вікового процесу глобальної та регіональної річної температури. За даними В. Ф. Мартазінова та Т. О. Сverdлика [30], у віковому процесі глобальних температурних аномалій, порівняно з даними з 1961 по 1990 рр., виділяють три періоди з різними властивостями, які змінюються в часі: - з початку 20 ст. 1940-ті роки - Температура різко піднялася;-1940-1970-ті-Глобальна температура відносно стабільна;-з кінця 1970-х років-до сьогоднішнього дня - найбільше підвищення глобальної температури в історії. Потепління в 1930-х роках було особливо яскраво вираженим влітку, яке є «літнім» типом потепління. Взимку в Україні в цей час, навпаки, температура впала.

Причини потепління 30-х років, на думку багатьох авторів, пов'язані із зменшенням вулканічної активності на Землі і збільшенням прозорості атмосфери, що забезпечило максимальний притік сонячної радіації. 1920-1930-ті роки були найспокійнішими періодами вулканічної активності за останні 350 років. Зміна клімату в Україні узгоджується зі змінами атмосферних процесів Атлантики та Європи, зокрема української циркуляції. Середня циркуляція атмосфери за останні 20 років значно відрізняється від атмосферної циркуляції в попередні періоди, тому температура в Україні, особливо взимку, значно підвищилася. Холодне повітря Сибіру майже не проникає на територію України, тому не може формувати стійкі до морозів погодні умови. Однак за нових умов тепловий стан взимку стає нестійким. Відливання опадів і значні перепади температури змінюються короточасними, але сильними хвилями холоду [31,32].

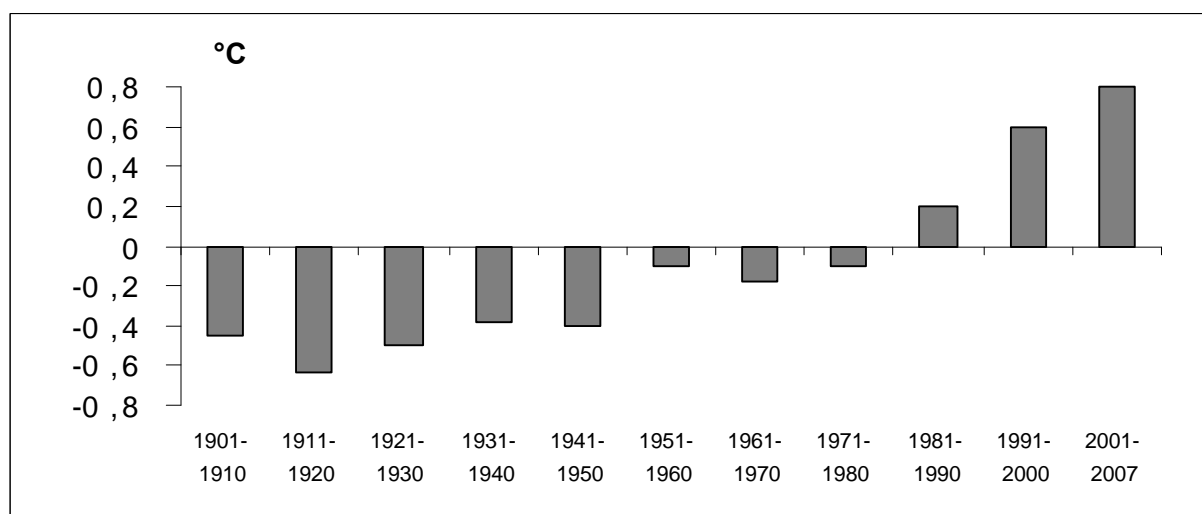
За останні 20 років зміни поверхневої циркуляції на території України спостерігаються і влітку. Переважає нестійка погода, імовірно, що за циклонами

та опадами вторгнуться холодні повітряні маси [33]. На початку 21 століття річна температура на більшій частині території України змінювалася разом із глобальною температурою – рис. 1.7. Однак глобальне потепління по-різному впливає на сезонні зміни температури. За 100-річний період (1900-2000 рр.) Полісся та Лісостепу середньорічна зміна температури становила 0,7-0,9 0С, а зміна пасовищ у бік потепління 0,2-0,3 0С. Підвищення температури становить 1,2 0С взимку, 0,8 0С навесні, незначні зміни влітку та восени [34,35]. З 1900 по 2007 рр. річна кількість опадів в Україні змінювалася нерівномірно. В окремих районах відмічалось зростання їх кількості на 7-10% (понад 40 мм) від кліматичної норми, на іншій території вона залишилась в межах норми або дещо зменшилась. Відбувається вирівнювання кліматичного поля річної суми опадів по території України: в південно-східних регіонах річна сума зросла на 10-15%, а в північно-західних зменшилась на 5-10% [1,36]. З кінця 1970-х років практично по всій території України зафіксоване зменшення амплітуди кількості опадів з року в рік. Це означає стабілізацію режиму зволоження в межах кліматичної норми – рис. 1.2 [37].

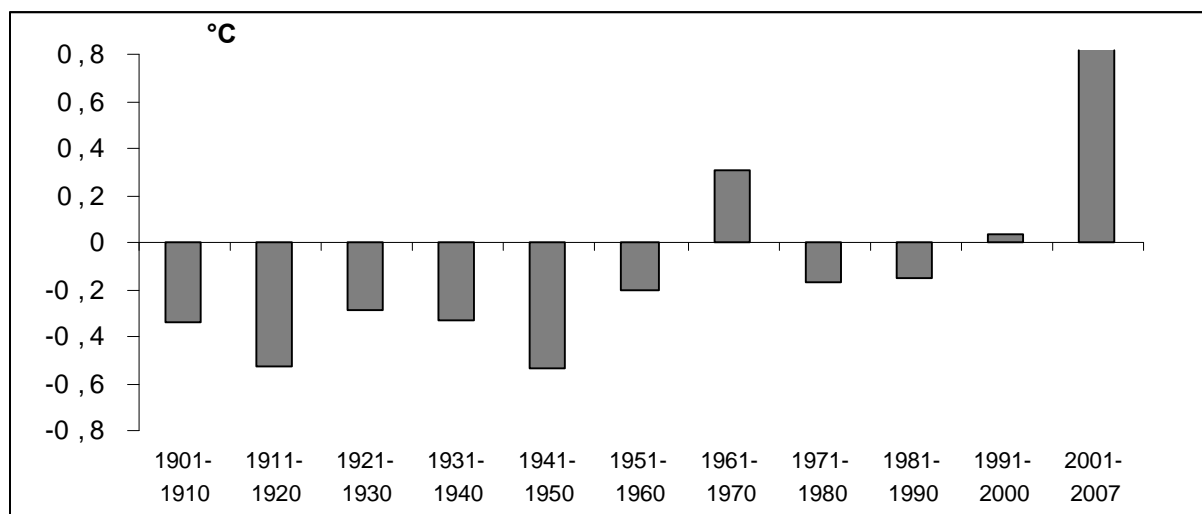
а)



б)



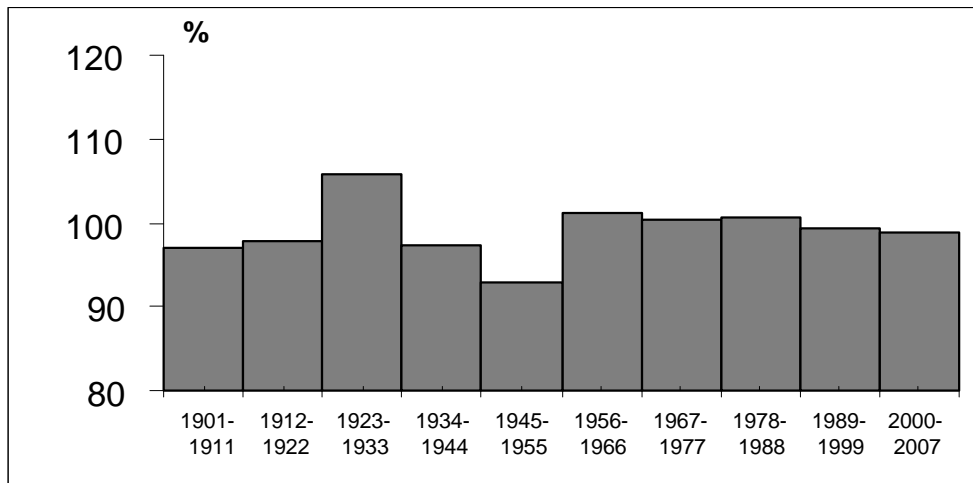
в)



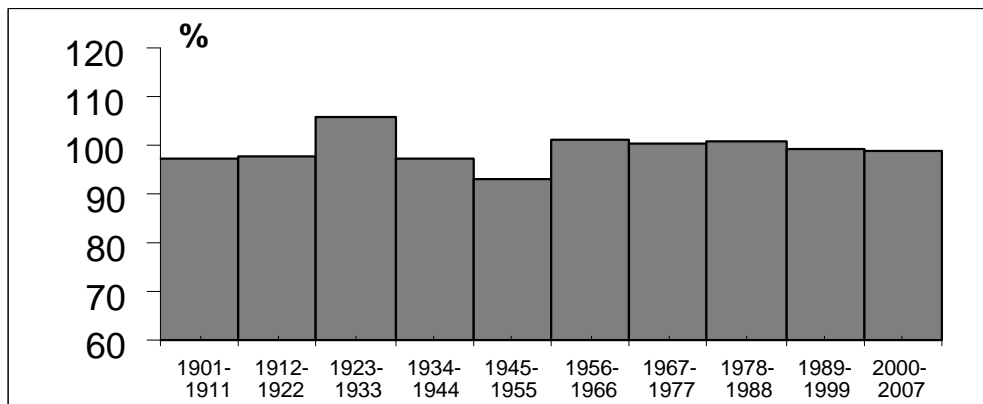
Мал. 1.7. Відхилення річної температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) від кліматичної норми по десятирічках за період 1900-2007 рр.: а) глобальна; б) північна та центральна частина України; в) південна частина України, за [54] .

Дослідження В.М.Бабіченко, Н.В.Ніколаєвої та Л.М.Гущиної [40] показують, що впродовж останніх 15 років (1990-2005 рр.) в температурному режимі приземного шару повітря на території України відбулись значні зміни. Зокрема, були перевищені значення

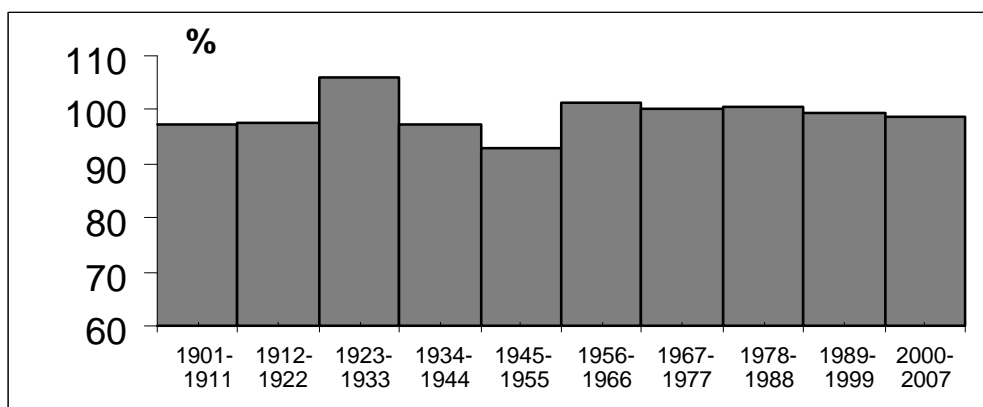
а)



б)



в)



Мал. 1.8. Річна кількість опадів (% норми) за окремі 11-річки по деяким метеостанціям: а) Чернігів; б) Рівне; в) Луганськ, за [54]

найвищої та найнижчої середньої місячної температури повітря за 100-річний період. Так, у січні 1994 року найвища середня місячна температура повітря відмічалась на крайньому північному сході і заході; у лютому 2002 року – майже по всій території України; у квітні 2000 р. – на заході; у травні 2003 р., червні 1999 р., липні 2001 р., серпні 1999 р. найвища середня місячна температура спостерігалась в окремих районах.

Найнижча середньомісячна температура була зафіксована у вересні 1996 року та листопаді 1993 року. Оскільки температура за останні 15 років скоригувала кліматичний стандарт, автор [40] пропонує визначати його як 30 років (1961-1990...) і 45 років (1961-2005). Порівняння 45-річного кліматичного стандарту з кліматичним стандартом (1961-1990) показує, що в більшості місяців (січень-серпень, жовтень і протягом усього року) температура в Україні підвищується, а у вересні та листопаді, місяці та грудні – дещо нижча. Просторовий розподіл збільшення і зменшення різниться в різні місяці по країні.

Найбільше підвищення температури відбулось у січні. На крайньому північному сході України воно становило плюс 3,0 °С; на більшій частині території - плюс 2,0 °С; на півдні і у Закарпатті – плюс 1,0-1,5 °С. Лютий також по всій території України став теплішим: на крайньому північному сході його середня температура підвищилась на 1,5 °С; у Криму та Закарпатті – на 0,5 °С. Березень по всій території країни став теплішим, в середньому, на 1,0 °С. У квітні температура повітря на більшій частині території України стала вищою на 0,5-0,8 °С і лише на півдні вона підвищилась на 0,4 °С. Травень характеризується незначним підвищенням температури повітря (на 0,5 °С). На крайньому півдні і в Криму температура цього місяця лишилась майже без змін. Не змінилась і середня місячна температура червня. У липні температура повітря підвищилась на всій території на 1,0-1,5 °С. Серпень характеризується дещо меншим зростанням температури, на більшій частині території країни – на 1,0 °С; лише на південному сході воно становило 0,5 °С. Найбільше зниження середньої

місячної температури вересня зафіксовано на північному сході України – до 1,0 °С. На півдні температура зазнала незначних змін. Середнє зростання температури у жовтні по всій країні становить 0,5 °С. У листопаді місяці за останні роки температура повітря знизилась (на 0,5-0,9 °С). Особливо це зниження відмічається на північному сході. Грудень характеризується зниженням температури повітря на 1,0 °С по всій території країни.

У теплий період року найвища температура буває не в південній частині країни, а в середній частині пасовищ, де відбувається найсильніший перехід повітряних мас. Зниження температури на крайньому півдні пов'язане з охолоджуючим ефектом морської води. У холодний період року (з листопада по березень) через рельєф найнижча температура не на Далекому Сході, а на Донецькому високогір'ї.

У холодний період року на поле розподілу температури суттєво впливає циркуляція атмосфери, тоді як у теплий період на нього більше впливає радіаційний фактор [40].

У роботі М. Б. Барабаша та Л. М. Ткача [25] вказано на значні відхилення температурних умов України, пов'язані з кліматичними умовами в останнє десятиліття ХХ ст. На основі вивчення глобальних та регіональних тенденцій зміни клімату доведено статистичну узгодженість існуючих схем фізико-географічного районування (за О. М. Мариничем, П. Г. Шищенком) та кліматичним районуванням території України. Але кліматична зональність заснована на кліматичних факторах – просторовому розподілі сонячної радіації та циклічних процесах з регіональними вимірами. Тому, за словами автора, вона не надто деталізована. Обраний автором кластер відповідає географічній провінції (регіону). Результати показують, що фізико-географічні підрозділи мають перспективи для науково-практичних завдань, пов'язаних з адаптацією до сучасних проблем зміни клімату, як глобального, так і регіонального, а також локального.

1.4 Сучасний стан режиму опадів на території України, як наслідок змін клімату

Кліматична проблема вийшла на перше місце серед усіх напрямків міжнародної екологічної політики. Деякі зміни доторкнулись до такої характеристики клімату, як опади. Кількість атмосферних опадів збільшилось на 0,5-1.0% за останні роки на більшій частині території континентів і середніх і високих широтах Північної півкулі. Єдиної закономірності в зміні кількості осадків на земній кулі не відзначено, що зумовлено значною неоднорідністю атмосферних полів і різних фізико-географічних зонах і різноманітністю факторів і умов, які приводять до їх утворення та випадіння.

В глобальному масштабі дефіциту вологи не може бути. Але може статись перерозподіл опадів між різними частинами земної кулі. За такий перерозподіл відповідає циркуляція атмосфери.

У 80-х роках ХХ століття російський вчений М. І. Будико висунув припущення, відносно впливу глобального антропогенного фактору на деформацію поля температури повітря в Північній півкулі: це в свою чергу не могло не повпливати на інтенсивність західного переносу повітряних мас. В кінці ХХ і на початку ХХІ століття в широтах Європи замічено ріст меридіальної та зменшення зональної циркуляції. Одночасно по всьому земному шару стали переважати меридіальні процеси. Тому і потепління клімату більш інтенсивно прослідковується у високих широтах Північної півкулі.

Першим на проблему змін клімату звернули увагу видатні метеорологи І, Е. Бучинський, 1960-ті роки та К. Т Логвінов , 1980-ті роки. Логвінов був першим дослідником, який висунув наукову гіпотезу про те що ка клімат України впливає не тільки природній фактор, а і антропогенний фактор глобального і

регіонального масштабу. Логвінов намітив методологічні підходи до прогнозування змін клімату. Його дослідження показали наявність періодичності в ряді опадів. Основними з них являються 11,22,28,30-літні періоди. Результати цих дослідів получили підтвердження і наступних роботах.

При дослідженні річної динаміки температури повітря і кількості опадів на території України (1990-2007) було виявлено, що в середньому по Україні приріст температури складав 0,8С. Найбільш підвищені температури повітря спостерігались в зимні і весняні місяці. В рядах опадів не відзначається однозначна часова тенденція, яка виявлена в рядах температури. Зміни річної кількості опадів не однакова і знаходиться в межах 85-115% норми. В окремі сезони і місяці вони значно більше.

Для виявлення змін в режимі опадів за останні роки ХХ(1991-2000)-перші роки ХХІ ст.(2001-2007), які були найбільш теплими за весь період спостережень, проведено порівняння середньої і річної кількості опадів за той період з кліматичною стандартною нормою за період 1996-1990 років, яку Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) означила як стандартну, що відображує кліматичні умови даного періоду. Детально в статистичній значимості двох середніх показників викладено в роботі.

Встановлено, що в Києві за 1991-2008 роки в зимні місяці кількість опадів значно зменшилась, особливо в грудні та січні відповідно на 13 та 14 мм, що складало 75% та 71% від кліматичної стандартної норми , в лютому-на 9 мм (80%). У весняні місяці кількість опалів суттєво не змінилась, за винятком травня, в якому вони збільшилось на 7мм. В червні кількість опадів збільшилась на 9 мм, в липні та серпні відповідно зменшилось на 18 та 3 мм (80-90%). В осінні місяці кількість опалів за 1991-2008 роки в порівнянні з 1961-1990 роки збільшилось у вересні і жовтні а 18 та 10 мм (118 та 129% кліматичної стандартної норми), а у листопаді вони майже не змінились.

Відповідно, в кінці ХХ-початок ХХІ століття кількість опадів за рік зменшилась на 15 мм в результаті їх зменшенні(на 36мм) в холодний період. За теплий період року вона збільшилась на 21мм.

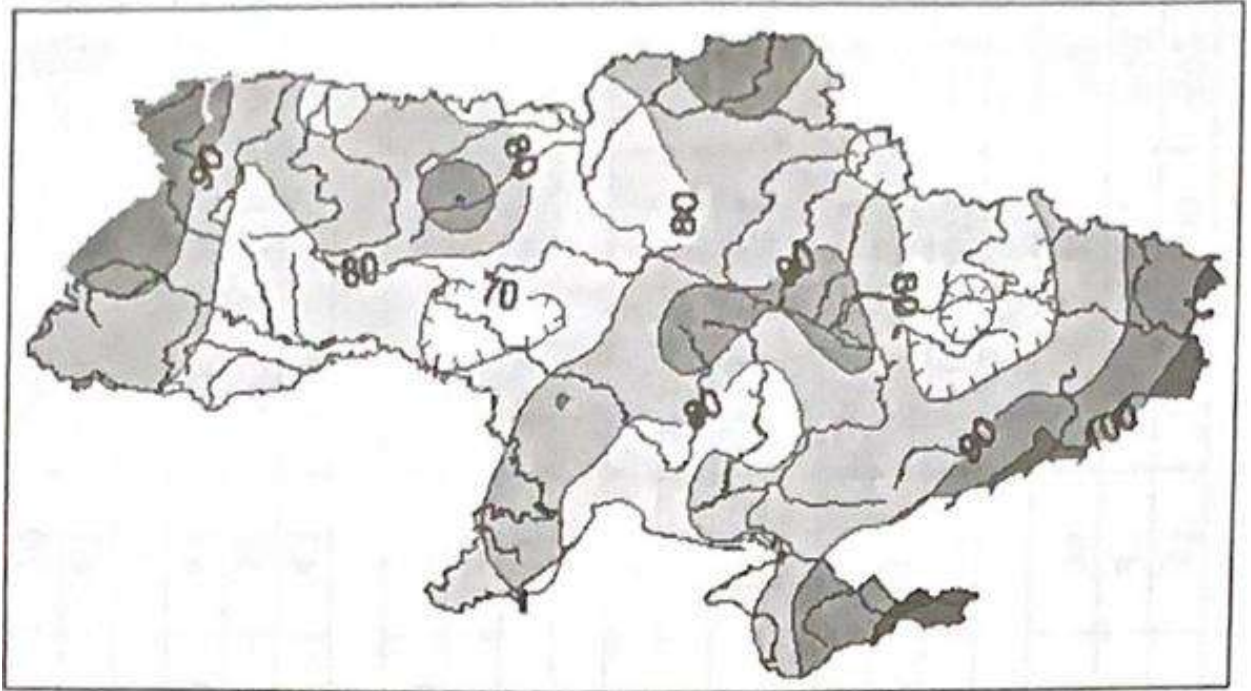
На інших станціях України залежно від регіону кількість опадів від місяця до місяця за останній період змінювалося по-різному.

Зміна кількості опадів за різні періоди виявлено шляхом картографування. Побудовані карти за середньою місячною, кількістю опадів за період 1991-2007 років. у відсотках від кліматологічної стандартної норми всім місяців (січень-грудень) дали можливість виявити також просторові зміни кількості опадів за окремі місяці та встановити, у якому районі і яку величину вони змінилися.

Серед зимових місяців у грудні випала найменша кількість опадів за останні роки (1991-2007). Середня місячна кількість опадів на більшій частині території країни була в межах 80% кліматологічної стандартної норми. На значній частині Центрального, Право- та Лівобережжя, північно-східної частини території Рівненської, Львівської, Івано-Франківської, Хмельницької, Тернопільської областей, південному сході Одеської області становило 70%, а на півдні Сумської, сході Черкаської та більшої частини Полтавської областей — 60% від норми. На північному заході, крайньому сході та півдні країни кількість опадів варіювала в межах 81-100% норми.

У січні (мал. 1.9) середня кількість опадів на значній території України становила 70-90% норми. На крайньому заході, півночі Чернігівської та Сумської, півдні Житомирської областей, крайньому сході, Приазов'ї та АР Крим сягало 90-100%. Порівняно з попередніми зимовими місяцями у лютому кількість опадів збільшилась. Майже по всій центральній частині країни опади становили 80-90%. Лише крайньому південному заході їх було 60-75%. На крайньому північному заході, півночі Чернігівської, Сумської та частини Дніпропетровської

областей, крайньому сході та АРК кількість опадів перевищувала 100-120% норми.

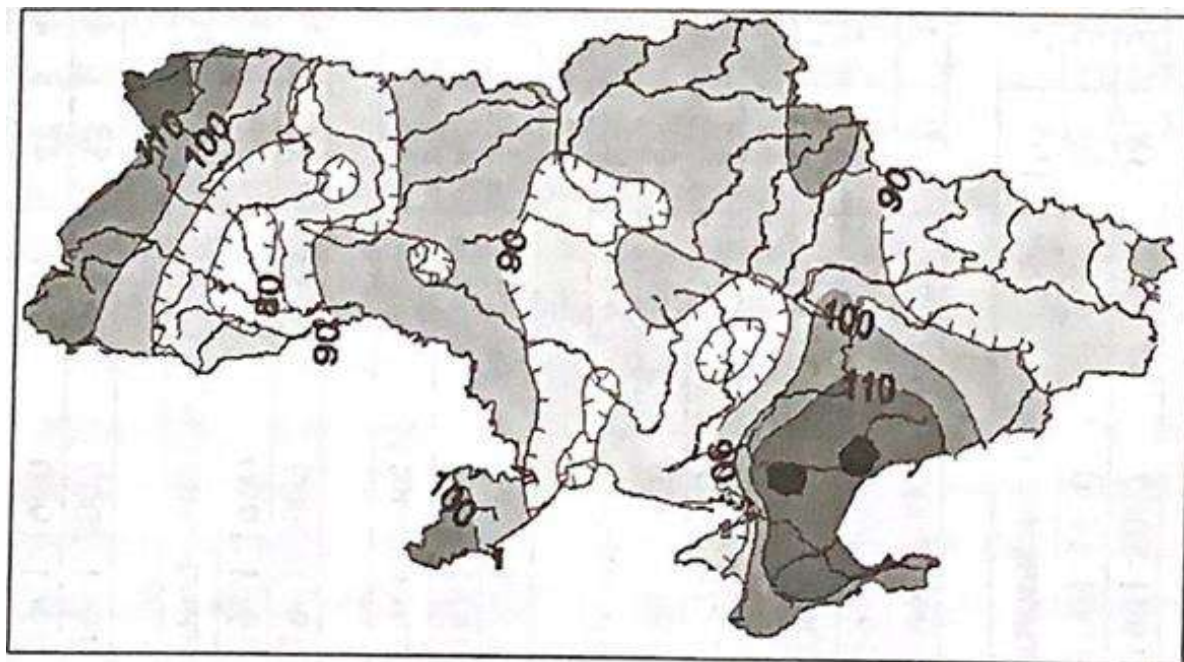


Мал. 1.9. Середня місячна кількість опадів (%) за період 1991-2007 років. щодо стандартної кліматологічної норми (1961-1990). Січень [62].

Весна. Серед весняних місяців найбільша кількість опадів за останній період (1991-2007) випала у березні. На значній території кількість опадів перебувала у межах 90-120% норми. Лише на крайньому північному заході, півночі Рівненської, Житомирської та Харківської областей опади становили 121-135%. У центральній частині України (райони Полтавської, Черкаської, Кіровоградської, Дніпропетровської областей), південних районах Луганської, Донецької, Запорізької областей, районах Приазов'я та східних районах АР Крим місячна кількість опадів становила 135-150%.

У квітні (мал.1.10) на значній частині території України поле місячної кількості опадів дорівнювало 80-90% норми. Лише на більшій частині Тернопільської, Хмельницької, частини Чернівецької, Івано-Франківської,

Одеської, Миколаївської та Кіровоградської складала 70-80%. Крим кількість опадів перебувала в межах 100—110%. А в Приазов'ї та Присивашші — 120% норми та вище.

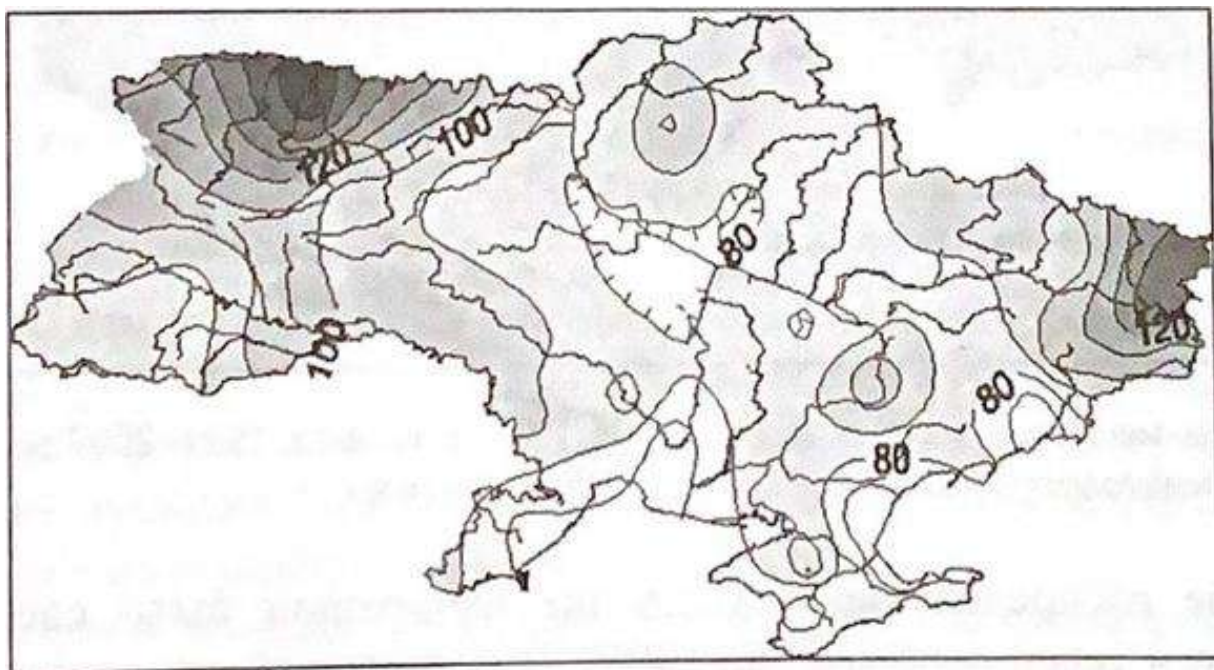


Мал. 1.10. Середня місячна кількість опадів (%) за період 1991-2007 років, щодо стандартної кліматологічної норми (1961-1990). Квітень [62].

У травні найменша кількість опадів (75-80%) випала у центральній частині АРК, частині Одеського узбережжя Черного моря, на півночі Вінницької, Хмельницької, Тернопільської, а також центральній частині Івано-Франківської областей. На заході та сході країни, західній частині Одеської та майже всієї Запорізької області кількість опадів була в межах 80-100%. Найбільша кількість опадів (140-160%) випала у Чернігівській, Черкаській, західній частині Полтавської області. На півночі Луганської області місячна кількість опадів була 120% та вище. На решті території переважали опади 100-120% норми.

Літо. У кожному з літніх місяців розподіл кількості опадів протягом останніх 7 років мало свої особливості. Місячна кількість опадів у відсотках від норми змінювалась у межах 60-160%. У червні на півночі та південному заході

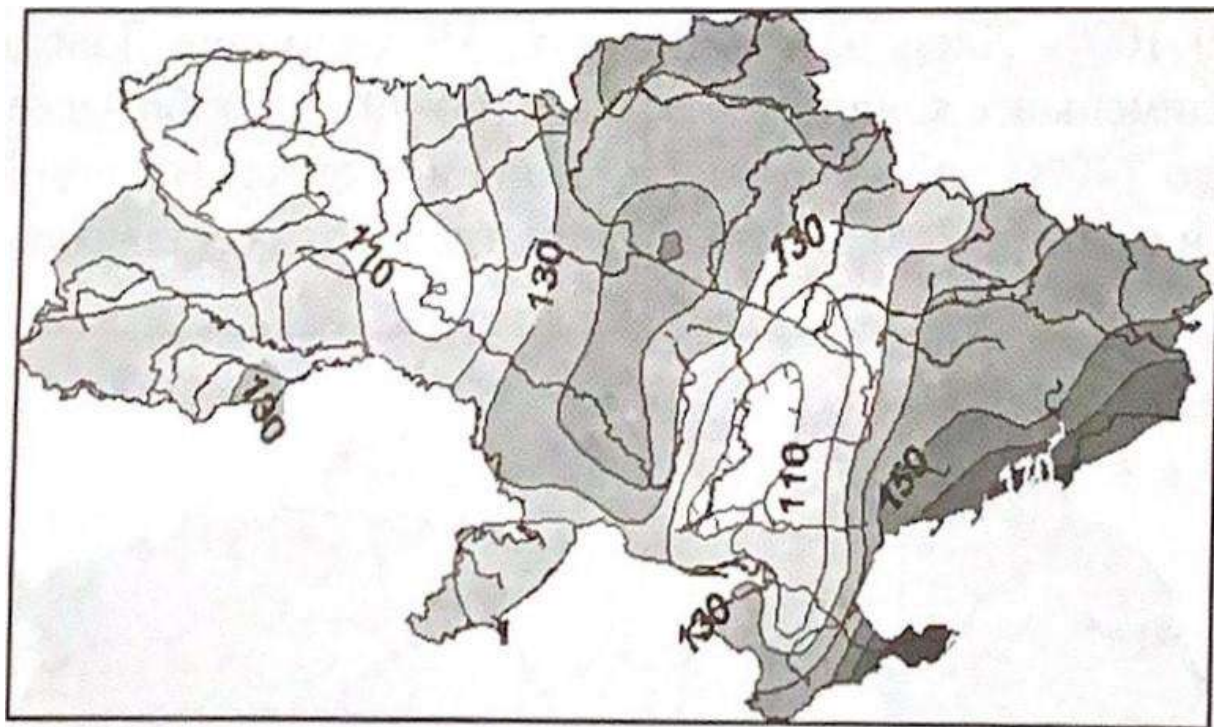
кількість опадів перебувала в межах 70-80% норми. У центральних районах Право- та Лівобережжя (Полтавська, Дніпропетровська, Черкаська та Кіровоградська області), а також на півночі Одеської області. Херсонській, Запорізькій та на північ Луганській області місячна кількість опадів становила 120-125%. На сході. Житомирській, більшій частині Київської, Сумської, Луганської, Донецької, Запорізької областей – 101-119% норми. На крайньому заході країни, півночі Одеської області та АР Крим опади знаходились у межах 100%. На решті території опади були в межах 80-100% норми.



Мал. 1.11. Середня місячна кількість опадів (%) за період 1991-2007 років. щодо стандартної кліматологічної норми (1961-1990). Липень [62].

У липні (мал. 1.11) на значній території України переважали опади у межах 80-100%. Лише крайньому півдні, АР Крим, півдні Донецької області відзначалося найменшу кількість опадів (60-70%). Найбільша кількість опадів (близько 140%) спостерігалось на крайньому сході Луганської області, а також півночі та у центрі Рівненської області, де опади становили 130-160%.

У серпні розподіл опадів був наступним. Ізолінія з позначкою 100% пройшла трохи вище Ужгорода, нижче Івано-Франківська, лівіше Тернополя, нижче Рівного, вище Шепетівки та Житомира, через Фастів, Яготин, Лохвицю, Полтаву, Ізюм, нижче за станцію Сватове. Таким чином, на території, яка знаходилася вище ізоліній, кількість опадів дорівнювала 77-100% норм. На заході Вінницької, півночі Кіровоградської, півдні Харківської та Донецької областей кількість опадів перебувала у межах 120-130%. У деяких районах Чернівецької, Одеської, Дніпропетровської областей – 140-150%, а у західній частині Приазов'я та центральній частині АР Крим – 150-160% норм. На території, яка знаходилася нижче ізоліній, а також вище згаданих територій, кількість опадів знаходилася в межах 100-119%.



Мал. 1.12. Середня місячна кількість опадів (%) за період 1991-2007 років. щодо стандартної кліматологічної норми (1961-1990). Жовтень [62].

Серед осінніх місяців найбільше опадів за період 1991-2007 років, у вересні та жовтні. У вересні найбільша кількість опадів увійшло на сході Луганської

(140-160% норм), у Закарпатській області – 150%, у центральній частині Півночі та Лівобережжя (140-155%), півночі Чернігівської (більше 140%) та Одеської (120- 150%) областей. У районах Прикарпаття та західних районах виходили опади до 140%. На решті території кількість опадів становила від 80 до 130%.

У жовтні (мал. 1.12) найбільша кількість опадів (155-180%) увійшло на півдні Луганської, Донецької, Запорізької областей, Приазов'ї та сході АР Крим. У центральних районах Харківської, північних районах Чернігівської, Сумської, Черкаської, частини Одеської, Миколаївської та півдня АР Крим кількість опадів дорівнювала 140-155%. На території, що залишилася на заході, опади були до 120%, у центрі та на півдні - 100-135%.

У листопаді розподіл опадів на території був наступним: на заході, півночі та північному сході 90-100%. У південних районах опади дещо збільшились – 110-130% норми. Невизначеність питання про можливі зміни режиму про період глобального потепління потребує особливого підходу до використання середньої багаторічної характеристики кількості опадів. Як зазначалося вище, місячна кількість опадів за період 1991-2005 років. Дещо змінилося, а в окремі місяці — суттєво й тим самим внесло корективи до багаторічного ряду спостережень за опадами. Тому було розраховано середню місячну кількість опадів за 45-літній період спостережень (1961-2005), оскільки для вирішення різних наукових та практичних завдань найбільш об'єктивні результати можна отримати, використовуючи середні багаторічні значення кількості опадів за найбільший період спостережень, який статистично більш достовірний і наближається до генеральної сукупності даних. Ці багаторічні характеристики слід закладати основою побудови сценарію зміни опадів. Для того, щоб враховувати зміни, що відбуваються внаслідок коливань клімату, бажано переглядати існуючі норми кожні 20-30 років.

Порівняння середньої місячної кількості опадів за 45-річний період (1961-2005) із кліматологічною стандартною нормою (1961-1990) показало, що у всі місяці та на всій території кількість опадів становила 80% і більше. Це основна закономірність 45-річного періоду, що нівелював відсоткові значення останніх років. Але закономірність розподілу опадів територією збереглася. За окремими місяцями кількість опадів змінювалося так само, як і останніми роками, але з іншими відсотковими значеннями, тобто наблизилося до 100%. Якщо в зимові місяці кількість опадів в останні роки поменшалася до 60% норми, то за 45-річний період цей відсоток був значно вищим — 80%, якщо ж в осінні місяці за останні 17 років, навпаки, спостерігалось збільшення кількості опадів до 180%. , то за 45-річний період кількість опадів становила 140%.

Висновки

Значні аномалії температури останніх років спасли можна віднести до розряду випадкових і слід розглядати як переконливий доказ глобального потепління, який триває у XXI ст. Можливо, закономірності зміни режиму температури та опадів мають не однакову природу. В умовах сучасного клімату за період 1991-2007 років. в Україні суттєвих змін опадів щодо кліматологічної стандартної норми не відбулося. Про це свідчать дані щодо річної кількості опадів та опадів за теплий та холодний періоди, які досить стійкі у часі. Але простежується перерозподіл кількості опадів за окремі місяці та сезони.

Ці зміни коливаються в межах 10-15%, що спостерігалось і в період 1961-1990 рр., що передуює періоду, що розглядається. Поки що можна говорити лише про помітну тенденцію до зниження опадів у зимовий період, особливо у грудні та січні. Ймовірно, це прояв періодичності, який відзначався і раніше.

Другою закономірністю є зростання опадів практично на всій території восени, особливо у вересні та жовтні (140-180%).

2. Вплив змін клімату на водні ресурси України

2.1 Вплив змін клімату на водні ресурси України (моделювання та прогнози за даними кліматичних сценаріїв)

Оцінка впливу глобального потепління на стан водних ресурсів континентів, країн та водозборів річок є найважливішим стратегічним завданням водного господарства. Вивченням прохідних змін водних ресурсів річок України займаються такі провідні науково-дослідні та освітні установи України, як АН України, Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, Одеський державний екологічний університет та ін. Поряд дослідників встановлено зміни, що відбулися. формуванні стоку весняних повінь, підземного живлення рік, льодового режиму.

Найбільш повне узагальнення змін, що відбулися в Україні, основних кліматичних факторів формування стоку та його основних характеристик представлені в роботі ВР. Гребиня (Гребінь, 2010), де наведено порівняльний аналіз зміни гідрометеорологічних характеристик за періоди до та після 1989 р. для різних ландшафто-географічних зон (ЛГЗ) України. При цьому 1989 р. розглядається як єдина для всієї території України точка перелому у хронологічному перебігу ресурсів тепла та вологи, обумовлена процесами змін глобального клімату. Спираючись на результати робіт багатьох українських вчених-гідрологів, можна зробити висновок про суттєвий вплив кліматичних змін на водні ресурси річок, що відбуваються. Велике значення в цих умовах набуває прогнозу стану водних ресурсів у майбутньому, який здійснюється на основі математичного моделювання.

Метою роботи є представлення моделі «клімат-стік», розробленої в Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Гопченко ОД. та проф. Лободи Н.С., застосованої для оцінки можливого стану водних ресурсів України в умовах антропогенного впливу (Loboda, 1998; Гопченко, Лобода, 2000). Остання має на увазі як наслідки проведення водогосподарських перетворень на водозборах, так і глобального потепління.

Методологія

Модель "клімат-стік" складається з двох частин, перша з яких виконує оцінку величин стоку на основі метеорологічних даних, друга - оцінку побутового (перетвореного господарською діяльністю) стоку (Лобода, 2005). Теоретичною основою першої частини моделі є рівняння водно-теплового балансу водозбору (Гопченко, Лобода, 2001). Стік, розрахований за рівнянням водно-теплового балансу, отримав назву «кліматичного». Оскільки інтегральною характеристикою стоку рік територій є річний стік, розрахункам статистичних параметрів цієї характеристики було приділено основну увагу. Друга частина моделі базується на стохастичному підході до вивчення процесу коливань стоку.

Побутовий стік розглядається як результат взаємодії природного стоку та водогосподарських факторів, які у свою чергу містять як випадкові, пов'язані з коливаннями клімату, компоненти, так і не випадкові, пов'язані з діяльністю людини. Генерування рядів природного стоку як простого ланцюга Маркова (Раткович, Болгов, 1997) складає основі статистичних властивостей кліматичного стоку. Перехід до побутового стоку виконувався на основі рівнянь водогосподарських балансів, представлених у формі ймовірності (Лобода, 2007). Імітаційне стохастичне моделювання дозволило отримати функції відгуку (функції антропогенного впливу) параметрів природного стоку рік на вплив водогосподарських перетворень.

Метод водо-теплого балансу. Результирующее уравнение водо-теплого балансу представлено модификации В.С. Мезенцева (Мезенцев, 1974). Дифференциальный вид уравнения:

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1. \quad (1)$$

Частичное решение уравнения (1) имеет вид :

$$\beta_E = (1 + \beta_H^{-n})^{-\frac{1}{n}} \quad (2)$$

где n - параметр, который интегрирует условия формирования стока на водозборе равнинной территории; $\beta_H = \frac{H}{E_m}$; $\beta_E = \frac{E}{E_m}$; $\beta_Y = \frac{Y}{E_m}$; H - характеризует ресурсы увлажнения и воюет в себе опад и изменение влажности почвы $w_1 - w_2$; ($H = X + w_1 - w_2$); E_m — величина, званая эквивалентом теплоэнергетических ресурсов климата, яка є шар води, який міг би випаруватися з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені теплоэнергетичні ресурси климата (прибуткова частина теплового балансу поверхні суші)

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L}, \quad (3)$$

позитивна (прибуткова) частина радіаційного балансу; R^+ позитивна (спрямована до земної поверхні) складова турбулентного теплообміну; $B_1 - B_2$ — зміна запасів тепла в діяльному шарі ґрунтів (теплообмін у ґрунті L — приховане тепло пароутворення).

LE_m розглядається як граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування в заданих кліматичних умовах.

Результирующее уравнение водно-теплого балансу имеет вид:

$$H = Y + E_m \left[1 + \left(\frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (4)$$

Або виставлено відносно величини стоку Y :

$$Y = X + w_1 - w_2 - E_m \left[1 + \left(\frac{X + w_1 - w_2}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (5)$$

Для багаторічного періоду виконується умова $w_1 - w_2 = 0$, за якій балансовий вираз (5) набуває вигляду:

$$\bar{Y} = \bar{X} - \bar{E}_m \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (6)$$

де $\bar{Y}, \bar{X}, \bar{E}_m$ середньо багаторічні величини (норми) річного стоку, опадів та теплоенергетичного еквівалента відповідно.

Средня багаторічна величина річного стоку Y , розрахована по (6), визначається кліматичними чинниками величинами річних опадів і максимально можливого випаровування, і підпорядковується закону географічної зональності. Оскільки величина залежить тільки від співвідношення ресурсів тепла \bar{E}_m і вологи \bar{X} і відображає їх взаємодію, вона отримала назву «норми кліматичного стоку» і позначається надалі як \bar{Y}_K .

При розробці першої частини моделі «клімат-стік» були використані матеріали за складовими радіаційного балансу поверхні, що підстилає, відомості про середньомісячні та річні величини температур повітря, дефіциту вологості повітря, опади, дані про внутрішньорічну зміну вологості ґрунту.

Просторово-часові узагальнення, отримані внаслідок реалізації рівняння водно-теплового балансу на території України, представлені у вигляді карток ізоліній норм річних опадів, максимально можливого випаровування, кліматичного стоку. На основі розрахунків кліматичного стоку за роками з використанням (5) отримано залежність між коефіцієнтом варіації та нормою кліматичного стоку, а також виконано районування коефіцієнта асиметрії у вигляді відношення C_s / C_v (Лобода, 2005). Розроблені карти гідрометеорологічних характеристик відповідають станом), що спостерігався до 1980-х років.

Перевірка адекватності першої частини моделі «клімат-стік» виконувалася шляхом порівняння розрахункових та фактичних значень параметрів річного стоку рік за умов природного (непорушеного господарською діяльністю) режиму. Встановлено, що для річок зі стійким підземним харчуванням норма природного стоку тотожна нормі кліматичного стоку (Лобода, Гопченко, 2003). Для малих і середніх річок розроблені коефіцієнти переходу від норм кліматичного стоку до природного, що враховують вплив факторів підстилаючої поверхні. Точність розрахунку середньої багаторічної величини річного стоку за моделлю «клімат-стік» знаходиться в межах

Виконані просторово-часові узагальнення дозволяють розраховувати характеристики природного стоку як за багаторічний період, так і в роки різної водності для річок з відсутністю даних спостережень або за їх значної спотворення водогосподарськими перетвореннями.

Стохастична модель побутового стоку, Динаміка змін стоку в результаті антропогенних впливів може бути представлена такими рівняннями (Коваленко, 1988):

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + L(\Lambda, Y) = \varepsilon; \quad (7)$$

$$Y(t) = Y(t_0) - \int L(\Lambda, Y) dt + \int \varepsilon dt, \quad (8)$$

де $Y(t_0)$ - вихідний стан водних ресурсів, що відповідає природним умовам формування стоку; Y (г) - кінцевий стан водних ресурсів, що є результатом внутрішніх (водогосподарських) та зовнішніх (кліматичних) впливів на початковий стан водозбору, що відповідає побутовому (перетвореному) стоку; $L(\Lambda, Y)$ - оператор перетворення водних ресурсів за наявності водогосподарської діяльності на водозборі; ε - характеристика зовнішніх впливів, що враховує зміну кліматичних умов (зазвичай використовується в оцінці стоку під впливом змін глобального клімату).

Зміни стоку для дослідження водогосподарських перетворень на водозборі може бути описані рівняннями водогосподарського балансу, у якому природний стік розглядається як початковий стан гідрологічної системи, а побутової — як наслідок водогосподарських впливів

$$W_B = W_E - \Delta W_3 + \Delta W_{CB}, \quad (9)$$

де W_B, W_E - обсяги побутового та природного стоку; ΔW_3 - безповоротний забір води з поверхневих водотоку; ΔW_{CB} - скидання вод у поверхневі водотоки.

Рівняння водогосподарських балансів містять складові, які мають стохастичну природу (річний стік, опади, випаровування, дефіцит споживання води рослинами та інших.), що дозволяє використовувати прийоми імітаційного стохастичного моделювання в оцінці та прогнозуванні параметрів стоку (Раткович, 1993). З урахуванням ймовірнісної природи водогосподарських балансів рівняння (8) представлено у вигляді

$$Y_{P_t} = f(P_t(Y_{ECT})) + Y_{АНТР./t=P_t}$$

де Y_{P_t} -розрахункове значення гідрологічної характеристики проектної забезпеченості $P_t; f(P_t(Y_{ECT}))$ - розрахункове значення гідрологічної характеристики в природних умовах; Y — значення складової стоку, зумовлене впливом господарську діяльність на період часу у майбутньому, відповідний P , - й розрахункової забезпеченості.

Стохастичне моделювання побутового стоку виконувалося у два етапи. На першому етапі генерувалися ряди природного річного стоку тривалістю кілька тисяч років на основі стохастичної моделі простого ланцюга Маркова (Болгов, Сарманов, Сарманов, 2009). Використано моделювання марківських послідовностей стоку, що базується на лінійній кореляції забезпеченостей з подальшим переходом до нелінійної кореляції між випадковими величинами стоку, що підпорядковують трипараметричному гамма-розподілу (Болгов, Мішон, Сенцова, 2005). Входом у стохастичну модель є статистичні параметри природного стоку, отримані з урахуванням моделі «клімат-стік». На другому етапі генеруються ряди побутового стоку на основі рівнянь її водогосподарських балансів, представлених у ймовірнісній формі (Лобода, 2005):

а) при заборі води з місцевого стоку на зрошення сільськогосподарських угідь

$$Y_{B,P} = Y_{E,P} - \frac{M_{0,100-P}}{\eta} f_{OP}; \quad (11)$$

б) за наявності на водозборі штучних водойм, з водної поверхні яких формуються втрати стоку на додаткове випаровування

$$Y_{B,P} = Y_{E,P}(1 - f_B) - (E_B - X)f_B; \quad (12)$$

в) за наявності скидних вод із сільськогосподарських масивів, зрошуваних за рахунок рек-донорів м

$$Y_{B,P} = Y_{E,P} + \xi \frac{M_{0,100-P}}{\eta} (1-\eta) f_{OP}; \quad (13)$$

г) при осушенні боліт та заболочених земель

$$Y_{B,P} = Y_{E,P} + \mu \Delta H_{ГР,P} f_{OC} + (w_E - w_{OC}) \Delta H_{ГР,P} f_{OC}, \quad (14)$$

Де $Y_{B,P}, Y_{E,P}$ побутовий і природний річний стік заданої забезпечений - сумарні площі зрошуваних масивів поверхності штучних водойм, осушуваних земель, виражені у частках від загальної площі водозбору, відповідно; η - коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи; ξ - коефіцієнт зворотних вод, що утворилися за рахунок втрат стоку на інфільтрацію при зрошенні сільськогосподарських масивів; X - опади, що випадають на водну поверхню ставків і водосховищ. E_B - випаровування з водної поверхні ставків та водосховищ; $M_{0,100-P}$ - зрошувальна норма-нетто з ймовірністю коефіцієнт водовіддачі ґрунтів; $100-P; \mu$ - зміна середнього рівня підземних вод внаслідок осушення; w - об'ємна вологість торф'яного покладу до осушення; w_{OC} об'ємна вологість торф'яного покладу після осушення.

Кожен крок імітаційного стохастичного моделювання виконувався виходячи з гіпотези квазістаціонарності гідрологічного процесу за умови збереження постійними масштабів господарської діяльності (відносної площі водної поверхні, площі зрошення, характеристик зрошувальної системи та ін.).

Результати імітаційного стохастичного моделювання були узагальнені у вигляді графічних рішень або аналітичних функцій, які є «функціями відгуку» характеристик річного стоку на водогосподарські перетворення за певних

кліматичних умов. Спільний вплив кількох видів водогосподарських перетворень може бути враховано за допомогою наступного рівняння:

$$A_f = A_0[k_1 + k_2 + k_3 \dots + k_m - (m - 1)], (15)$$

де m - кількість видів господарської діяльності, що розглядається в розрахунках; k -коефіцієнт антропогенного впливу, $k = A_f / A_0$; A_0 - значення того чи іншого статистичного параметра річного стоку у природних умовах формування стоку; - Значення параметра побутового стоку при заданих показниках масштабів водогосподарських перетворень (Loboda, Phan Van Chinnh, 2004).

Так, аналітичний вид «функції відгуку» при вилученні води на зрошення за рахунок місцевого стоку рік наступний (Шахман, Лобода, 2009):

$$k_{\bar{y}} = 1,00 - a_{\bar{y}} \lg(f_{OP} + 1) - b_{\bar{y}} v_0 + m_{\bar{y}} \eta; (16)$$

$$k_{C_v} = 1,00 + a_{C_v} \lg(f_{OP} + 1) + b_{C_v} v_0 - m_{C_v} \eta; (17)$$

$$k_{C_s} = 1,00 + a_{C_s} \lg(f_{OP} + 1) + b_{C_s} v_0 - m_{C_s} \eta, (18)$$

де $k_{\bar{y}}, k_{C_v}, k_{C_s}$ - Коефіцієнти впливу зрошення за рахунок місцевих водних ресурсів на середню багаторічну величину стоку, коефіцієнти варіації та асиметрії; a_A, b_A, m_A - коефіцієнти рівнянь множинної регресії, що залежать від кліматичних умов; v_0 - безрозмірна характеристика середнього за весь вегетаційний період рівня зволоження ґрунту, при якому розвиток відповідної сільськогосподарської культури є оптимальним. Аналогічним чином отримали функції відгуку інших видів водогосподарської діяльності.

Адекватність моделі побутового стоку підтверджено спостереженими даними задовільною відповідністю розрахованих характеристик річного стоку та отриманих за водогосподарськими балансами минулих років.

Модель "клімат-стік" при оцінці змін водних ресурсів в умовах змін глобального клімату. Основна ідея застосування моделі "клімат-стік" для оцінки стану водних ресурсів в умовах глобального потепління полягає у використанні на вході в модель даних кліматичних сценаріїв, адаптованих до територій різних країн. Перевірка чутливості моделі «клімат-стік» до зміни основних метеорологічних характеристик показала, що зміна норми кліматичного стоку стає статистично значущою при зміні річних опадів на $\pm 3,5\%$ або зміні сум середньомісячних температур повітря за період травень-вересень на $\pm 2,5$ $^{\circ}\text{C}$. Передбачувані сценаріями зміни метеорологічних характеристик перевищують ці межі, що дозволяє використовувати модель «клімат-стік» для прогнозу можливих станів водних ресурсів рік за умов глобального потепління.

Зокрема, ми використовували дані стаціонарних моделей ВМО (СССМ, GISS, GFDL, УкМО), що розглядають випадок одноразового двократного підвищення концентрації вуглекислого газу в атмосфері, та нестаціонарної моделі GFDL, що розглядає динаміку підвищення концентрації вуглекислого газу в часі (Solomon, 2007). При цьому розглядалися адаптовані до досліджуваних регіонів прогнози змін глобального клімату, наведені в роботі українських вчених (Васильченко, Рапцун, Трофелова, 1998), словацьких вчених (Hlavkova, Sgolgay, Cunderlik, Parajka, Lapin, 1999). Нестаціонарна модель GFDL надає дані про зміну клімату в межах десятиліть (2000-2010, 2030-2040, 2070 - 2080 pp.). Зі сценаріїв викидів (СДСВ) використаний найбільш помірний А 1 В, в якому дані наведені для вузлів координатної сітки 2 0 широти x 2,5 0 довготи (Nakicenovic et. al., 2000). На основі метеорологічної інформації, представленої сценаріями, оцінювався річний та середньомісячний кліматичний стік за багаторічний період або за окремі роки (сценарій А 1 В).

Зміна кліматичних умов визначає зміни у водоспоживанні, а зниження величин стоку рік - можливість забезпечення такого водоспоживання. Функції

відгуку водозборів річок як водогосподарських систем на зміни зовнішніх (клімату) та внутрішніх (водогосподарські перетворення) впливів, що є складовою моделі «клімат-стік», дозволяють оцінити можливий стан водних ресурсів за наявних масштабів водогосподарських перетворень у сценарних кліматичних умовах, а також рекомендації щодо оптимізації водогосподарської діяльності.

Відповідно до рекомендацій ООН, зменшення середньої багаторічної величини річного стоку на 10% означає наявність значних змін водних ресурсів; на 50% - їх руйнування; а на 70% - невинне руйнування. Цю градацію використовували для якісної оцінки змін водних ресурсів України.

Отримані результати та їх обговорення

Згідно з розрахунками за моделлю «клімат-стік», у разі одноразового подвоєння концентрації вуглекислого газу в атмосфері зниження водних ресурсів у лісовій зоні (Поліссі) та гірській частині р. Дністер становитиме 15% (СССМ, GISS) та UкM0), у Західно-Українській та Дністровсько-Донецькій лісостепових провінціях — 23—30%, степовій — 23—50%. Таким чином, у близькому стані руйнування водних ресурсів буде піддана насамперед степова зона України (табл. 2.1).

При використанні у розрахунках річного стоку даних нестационарної моделі GFDL на 2000-2010 рр. встановлено, що у лісовій зоні верхній частині нар. Дніпро відбудуватиметься збільшення водних ресурсів до 24 %, у лісостеповій до 3-6%, степовій — 22-249% У зоні Українських Карпат статистично значущих змін величин річного стоку не буде.

Отримані результати відповідають наявним даним спостереженням. Так, у роботі В.В. Гребиня (Гребінь, 2010) представлений порівняльний аналіз змін річного стоку за періоди до і після 1989 р. Зазначається, що з 1989 по 2008 рр.

відбулося збільшення стоку в Тисо-Латорицькій ЛГП до 9*, Бузько-Дністровській до 5%, Деснянській та Дніпровсько-Донецькій до 1%, при цьому на правобережних притоках Прип'яті та в басейні річки. Десна встановлено збільшення стоку на 3-149%. У розрахунках для степової зони показано, що у середньому зменшення річного стоку за 1989—2008 роки становить 8%, причому на окремих річках північно-західного Причорномор'я його зниження досягає 30-40%.

Таблиця 2.1. Зміни водних ресурсів степової зони водозбору. Дніпро відповідно до даних сценаріїв глобальних змін клімату.

Сценарії	мм	X, мм	мм	Зміна водних ресурсів по відношенню до вихідного стану
0 початковий стан	950	500	22	
сссм	поз	490		-50,0
GISS	1203	490		-50,0
GFDL	1234	565	17	-22,7
жмо	1236	520	12	-45,5
GFDL Нестаціонарна модель 2000-2010 гг.	1086	515		-22,7
GFDL Нестаціонарна модель 2030-2040 гг.	1246	530		-40,9
GLFD Нестаціонарна модель 2070-2080 гг.		565	7	-68,2

За результатами оцінки гідрологічного стану малих та середніх річок Одеської області, у 2010 р. було встановлено, що з 1190 водойм на цих річках пересохло 344 та у 182 водоймищах рівень води знаходиться нижче за горизонт мертвого обсягу. Матеріали обстеження річок степової зони свідчать про зменшення водності та глибини малих річок, замулення та евтрофікацію їх русел. Таким чином, результати оцінки водних ресурсів України на основі моделі «клімат-стік» з використанням прогнозів змін метеорологічних характеристик нестаціонарної моделі GFDL на 2000-2010 рр. підтверджуються їхньою фактичною зміною.

У десятиліття 2030-2040 рр., відповідно до даних нестационарної моделі GFDL, у лісовій зоні зменшення водних ресурсів може досягати 30%, а в зоні степу – 40%. До 2070-2080 рр. у степовій зоні відбудеться руйнування наявних водних ресурсів.

Водогосподарські заходи як створення штучних водойм, заборів води на зрошення, водоспоживання посилюють негативні наслідки глобального потепління як зниження середніх багаторічних величин стоку, посилення нерівномірності його розподілу за роками. На основі розрахунків побутового стоку за моделлю «клімат-стік» показано, що для великих річок, що протікають через кілька географічних зон, вплив водогосподарських перетворень сприяє зниженню середньорічного стоку на 5-6 % (Лобода, Тучковенко, 2010). Однак для степової зони, де кількість та обсяги водокористування різко зростають у порівнянні з лісовою та лісостеповою зоною, вплив водогосподарських заходів у поєднанні з глобальним потеплінням набуває вирішального характеру. Наявність у межах водозборів позов усних водойм із відносною площею водної поверхні рівною 1% здатне зменшити водні ресурси з допомогою додаткового випаровування з водної поверхні на 10-15%. Так, прогнозоване зниження стоку в кліматичних умовах сценарію GFDL на 2030-2040 роки. у степовій зоні завдяки впливу штучних водойм зростає від 40 до 54%, а в десятиліття 2070-2080 - від 68 % до 77% (табл. 2). У цьому зниження середнє багатолітнього стоку стоку на 20—30% супроводжується майже його знищенням у маловодні роки.

При використанні сценарію АКВ (як найбільш помірному зі сценаріїв викидів СДСВ) у розрахунках кліматичного стоку отримано, що найбільш несприятливе поєднання ресурсів тепла та вологи (T), різко відрізняється від середньо багаторічної величини, буде спостерігатися в степовій та лісостеповій зонах, а в 2 у лісовій — 2020 р. Цим самим сценарієм передбачається зростання

ресурсів зволоження для Західної України та їх зниження для Східної (Лівобережної) України.

Таблиця 2.2. Зміна водних ресурсів степової зони водозбору. Дніпро відповідно до даних сценаріїв глобальних змін клімату при $fB = 1\%$

Сценарії	Норма кліматичного стоку мм	Коефіцієнт антропогенного впливу	норма побутового стоку, мм	Зміна водних ресурсів стосовно вихідного стану, %
0 початковий стан	22	0,84	19	-136
сссм		0,80	8	-640
GISS		0,80	8	-64,0
GFDL	17	0,83	14	-36,0
икмо	12	0,80	10	-54,0
GFDL Нестаціонарна модель 2000-2010 гг.	17	0,83	14	-36,0
GFDL Нестаціонарна модель (2030-2040гг.		0,80		-54,0
GFDL Нестаціонарна модель 2070-2080 гг.	7	0,74	5	-77,0

Висновки

Відповідно до результатів розрахунків за моделлю «клімат-стік», розробленою в ОГЭКУ, річний стік великих річок України (Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро) за період 2000—2010 рр. (Нестаціонарна модель GFDL) практично не змінився, а в деяких випадках (Дніпро) навіть збільшився. Розрахунки кліматичного річного стоку, виконані за географічними зонами (нестаціонарна модель GFDL), дозволили встановити, що зі збільшенням середньорічного річного стоку в гірській та лісовій зонах у період 2000-2010 рр. відбуватиметься статистично значуще його зменшення у степовій зоні, досягаючи 25-29%. Ці результати підтверджуються даними спостережень за стоком протягом останнього десятиліття, а також дослідженнями В.Р. Гребиня,

виконані для різноманітних ландшафто-географічних зон України. Однак подальший розвиток процесу глобального потепління може призвести до суттєвого зниження стоку в лісостеповій та лісовій зонах. Так, на період 2030-2040 років. зниження водних ресурсів у природних умовах їх формування для нар. Дніпро в межах лісової зони може сягнути 29%, р. Дністер – 37%. При цьому очікуване зниження водних ресурсів степової зони становитиме 40-45%. Водогосподарські перетворення у вигляді штучних водойм, зрошуваних земель, заборів води на водопостачання посилюють ефект впливу глобального потепління. Так, прогнозоване зниження природних водних ресурсів. Дністер може досягти 37% (нестационарна модель GFDL) у 2030-2040 рр., що перевищить 40% за рахунок впливу водогосподарських заходів. У степовій зоні в цей же період водні ресурси внаслідок взаємодії глобального потепління та водогосподарських перетворень досягнуто стану руйнування (зниження водних ресурсів перевищить 50%).

Щодо сценаріїв одноразового потепління внаслідок подвоєння концентрації вуглекислого газу, то очікуване зниження водних ресурсів України коливатиметься в межах 25-30%.

При формуванні стратегії розвитку водного господарства України основна увага має бути приділена збереженню потенціалу водних ресурсів великих річок, особливо тих, водозбори яких знаходяться повністю в межах України (річки Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець). Відродження старих та будівництво нових каналів, водоводів та мережі осушувально-зрошувальних меліорацій має забезпечити перекидання стоку з більш обводнених територій у зону степу. Саме зона степу найбільше реагує на антропогенну діяльність людини. Для оптимізації роботи водогосподарських споруд необхідно збільшувати їхній коефіцієнт корисної дії шляхом модернізації. Особлива увага має бути приділена перегляду доцільності роботи багатьох штучних водойм, які за умов глобального

потепління грають роль гігантських випарників. Необхідними заходами щодо забезпечення національної безпеки України є створення сучасних водоочисних споруд.

2.2 Наслідки змін клімату на водні ресурси України

Україна має один із найнижчих показників водних ресурсів серед європейських країн, місцевий стік на душу населення становить лише 1000 кубометрів, тоді як у Канаді цей показник становить 94300 кубометрів. м, Росія- 31 000 куб. м, США-7400 куб. метрів, Німеччина-1900 куб. При цьому в окремих районах країни спостерігається десятикратна різниця в місцевому водозабезпеченні: від 0,14 км²/рік у Херсонській області до 7,92 км²/рік у Закарпатській області [38].

Водні ресурси України

Вид ресурсів	Водні ресурси в роки за водністю, км ³	
	середній	дуже маловодний
Місцевий річковий стік	52,4	29,7
Загальні ресурси річкового стоку	209,8 / 87,1	151,4 / 55,9
Прогнозні ресурси підземних вод	22,5	22,5
У тому числі гідравлічно не зв'язані з поверхневим стоком	7,0	7,0
Загальні ресурси прісних вод	216,8 / 94,1	158,4 / 62,9

Дослідження Інституту водних проблем і меліорації НАН України показують, що стік малих і середніх річок зменшується на 10-20% на півночі та на 20-50% на півночі. Південь. У 2019 році зміщення Каховського водосховища до нижньої течії Дніпра через дамбу Каховської ГЕС зменшено в середньому на 11 квадратних кілометрів порівняно з багаторічним показником.

Зміна клімату також негативно впливає на стан підземних вод, що пов'язано з поступовим збільшенням загального випаровування, що призводить до значного зменшення інфільтраційного живлення. Прикладом негативного впливу зміни клімату на стан підземних, підземних і поверхневих вод є водна екологія району Шацького поозер'я у 2019 році, що в основному проявляється значною мілководністю озера Шацьк та озера Світязь [46].

Крім того, у довгостроковій перспективі велика ймовірність збільшення площ ріллі з недостатнім зволоженням на 67-80% (20,6 млн га і 24,9 млн га відповідно). Крім негативного впливу погіршення природної вологості ґрунту на умови сільськогосподарського виробництва, зміна клімату також супроводжується зменшенням поверхневого стоку підземних і підземних вод та інфільтраційних запасів.

Загалом, дані показують, що якщо тенденція до зміни клімату збережеться, доступні ресурси поверхневих і підземних вод ще більше зменшаться. Для вирішення цієї проблеми необхідний перехід до інтегрованого управління водними ресурсами на основі басейнових принципів та створення відповідної організаційної структури на основі європейських моделей та найкращих міжнародних практик, що в цілому має сприяти водній безпеці країни [51].

Доступність та доступність водних ресурсів в Україні буде продовжувати зростати. Водночас недостатня координація між стратегіями використання водних ресурсів та прийняттям ринкових рішень у сфері управління водними ресурсами може поставити під загрозу соціально-економічні показники всього регіону. За комплексними оцінками, у найближчі 15-20 років наявні водні ресурси моєї країни можуть скоротитися втричі. Аналіз змін кліматичних чинників та узагальнення результатів моделювання за найбільш імовірними сценаріями дозволяє зробити такі висновки щодо кількісних та якісних змін водних ресурсів на території України.

«До середини 21 століття ресурси зволоження мають зменшуватися у середньому на 15%. Найбільше зниження очікує південно-східну частину країни і становитиме 22%. Теплоенергетичні ресурси не будуть суттєво зростати. Межа аридності рухатиметься до півночі, що вказує на розширення напіваридної зони. Область надмірного зволоження на півночі вже не існуватиме, а на заході (Карпати) дещо зменшиться. Зменшення водних ресурсів спостерігатиметься на півночі та північному заході країни у середині 21 століття[40]. У Північно-Західному Причорномор'ї воно досягне 50%, а на південному сході – 70%. В центральній, північній та північно-західній частинах України відбудеться скорочення водних ресурсів на 30-40%. І лише зона надлишкового зволоження, розташована в Українських Карпатах, практично не зазнає змін, місцями навіть відбудеться збільшення водності річок.

Очікується розширення до півночі зони Степу, що призведе до того, що степова зона охоплюватиме близько 40% території України. У маловодні роки (75 % забезпеченості) на півдні та південному сході очікується зменшення водних ресурсів до 90%. Негативний вплив наслідків зміни клімату зменшуватиметься у західному й північно-західному напрямках. За даними ООН, зменшення середньої багаторічної величини річного стоку на 10% супроводжується значущими змінами водних ресурсів, на 50% - їх руйнування (на 70% - безповоротне). Найбільший ризик від зміни клімату може виникнути при пошкодженні водних ресурсів на 50% (коефіцієнти кліматичного ризику найбільші у цьому випадку). У маловодні і дуже маловодні роки ризик зменшення стоку річок до нуля (висихання) зростає у 5 разів» [52].

2.3 Заходи щодо адаптації до змін клімату водних ресурсів

Оптимізація використання наявних водних ресурсів усіма суб'єктами господарювання та забезпечення населення якісною питною водою є проблемою національної безпеки зі зміною клімату. Про це наголосили на засіданні робочої групи Ради національної безпеки і оборони України з питань національної водної безпеки та забезпечення населення України якісною питною водою. Представники міністерств, науково-дослідних установ та експерти Управління національної безпеки і оборони України обговорили питання щодо стану поверхневих водних об'єктів та прогнозних показників населення та відомчих ресурсів поверхневих вод України на поточний рік. обговорювалася необхідність залучення додаткових фінансових ресурсів для модернізації системи централізованого водопостачання, необхідність забезпечення населення якісною питною водою [25,54].

«Основним завданням адаптації водного господарства до зміни клімату є збереження потенціалу та запобігання втрат обсягів та якості водних ресурсів. Основними пріоритетами у цій сфері є:

- зменшення втрат поверхневих водних ресурсів завдяки зменшенню площі випаровування та оптимізації використання води в сільському господарстві;
- удосконалення моніторингу, прогнозування, картографування небезпек, що пов'язані зі шкідливою дією вод;
- оновлення схем захисту та планів реагування, оптимізація та оновлення системи водозахисних споруд;
- модернізація водогосподарської системи, підвищення коефіцієнтів корисної дії водогосподарських споруд, осучаснення правил експлуатації водосховищ, модернізація зрошувальних систем;

- збереження водного потенціалу великих річок, оптимізація регулювання стоку, охорона та регулювання водоохоронних зон, лісових масивів, водноболотних угідь;
- збереження якості водних ресурсів: осучаснення моніторингу, систем водовідведення та водоочищення, вдосконалення та диверсифікація водопідготовки та розподілу води» [27].

Взагалі кажучи, у моїй країні необхідно впроваджувати комплексне управління водними ресурсами на основі річкових басейнів шляхом створення нормативно-правової, інституційної та економічної бази, а також ефективно та розумно застосовувати «забруднювач платить» і «плачує користувач». Ці зміни може Воно реалізується шляхом формулювання національної водноресурсної стратегії до 2050 р. [46].

Збільшення кількості та частоти надзвичайних ситуацій на водних об'єктах потребує оновлення плану реагування на надзвичайні ситуації, у тому числі створення системи інформування населення. Природоохоронні заходи на рівні держави та річкових басейнів сприятимуть покращенню водних ресурсів, у тому числі розвитку особливих природоохоронних територій та мереж екологічних коридорів, захисту та відновлення прибережних, водно-болотних та водних екосистем. Для підвищення фінансової стійкості управління водними ресурсами необхідно запровадити систему страхування кліматичних ризиків. Стратегічний план промислового та регіонального розвитку має враховувати заходи щодо адаптації управління водними ресурсами до зміни клімату [33].

З огляду на тенденцію зростання викидів парникових газів до 2100 року, порівняно з доіндустріальними рівнями, температура в світі може піднятися до +4 °С. Тому всім країнам, у тому числі й Україні, необхідно зменшити викиди парникових газів, поставити перед собою реалістичні цілі, адже глобальне потепління призвело до масових негативних наслідків. Відмова температура підтримувалася в межах 1,5-2 °С призведе до значного підвищення рівня моря і

пов'язаних з цим несприятливих наслідків. Якщо країни не вживуть термінових заходів щодо скорочення викидів парникових газів, очікується, що до кінця цього століття рівень моря підніметься майже на 1 м [20].

За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, між 1901 і 2010 роками середній глобальний рівень моря піднявся майже на 20 см, і зростання лише прискорюється. Підвищення рівня моря становить реальну загрозу для прибережних районів багатьох країн світу, в тому числі і нашої країни. Довжина берегової лінії України становить 2500 кілометрів, тому негативні наслідки підвищення рівня моря відбиваються на наших узбережжях.

Результати дослідження доводять, що зміна клімату може серйозно вплинути на прибережні території України, де підвищується рівень моря. Тому сильно постраждають південні прибережні райони України. За оцінками, до 2100 р. буде затоплено близько 1,5 млн. га (більше 800 тис. га без водойм), з них 1,8 млн. га морських їжаків (приблизно 1,1 млн. га без водойм). Найбільше постраждали Крим, Харківська та Одеська області.

Такий сценарій можливий, якщо існуючі зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів істотно не зросли. Проте дослідження показали, що до 2050 року у світі будуть вжиті ефективні заходи щодо відмови від викопного палива та переходу на відновлювані джерела енергії, які все ще можуть обмежити зростання глобальної температури до 1,5-2°C та підвищення рівня моря. Підвищити температуру на 4°C.

Підвищення рівня моря, викликане зміною клімату, є реальною загрозою, і для боротьби з цими загрозами необхідні активні дії на міжнародному, національному та місцевому рівнях. Паризька кліматична угода, ратифікована Україною у 2016 році, передбачає два шляхи боротьби з глобальним потеплінням: пом'якшення зміни клімату шляхом скорочення викидів парникових газів та адаптації до зміни клімату. Перший метод базується на розробці механізмів скорочення викидів парникових газів у всіх галузях

економіки, що є першочерговим кроком у боротьбі зі зміною клімату та його наслідками.

Пріоритетними заходами з адаптації до зміни клімату на національному рівні є розробка відповідних прибережних територій для адаптації до стратегій зміни клімату, які мають враховувати прогнози рівня моря України, можливі наслідки та розробляти плани дій з адаптації прибережних територій в Україні [50, 51].

У цьому випадку також необхідно сформулювати відомчі стратегії для адаптації суміжних галузей та сільського господарства до очікуваного впливу підвищення рівня моря.

Необхідно забезпечити виконання пункту 3.6 плану заходів щодо реалізації концепції реалізації національної політики у сфері зміни клімату до 2030 року, щоб забезпечити планування будівництва та реконструкції цивільних і промислових об'єктів, інженерної та транспортної інфраструктури. в Чорному та Азовському морях. За різних умов підвищення рівня моря вони можуть мати прогнози повеней [48,34].

У рамках підписаної з Європейським Союзом спільної угоди про формування національної політики захисту моря на європейській основі необхідно враховувати підвищення рівня моря при формуванні національної морської стратегії в рамках імплементації Директиви 2008/ 56/ЕС. Морська екологічна політика (Рамкова морська стратегічна директива).

Зараз настав час проводити детальні дослідження та прогнозувати зміни рівня моря, складати точніші карти узбережжя та розробляти детальні цифрові моделі місцевості для районів потенційних зон затоплення. Необхідно посилити дослідження в галузі гідрометеорології та прогнозування екологічного стану, фізичної океанографії, екології океанів і річкових систем у Чорному та Азовському морях методами моделювання [33,43].

Враховуючи актуальність нових загроз зміні клімату, необхідно підвищити обізнаність планувальників регіонального розвитку щодо потенційних ризиків глобальної зміни клімату, що призведе до підвищення рівня моря.

На регіональному рівні необхідно вивчати і прогнозувати зміни рівня моря в південних прибережних районах моєї країни в поєднанні з особливостями структури рельєфу, поверхневого стоку, перешкод і мікроклімату, а також регулярно оновлювати прогноз.

При розробці планів розвитку проектів для громад штатів, районів та об'єднаних територій, під час планування простору необхідно враховувати нові загрози та ризики, викликані підвищенням рівня моря. З цієї причини необхідно значно підвищити обізнаність про ризики, з якими можуть зіткнутися фахівці з державного управління, особливо на півдні України, які приймають рішення щодо планування та забудови території.

2.4 Зміни умов формування гідрологічного режиму як наслідок глобального потепління

Річковий стік є важливою складовою процесу водообміну та невід'ємною ознакою водного балансу регіону. Дослідження коливання річкового стоку показують, що, загалом, його зміна тісно пов'язана зі зміною загальної кількості опадів на материку та температури, а тенденція дуже близька в окремі періоди. Зазвичай для великої території при підвищенні температури до певної межі опади та стік посиляться. У той же час для деяких природно-географічних районів тенденція може дещо відрізнятись, особливо в районах з недостатнім зволоженням. Коливання річного стоку в часі тісно пов'язане з типом циркуляції атмосфери, розробленим Г. Я. Вангенгеймом. Це пояснюється тим, що кожен тип циркуляції створює певний фон для розподілу опадів,

температури, випаровування і, зрештою, річкового стоку.

«Перші закордонні публікації стосовно змін гідрологічного режиму водних об'єктів під впливом змін клімату з'явилися у 80-х роках минулого століття. На початку 90-х років ХХ століття з'являються статті російських авторів, зокрема, І.А.Шикломанова, В.І.Бабкіна, на цю тему. Для оцінки впливу змін клімату на гідрологічний режим і водні ресурси автори пропонували використовувати результати регіональних кліматичних оцінок, отриманих за допомогою моделей загальної циркуляції атмосфери або палеокліматичних аналогів. За результатами розрахунків вчених Державного гідрологічного інституту (ДГІ) для варіантів потепління на $1,0^{\circ}\text{C}$ і $2,0^{\circ}\text{C}$, очікувались значні зміни сезонного стоку річок колишнього СРСР: різке збільшення зимового стоку (у 2-3 рази) та зменшення весняного (у 1,5-2 рази порівняно з природнім режимом забагаторічний період спостережень). Це пояснювалось зміною (через підвищення температури повітря) умов накопичення і танення снігового покриву – значна частина снігу розтаватиме взимку, обумовлюючи різке підвищення зимового стоку та відповідне зменшення стоку весняного періоду. На думку вчених ДГІ в районах, де основний стік формується в період весняного водопілля при таненні снігу, внутрішньорічний розподіл стоку буде більш чутливим до змін температури повітря, ніж до змін річних величин опадів. Подальші дослідження вчених інституту підтвердили висловлені припущення. Було встановлено, що на значній території європейської частини колишнього СРСР відбуваються ідентичні (чого раніше не спостерігалось) зміни внутрішньорічного розподілу стоку – зростання водності у літньо-осінні та зимові місяці, зниження стоку весняного водопілля та деяке зростання річного стоку» [45].

У другій половині 1990-х років вчені-гідрологи МДУ приділяли

значну увагу кліматичним факторам річкового стоку. В. М. Євстигнєєв, А. В. Христофоров та ін. вважають, що кліматичні фактори відіграють провідну роль у просторовому дисперсії річної мінливості стоку. Основною причиною неоднорідності часових рядів характеристик населення є регіональні зміни кліматичних умов російських рівнин з другої половини 1970-х років. За даними А. В. Ясінського, для річок Верхнього Поволжя час реакції характеристик річкового стоку на зміну клімату становить 7 років.

«Значна увага до проблем впливу кліматичних змін на водні ресурси та водний режим річок була приділена у доповідях на Всесвітній конференції по змінах клімату (Москва, 2003 р.). У доповіді вчених Державного гідрологічного інституту І.А.Шикломанова та В.Ю.Георгієвського підкреслюється суттєве зростання протягом останніх 20-25 років стоку меженних місяців, особливо зимових. Проведені ними розрахунки по сучасних моделях загальної циркуляції атмосфери та на основі палеокліматичних реконструкцій дозволили зробити висновок про зростання водних ресурсів Російської Федерації у першій половині поточного століття. Між тим для ряду басейнів (Дніпро, Дон) відмічена невизначеність в оцінках майбутніх змін стоку. Дещо інша думка висловлена у доповіді спеціалістів Російського інституту водних проблем. На думку М.Г.Хубларяна та С.Г.Добровольського, „парникові” прогнози стоку в межах головних річкових басейнів Росії не свідчать про помітні зміни протягом найближчих десятиріч. Щодо прогнозів клімату і водних ресурсів на середину або кінець ХХІ століття, то вони є ненадійними внаслідок ненадійності самих моделей» [47].

«Значна увага питанням гідрологічних наслідків змін клімату була приділена також під час роботи VI Всеросійського гідрологічного з'їзду (Санкт-Петербург, 2004 р.). У доповіді І.А.Шикломанова та

В.Ю.Георгієвського була поставлена під сумнів правомірність концепції стаціонарності багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик у зв'язку із процесами глобального потепління клімату, починаючи із початку 80-х років минулого століття. Аналіз доповідей учасників з'їзду свідчить про значний інтерес до цього питання з боку вчених більшості республік колишнього СРСР. Про це свідчить також аналіз деяких інших публікацій спеціалістів-гідрологів пострадянських країн» [58].

На думку С.Г.Добровольського (Інститут водних проблем РАН), вивчення можливих змін річкового стоку, викликаних глобальним техногенним глобальним потеплінням, є однією з головних проблем сучасної гідрології. Основним методом оцінки цих змін є використання для розрахунку чисельної моделі циркуляції атмосфери в поєднанні з моделлю поверхні суші та океану. Автор звернув увагу на великі помилки при прогнозуванні глобальних середніх температур, особливо регіональних, при використанні моделі.

«Використання палеокліматичного сценарію, розробленого в Державному гідрологічному інституті (Росія), дозволило вченим Інституту географії РАН оцінити вплив змін річних значень температури повітря і опадів на стік річок Руської рівнини.

Вчені Московського державного університету А.В.Кіслов і П.А.Торопов проаналізували результати моделювання річного стоку зі Східно-Європейської рівнини за допомогою моделей загальної циркуляції атмосфери та виконали оцінку якості моделювання, виявили просторові масштаби, в межах яких доцільно використовувати результати моделей для гідрологічних розрахунків. Згідно їх оцінки, більш-менш вдале відтворення компонент водного балансу можливе лише при осередненні результатів моделювання по річкових басейнах

площею понад 1 млн. км², тобто для річок масштабів Волги» [39].

Нещодавно російський науковий журнал опублікував статтю про вплив зміни хімічного складу річкової води на клімат. На основі досліджень річок басейну Оки В. А. Семенов виявив, що наприкінці 20 ст., особливо під час зимового низького тиску, концентрація іонів HCO_3^- і Ca^{2+} (які визначають тип води річки в цій місцевості) мала тенденцію до зниження зменшуватися. Коли річкова вода має найвищий ступінь мінералізації. Загальна мінералізація взимку зменшується, а влітку збільшується. На думку авторів, це пов'язано з зростанням талих вод у маломінералізованих водоймах під час зимового відтавання, а влітку – у міру зростання підземних вод у річці вона характеризується більшою концентрацією хлоридних і сульфат-іонів (в 2-3 рази) і загальна солоність вище. «Підйом рівня ґрунтових вод та зростання їх частки у живленні річок (за дослідженнями вчених російського Гідрохімічного інституту) сприяє виносу в річки легкорозчинних солей з території водозбору. Ймовірність негативного впливу цього фактора на річкові води тим вище, чим більше засолені ґрунти і чим інтенсивніша господарська діяльність на водозборі, що викликає порушення геохімічного фону. На підставі аналізу даних про стік річок та зміни хімічного складу, О.Г.Савічев показав, що зміни іонного стоку обумовлені міжрічними коливаннями водності та зростанням частки меженного стоку», [61].

«Зміни підземного стоку під впливом змін клімату досліджувались вченими Інституту водних проблем (Росія), які отримали кількісні співвідношення підземного стоку з іншими водно-балансовими елементами, що дає можливість прогнозу змін живлення підземних вод в різних природно-кліматичних зонах Землі у зв'язку із глобальним потеплінням.

Протягом останніх років значного поширення в працях вчених Державного гідрологічного інституту та Інституту географії РАН отримали оцінки водних ресурсів окремих адміністративних одиниць Російської федерації на найближчі роки під впливом кліматичних змін та антропогенного впливу» [20].

3. Зміни режиму водного стоку р. Сірет у період глобального потепління

3.1 Встановлення меж часових періодів змін гідрологічного режиму

Базовим етапом дослідження впливу змін клімату на водні ресурси і, зокрема, водний стік річок є встановлення меж формування природного і зміненого гідрологічних режимів. Порівняння параметрів гідрологічного режиму за ці два періоди може дати об'єктивну інформацію про наслідки кліматичних змін.

Факт глобального потепління є загально визнаним, встановлені його загальні тенденції. На їх підставі і користуючись сценаріями розвитку людства прогнозуються темпи потепління та його наслідки. Разом з тим, відповіді на питання про чіткі часові межі природного і зміненого кліматичного і, відповідно, гідрологічного режимів, наразі, немає. Немає і загального підходу до встановлення таких меж.

Кліматологічні дослідження рекомендують обирати як межу періодів середину-закінчення 70-х років минулого століття. Такої ж точки зору притримуються автори ряду гідрологічних досліджень, вважаючи такою межею 1975 або 1980 роки [60].

Дещо іншої точки зору притримуються автори дослідження змін кліматичного режиму України за період інструментальних спостережень, які вважають межею періоду незміненого кліматичного періоду кінець 1990 року [61]. Автори керуються, по-перше, визнанням Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) періоду з 1 січня 1961 року по 31 грудня 1990 року кліматичною стандартною нормою, тобто критерієм порівняння. До того ж

такий підхід є зручним з практичної точки зору, оскільки інформація саме за цей період міститься у «Кліматичному кадастрі України». Відповідно, початком періоду зміненого кліматичного режиму автори вважають 1991 рік.

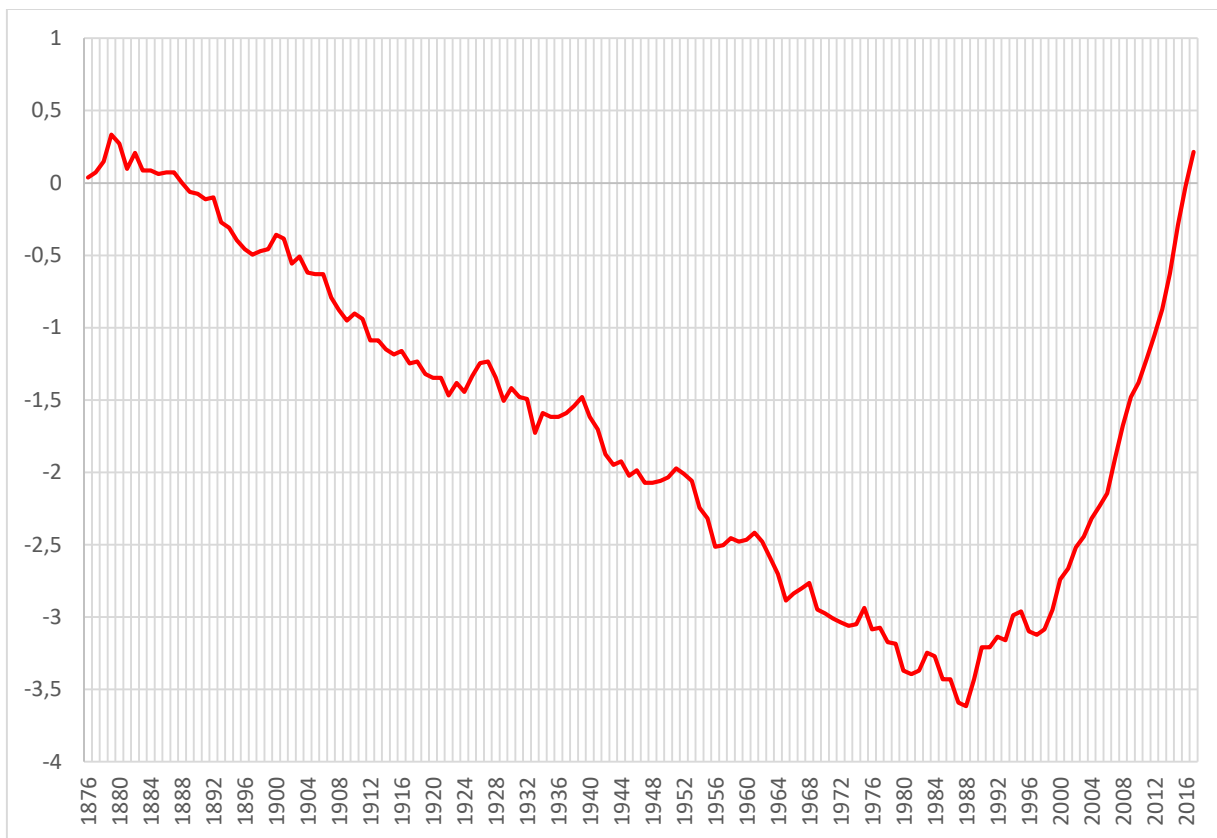
Іншим підходом до встановлення меж природного і зміненого періодів кліматичного режиму є аналіз коливань температур повітря, як визначального кліматотвірного чинника. Аналіз різницевих інтегральних кривих модульних коефіцієнтів середніх річних температур повітря різних регіонів України дає чітку відповідь про те, що початок сучасних кліматичних змін відноситься до 1989 року. Мінімум кривої припадає на 1988 рік, який завершує п'ятирічку аномально холодних років [40].

Вважаючи, що така точка зору є об'єктивною, у нашому дослідженні границі періодів прийнято наступними: природного – від початку інструментальних спостережень по 1988 рік, зміненого – починаючи від 1989 року і по теперішній час. Підтвердженням таких міркувань є різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів середніх річних температур повітря в Чернівцях, мал. 4.1.

З рисунку видно, що переломним моментом часу змін кліматичного режиму є саме 1988 рік.

Підтвердженням або спростуванням обраних меж розрахункових періодів є перевірка генетичної однорідності (або неоднорідності) рядів гідрометеорологічних характеристик. У випадку однорідності ряду вважається, що умови формування гідрометеорологічних параметрів були генетично однорідними. Порушення однорідності ряду свідчить про неоднорідність умов його формування протягом різних періодів. Перевірка порушення однорідності ряду середніх річних температур повітря по метеостанції Чернівці за критерієм Стьюдента показала, що спостерігається значна неоднорідність ряду, критичне значення критерію Стьюдента становить 2,0. Це свідчить про зміни на межі 1988-1989 років умов формування гідро кліматичного режиму, що підтверджує

правильність вибору нами меж розрахункових періодів.



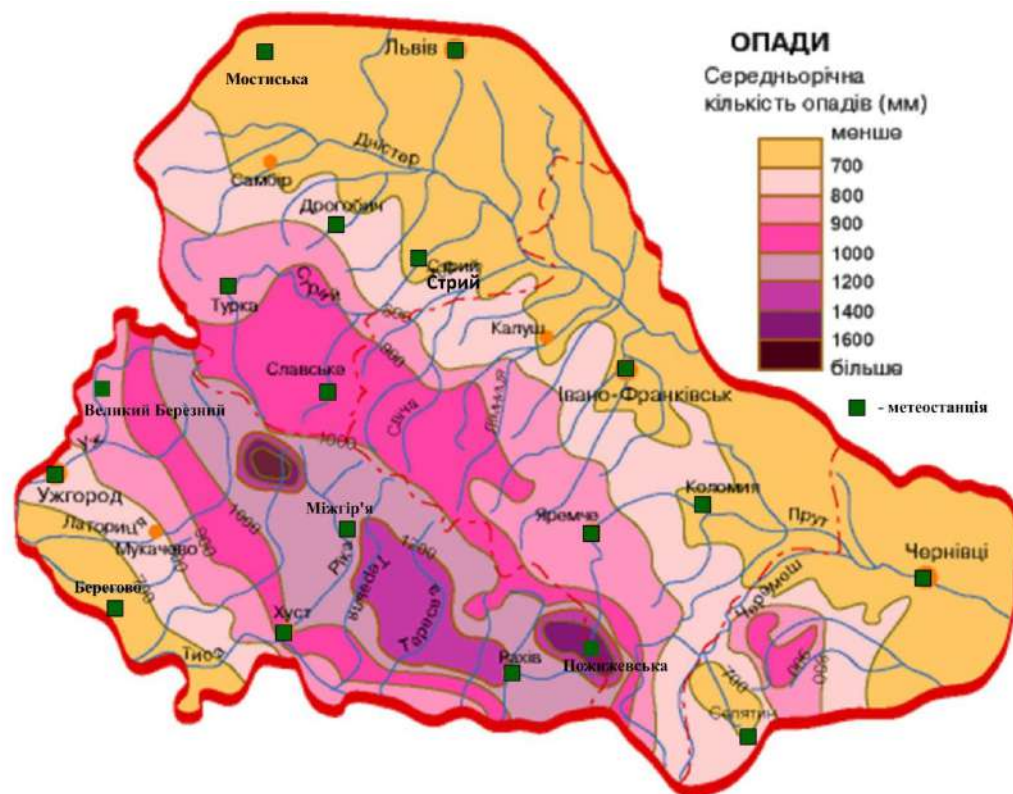
Мал.4.1 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів середньорічних температур повітря в м.Чернівці (1876-2017 рр.)

3.2 Встановлення основного кліматозалежного чинника формування водного стоку р. Сірет та аналіз його часової варіації

Відповідно рівнянню водного балансу будь-якого річкового басейну основними його кліматозалежними елементами є кількість атмосферних опадів і випаровування. Основними чинниками варіації режиму опадів є температура повітря і тип атмосферної циркуляції. Зміни температурного режиму викликають і зміни режиму випаровування. Разом з тим, при проведенні досліджень варіації водного режиму частіше оперують величинами

атмосферних опадів, як прибуткової складової водного балансу. До того ж, результати інструментальних спостережень за кількістю атмосферних опадів є достатньо надійними, чого не можна сказати про вимірювання величини шару випаровування. Зазвичай при проведенні водно балансових досліджень оперують розрахунковими, а не інструментально визначеними величинами випаровування, які є орієнтовними. Таким чином, загальноприйнятим кліматозаледним чинником формування водного стоку є атмосферні опади, які випадають на поверхню річкового басейну.

В межах басейну досліджуваної річки щорічно випадає 700-800 мм опадів, мал. 4.2

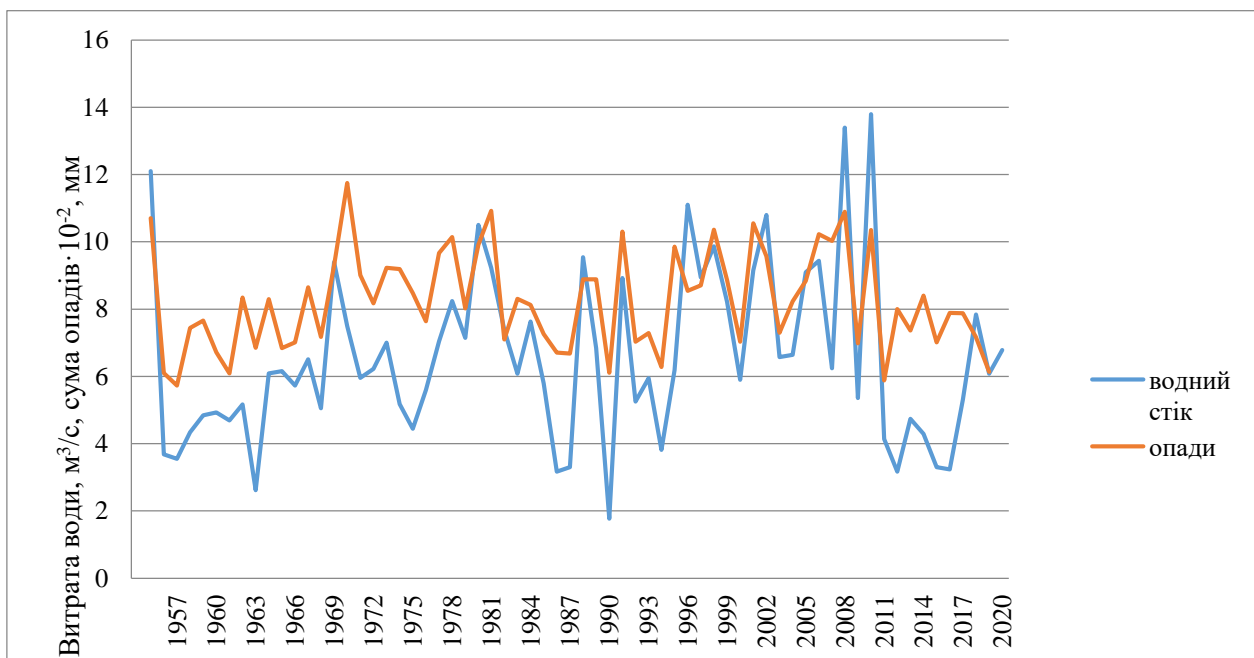


Мал. 4.2 Річні суми атмосферних опадів на території Українських Карпат [44]

В окремі багатоводні роки у гірській частині басейну Сірету кількість опадів може становити 1000-1200 мм. Репрезентативною для гірської частини

басейну Сірету є метеорологічна станція Селятин (висота 744 м.).

Багаторічний хід середнього річного стоку р. Сірет і річних сум атмосферних опадів за період інструментальних спостережень є синхронним, мал. 4.3

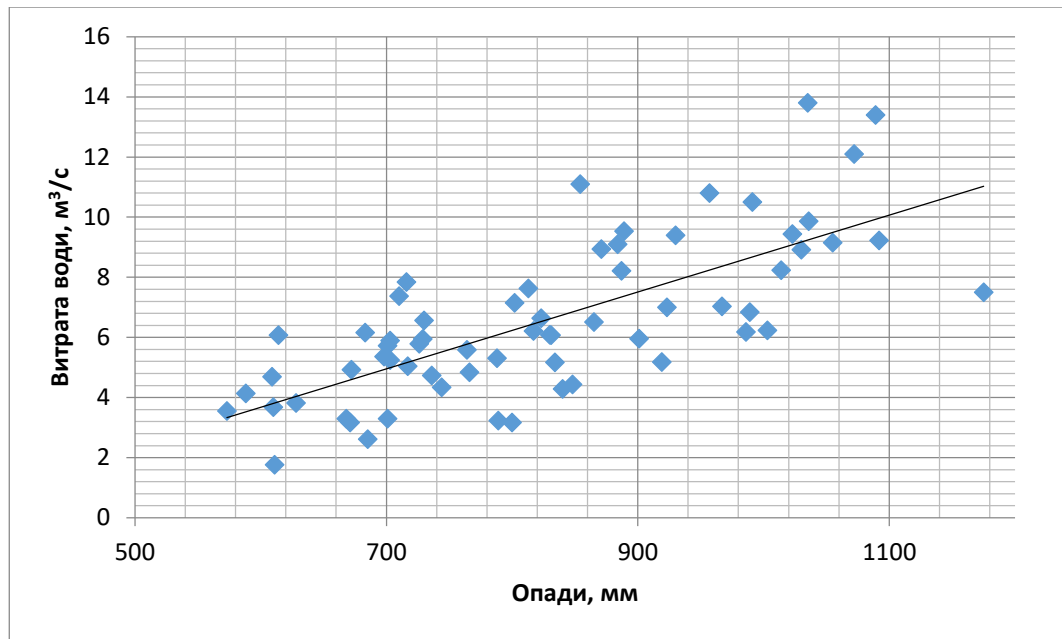


Мал.4.3 Зміни середніх річних витрат води р. Сірет – м. Сторожинець і річних сум атмосферних опадів по метеостанції Селятин протягом 1955-2020 рр.

Відповідно, зв'язок між величиною середнього річного стоку Сірету і річної кількості атмосферних опадів є прямим, лінійним, мал.4.4

Зв'язок є достатньо тісним, величина коефіцієнту парної лінійної кореляції становить 0,89.

Уявлення про багаторічну мінливість річних кількостей атмосферних опадів у басейні Сірету дає різницева інтегральна крива, мал.4.5.



Мал.4.4 Залежність середньої річної витрати води р. Сірет – м. Сторожинець від річної суми атмосферних опадів по метеостанції Селятин за 1955-2020 рр.

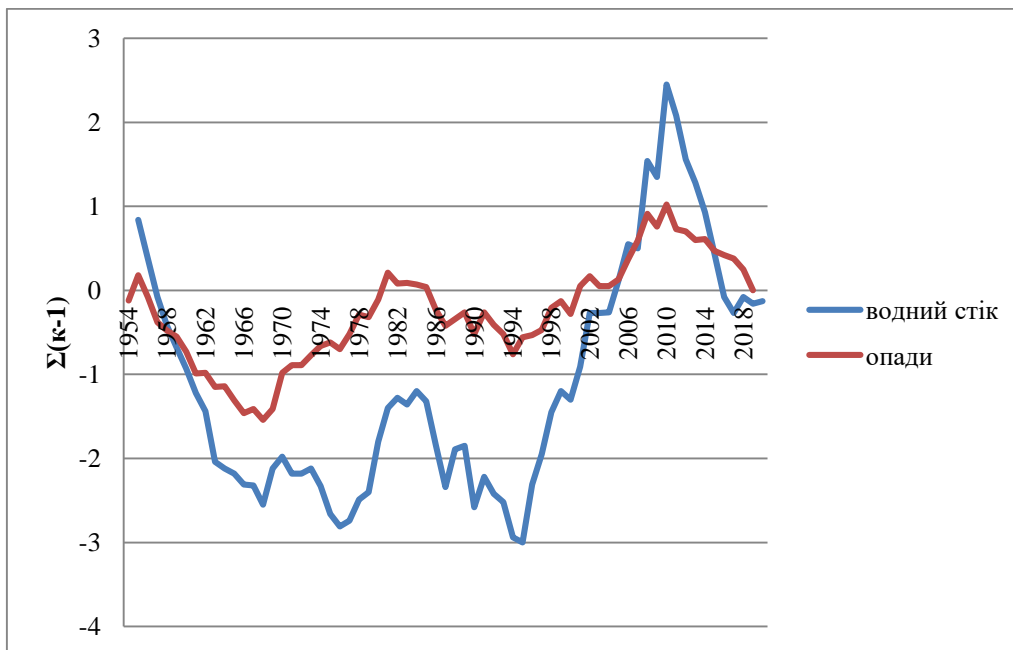


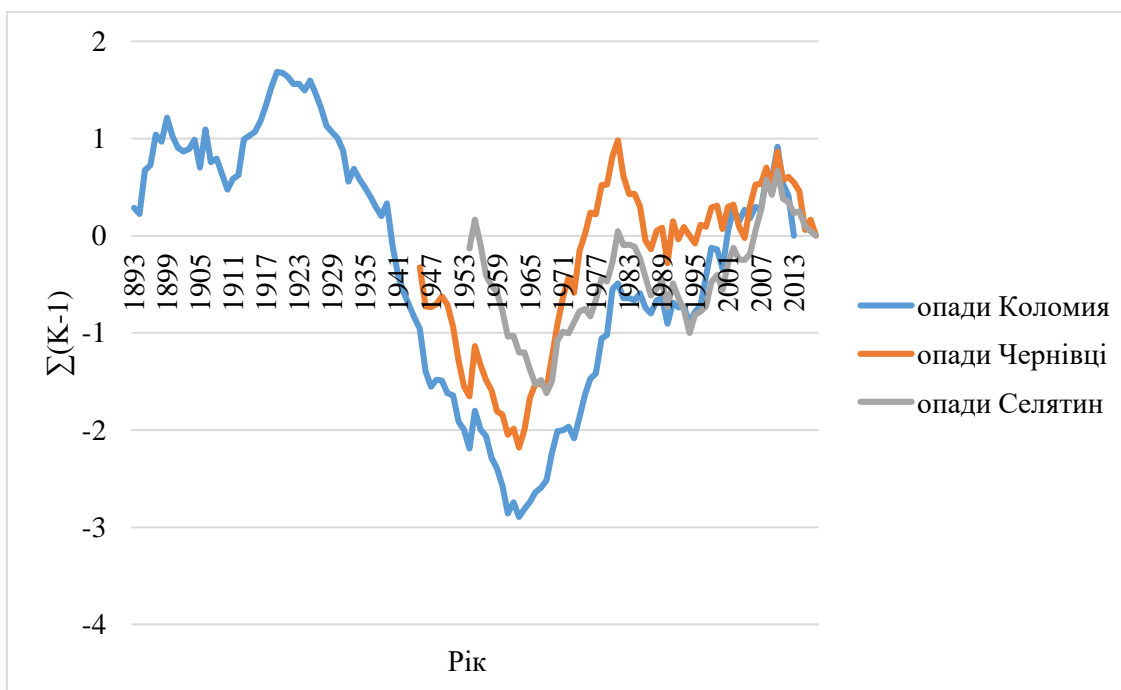
Рис.4.5 Різницеві інтегральні криві модульних коефіцієнтів середнього річного стоку р. Сірет – м. Сторожинець і річних сум опадів по метеостанції Селятин за 1954-2020 рр.

Таблиця 4.1

Характерні періоди у багаторічних коливаннях річних сум атмосферних опадів по метеостанції Селятин, 1955-2020 рр.

Характерні періоди			
Пріод (роки)	Кількість років	Середній модульний коефіцієнт	Характеристика періоду
1955-1968	13	0,87	маловодний
1968-1981	13	1,13	багатоводний
1981-1994	13	0,92	маловодний
1994-2010	15	1,12	багатоводний
2010-2020	10	0,89	маловодний

У цілому, протягом періоду інструментальних спостережень у ході атмосферних опадів на території басейну Сірету не спостерігалось стійкої тенденції до зменшення їх річних кількостей. Періоди зменшення кількості опадів тривалістю 9-13 років не були дуже маловодними, середні модульні коефіцієнти для них становили 0,87-0,92. Більша частина сучасного періоду потепління, мал. 4.6 ,відповідає періоду збільшення кількості опадів.



Мал. 4.6 Різницеві інтегральні криві по атмосферних опадах на метеостанціях

У таблиці 4.1 наведено характеристики періодів багаторічних коливань сум атмосферних опадів у досліджуваному річковому басейні.

Така тенденція підтверджується характером ходу річних сум атмосферних опадів за даними інших метеостанцій Карпатського регіону.

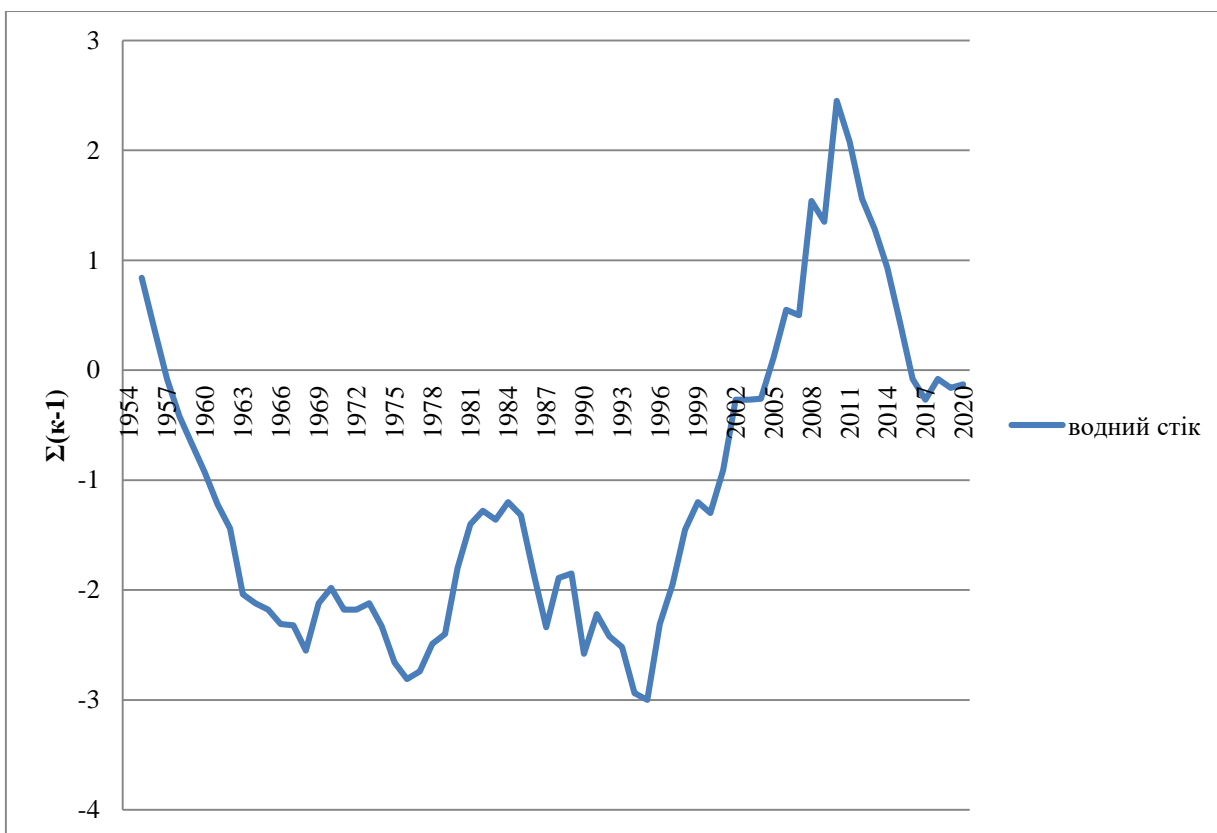
3.3 Встановлення часових змін стоку води

Норма стоку, або його багаторічна величина є основною характеристикою водних ресурсів річок. Важливість норми річного стоку полягає у тому, що вона є стійкою характеристикою водних ресурсів річкового басейну. Стійкість норми стоку визначається двома основними умовами:

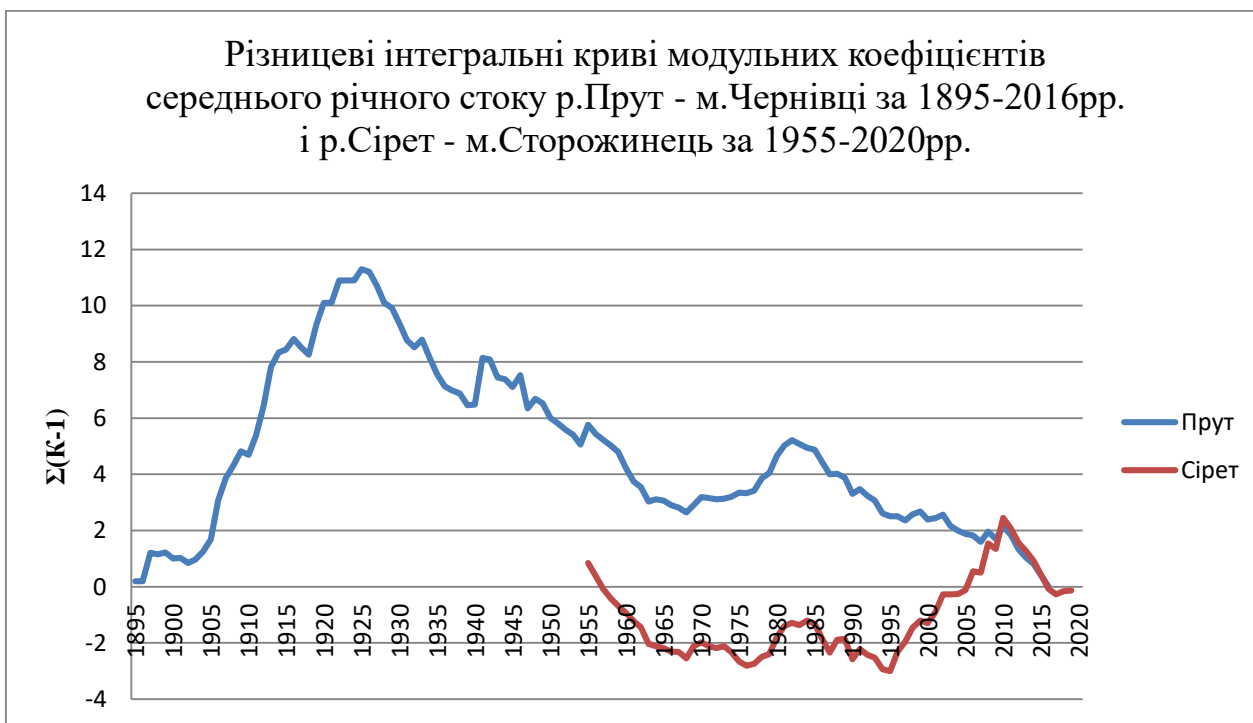
1. як середня багаторічна величина, вона незначно або взагалі не зміниться, якщо період її визначення буде збільшено на декілька років;
2. норма стоку є функцією кліматичних чинників – опадів і випаровування, причому їх багаторічних значень, які і самі є стійкими характеристиками річкового басейну.

Таким чином, варіація норми стоку може бути індикатором змін гідрологічного режиму.

Загальна тривалість періоду спостережень за стоком води річки Сірет у створі м. Сторожинець є достатньою для встановлення норми стоку, перевищуючи 60 років. Багаторічні зміни середніх річних витрат р. Сірет – м. Сторожинець демонструє різницева інтегральна крива, мал. 4.7, дані про характерні періоди і повні цикли водності наведено в таблиці 4.3.



Мал.4.7.Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів середнього річного стоку р. Сірет – м. Сторожинець за 1954-2020 рр



Важливою особливістю варіацій середніх річних витрат води досліджуваної річки є те, що протягом періоду кліматичних змін не спостерігалось односпрямованої тенденції змін їх величини. В цьому, зокрема, хід водності Сірету дещо відрізняється від змін водності річки Прут, мал.4.8.

У ході водності р. Прут чітко простежується майже вікова (95 років) виражена тенденція зменшення водності, що розпочалася у 1925 році. Хід водності Пруту і Сірету протягом 1955-1995 років є синхронним. Протилежний хід водності цих річок спостерігався протягом 1995-2010 років: для стоку Пруту цей період був маловодним, для стоку Сірету – багатоводним, із середнім модульним коефіцієнтом 1,36. Протягом 2011-2020 років зміни водності цих річок знову стали односпрямованими, спостерігалось її зменшення. З певною мірою впевненості причиною такого неспівпадіння можна вважати неоднорідність умов формування режиму опадів у гірських частинах басейнів Пруту і Сірету протягом цього періоду, що може бути предметом окремого дослідження.

Зміни водності Сірету можуть бути простеженими і шляхом порівняння середніх річних витрат води річки у періоди природного і зміненого водного режиму. В табл.4.2 наведені величини середніх багаторічних витрат р. Сірет – м. Сторожинець у періоди природного і зміненого гідрологічного режиму.

Наведені в табл. 4.2 дані свідчать про те, що середня багаторічна витрата р. Сірет у створі м. Сторожинець протягом періоду кліматичних змін і, відповідно, зміненого гідрологічного режиму була більшою за норму стоку. Дещо більшою у цей період була і мінливість річних витрат води, коефіцієнт варіації підвищився від 0,34 до 0,42. Разом з тим, ця різниця є незначною: у натуральному виразі не перевищуючи 0,36 м³/с.

Таблиця 4.2

Середні багаторічні витрати води р. Сірет – м. Сторожинець у періоди природного і зміненого гідрологічного режиму

Період, роки	Тривалість, років	Характеристика періоду	Середня багаторічна витрата води, м ³ /с	Коефіцієнт варіації	Відхилення від норми	
					м ³ /с	%
1955-2020	65	інструментальних спостережень	6,58	0,37		
1955-1988	33	незмінений	6,23	0,34	-0,35	-5,3
1989-2020	31	змінений	6,94	0,42	0,36	5,5

Таким чином можна, по-перше, стверджувати, що у період глобальних кліматичних змін стік річки Сірет не зменшився, а дещо збільшився. Зміни були незначними і не перевищували меж природних коливань, що спостерігались у попередні періоди. До того ж після 2020 року у ході стоку Сірету триває маловодна фаза, яка може бути частиною наступного тривалого маловодного періоду.

3.1 Встановлення загальних рис змін водного режиму

За характером змін водності протягом року Сірет відноситься до річок з вираженим паводочним режимом. Весняне водопілля на Сіреті не є найбільш повноводним гідрологічним сезоном, витрати води дощових паводків значно перевищують витрати, що формуються за рахунок сніготанення. До того ж, в горах сніготанення відбувається поступово, по висотних поясах і значно

розтягується в часі, внаслідок чого висока хвиля весняного водопілля не формується.

Формування загальних рис водного режиму відбувається під впливом кліматичних чинників, тому можна припустити, що при змінах клімату вони також зазнають деяких змін. Загальноприйнятим методичним підходом до встановлення характеру водного режиму річки є побудова та аналіз гідрографу її стоку. Таким же чином можна встановлювати наявність змін водного режиму, порівнюючи осереднені гідрографи стоку за різні часові періоди. Осереднення добових витрат води за багаторічний період є кропіткою роботою, ще більшого часу потребує осереднення даних для побудови типового гідрографа. При написанні даної роботи прийнято рішення про порівняння осереднених гідрографів стоку за генетично однорідні періоди природного і зміненого кліматичного режимів. Для цього, використовуючи різницеву інтегральну криву стоку річки, рис..., було обрано два періоди, що відносилися до маловодних фаз водності: 1965-1975 і 2010-2020 рр. Побудовані за осередненими за ці періоди середніми добовими витратами води гідрографи показані на мал.4.7.

Найменших змін зазнав меженний зимовий стік, про що свідчить добре співпадіння протягом XII-II місяців ліній відповідних гідрографів стоку. Весняне водопілля протягом періоду зміненого гідрологічного режиму починалось дещо раніше, на його хвилю накладались більш ранні і більш високі дощові паводки. Загальні риси літнього (VI-VIII) гідрологічного сезону змінились мало, але простежувалась менша інтенсивність дощових паводків і дещо раніший час їх формування. Літньо-осінні сезони протягом обидвох періодів були подібними, високі дощові паводки в кінці літа і восени не формувались, проте меженний стік протягом другого з них був помітно меншим.

Кількісно такі зміни можуть бути охарактеризовані змінами внутрішньорічного розподілу стоку води річки, табл. 4.3

Таблиця 4.3

Зміни внутрішньорічного розподілу стоку води річки Сірет

протягом 1962-1975 і 2010-2020 рр., %

Період	Гідрологічний сезон			
	весняний, III-V	літній, VI-VIII	осінній, IX-XI	зимовий, XII-II
1962-1975	41	36	14	9
2010-2020	37	41	10	12
зміна	-4	+5	-4	+3

Вказані кількісні зміни можуть бути певним чином пояснені наслідками кліматичних змін. Так, зимовий меженний сезон став дещо багатоводнішим. Причинами цього може бути зменшення запасів води у сніговому покриві річкового басейну і більш раннє сніготанення. За рахунок цього можливий перерозподіл стоку між зимовим і весняним гідрологічними сезонами. Можливою причиною зменшення стоку осіннього сезону є триваюче збільшення посушливості осінніх місяців. У цілому зміни стоку гідрологічних сезонів у період глобального потепління не перевищували 5% річного об'єму.

Висновки

1. Зміни кліматичних умов, що відбулись у кінці ХХ та продовжуються на початку ХХІ століття, спричинили перерозподіл атмосферних опадів та випаровування і стали причиною змін гідрологічного режиму річок.
2. Наразі не існує загальноприйнятих підходів до вивчення сучасних змін гідрологічного режиму річок і апробованих методів їх кількісної оцінки. Дослідження впливу кліматичних змін на гідрологічний режим річок України не отримали належного розвитку.
3. Аналіз багаторічних коливань температури повітря, яка є індикатором сучасних кліматичних змін, дав змогу встановлення меж розрахункових періодів природного і зміненого гідрологічного режиму. Часовою межею цих періодів є 1988 р. Періодом природного гідрологічного режиму річки Сірет може вважатись проміжок часу від початку інструментальних спостережень за стоком по 1988 рік включно, період зміненого режиму триває від початку 1989 року по теперішній час.
4. Основним кліматозалежним чинником формування стоку води досліджуваної річки і його сучасних варіацій є атмосферні опади, що випадають на поверхню басейну. Аналіз багаторічного ходу опадів і стоку річки показує їх синхронність. Зв'язок між середніми річними витратами води і річними сумами атмосферних опадів є прямим, лінійним і досить тісним, коефіцієнт кореляції становить 0,89.
5. Період зміненого гідрологічного режиму річки Сірет характеризується дещо більшою, ніж природний, водністю. Кількісно збільшення середньої річної витрати води можна оцінити у $0,35 \text{ м}^3/\text{с}$, що складає 5,5% норми стоку. Дещо більшою протягом цього періоду

була і мінливість стоку: коефіцієнт варіації підвищився до 0,42 (для періоду інструментальних спостережень і незміненого гідрологічного режиму він становив, відповідно, 0,37 і 0,34). Зміни стоку протягом періоду зміненого гідрологічного режиму не перевищували меж природних коливань у попередній період.

6. Загальні риси режиму стоку Сірету не зазнали докорінних змін. Практично не змінився меженний зимовий стік. Весняне водопілля розпочиналось дещо раніше, на його хвилю накладались більш високі і ранні дощові паводки. Літні дощові паводки були менш інтенсивними, їх піки зміщувались на більш ранні терміни. Не зазнав змін і характер стоку води періоду літньо-осінньої межени.
7. Зміни внутрішньорічного розподілу стоку мали наступний характер: багатоводнішим (на 3%) став зимовий гідрологічний сезон. Водність весняного сезону зменшилась на 4%, що може бути наслідком зменшення запасів води у сніговому покриві і більш раннім початком сніготанення. На 5% збільшився стік води літнього сезону.
8. Напрямами подальших досліджень можуть бути зміни максимального і мінімального стоку річки і, як більш кліматозалежні – зміни термічного і льодового режимів.

Список використаних джерел

1. Приходько М.М. Зміна клімату та її наслідки у Карпатському регіоні / М.М. Приходько // Фізична географія та геоморфологія – Київ: ВГЛ «Обрії»; 2012. – Вип. 1 (65). – 178-186.
2. Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем: монографія / М.М. Приходько – Київ: Центр екологічної освіти інформації; 2013 – 201 с.
3. Порфирьев Б., Катцов В., Рогинко С. Изменение климата и международная безопасность / Б. Порфирьев, В. Катцов, С. Рогинко Монография, Москва.: РАН, 2011. – 291 с.
4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» / відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст. 315.
5. URL: https://zakon.rada.gov.ua./taws/show/2059_19 (дата звернення: 17.12.2017).
6. Євремєєв В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Євремєєв, В. Єфімов // Вісник НАН України. – 2003. №2. – С. 14-19.
7. Перше національне повідомлення щодо питань зміни клімату / [Електронний курс]. – Режим доступу: http://eco_ecosys.ru2003_3/art32.htm.
8. Бабіченко В.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХІХ століття / В.М. Бабіченко, Н.В. Ніколаєва, Л.М. Гущина // Український географічний журнал – Київ: Академперіодика, 2007. №4 – С. 3-12.
9. Адаменко О.М. Розвиток Землі та історія біосфери/ О.М. Адаменко // Мій дім Україна. Роман життя, науки і кохання. Т. 2 – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. – С. 125-177.

10. За науку [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://zanauku.mipt.ru/2019/11/10/sistema-za-oknom/>
11. Олійник Я.Б. Загальне землезнавство: підручник / Я.Б. Олійник, Р.П. Федурщак, П.К. Шищенко. – Київ: Знання – Прес, 2008. – 342 с.
12. [http:// www.rfor.ru/](http://www.rfor.ru/)
13. Причини зміни клімату [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://climatechange.ru/node/118>.
14. Астрономические факторы длительных колебаний климата / [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://collectedpapers.com.ua/ru/climate_and_human_activities/astronomichni-faktori-trivalix-kolivan-klimatu
15. Антропогенний вплив на клімат / [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://collectedpapers.com.ua/ru/climate_and_human_activities/antropogennij-vpliv-na-klimat
16. Зміна клімату 2007: фізична наукова база [наук. ред. В.М. Ліпінський] - Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
17. Можливі наслідки зміни клімату / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://climatechange.ru/node/119/>
18. Кривенко В.Г. Прогноз изменений климата Евразии с позиций концепции его циклической динамики /В.Г. Кривенко //Всемирная конференция по изменению климата: тезис доклада. – Москва, 2003.–514 с.
19. Клімат України [За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченка – Київ: Вид-во Раєвського 2003. – 343 с.

20. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.
21. Зміна клімату та його наслідки <http://news.battery.ru>
22. Глобальні наслідки зміни клімату <http://www.obozrevatel.com>
23. Логвинов К.Т. О многолетних изменениях температуры и осадков на Украине / К.Т.Логвинов, М.Б.Барабаш // Труды УкрНИГМИ. - 1978. - Вып. 169. - С. 77-83.
24. Логвинов К.Т. Исследования современных изменений климата на Украине / К.Т.Логвинов, М.Б.Барабаш, О.Г.Татарчук // Материалы V съезда ГО УССР. - 1985. - С. 73-75.
25. Барабаш М.Б. Зміни клімату України при глобальному потеплінні / М.Б.Барабаш, Н.П.Гребенюк, О.Г.Татарчук // Водне господарство України. - 1998. - № 3. - С. 9-12.
26. Барабаш М.Б. Сценарії режиму температури повітря в перші три десятиріччя ХХІ ст. за фізико-географічними зонами України / М.Б.Барабаш, Л.О.Ткач // Водне господарство України. - 2005. - № 3. - С. 47-54.
27. Бабиченко В.Н. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии / В.Н.Бабиченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. - 224 с.
20. Мартазинова В.Ф. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние / В.Ф.Мартазинова, Т.А.Свердлик // Тр. УкрНИГМИ. – 1999. – Вып. 246. – С. 21-27.
29. Мартазинова В.Ф. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине / В.Ф.Мартазинова,

Е.К.Иванова, Д.Ю.Чайка // Геофизический журнал. – 2006. – Т. 28, № 1. - С. 51-60.

30. Мартазинова В.Ф. Изменение атмосферной циркуляции в северном полушарии в течение периода глобального потепления в XX веке / В.Ф.Мартазинова, Е.К.Иванова, Д.Ю.Чайка // Український географічний журнал. - 2007. - № 3. - С. 10-20.

31. Свердлик Т.А. Эволюция крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха Северного полушария во второй период современного глобального потепления климата / Т.А.Свердлик // Тр. УкрНИГМИ. – 1999. – Вып. 247. – С. 63-75.

32. Ліпінський В.М. Клімат України / В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

33. Барабаш М.Б. Зміни клімату в Україні на початку XXI століття / М.Б.Барабаш, Н.П.Гребенюк // Ювілейна міжнародна конференція, присвячена 70-річчю утворення Одеського державного екологічного університету, 2002. : тези доп. – Одеса, 2002. - С. 64-65.

34. Бойченко С.Г. Трансформація зонального кліматического поля температури приземного воздуха при глобальному потепленні /

С.Г.Бойченко, В.М.Волощук // Геофизический журнал. – 2005. – Т 27, № 3. - С. 444 – 453.

35. Бабіченко В.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці XX та на початку XXI століття / В.М.Бабіченко, Н.В.Ніколаєва, Л.М.Гущина // Український географічний журнал. - 2007. - №4. - С. 3-12.

36. Вишневикий В.И. Влияние изменений климата на гидрологический режим рек Украины / В.И.Вишневикий, А.А.Косолец // VI Всероссийский

гидрологический съезд, 28.сент.-1.окт. 2004 г. : тезы док. – СанктПетербург, 2004. – С. 223-225.

37. Шерешевский А.И. Оценка влияния возможных изменений климата на водность р. Днепр / А.И.Шерешевский, Л.К.Синицкая // Тр. УкрНИГМИ. - 1998. - Вып. 246. - С. 86-94.

38. Шерешевський А.І. Оцінка змін випаровування з водної поверхні на території України / А.І.Шерешевський, Л.К.Синицька // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2000. - Вип. 248. - С. 67-76.

39. Гопченко Е.Д. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления / Е.Д.Гопченко, Н.С.Лобода // Гидробиологический журнал. - 2000. - Т. 36, № 3. - С.67-78.

40. Лобода Н.С. Водні ресурси України у зв'язку із кліматичними умовами / Н.С.Лобода, Є.Д.Гопченко // Україна: географічні проблеми сталого розвитку. - К. : ВГЛ «Обрії», 2004. - Т. 3. – С. 144-146.

41. Лобода Н.С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХІ століття / Н.С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - К. : ВГЛ «Обрії», 2010. - Том 18. - С.62-70.

42. Лобода Н.С. Оцінка впливу мінливості Північно-Атлантичного та Скандинавського коливань на гідрометеорологічні характеристики України / Н.С.Лобода, А.О. Коробчинська // Гідрологія, гідрохімія і гідроеколог. - К.: ВГЛ «Обрії», 2010. – Том 18. - С.91-98.

43. Мельник С.В. Динаміка водного режиму і стоку наносів річок Поділля / С.В.Мельник, Н.С.Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - К.: ВГЛ «Обрії», 2009. - Том 17. - С.55-62.

44. Васильченко, В.В., Рапцун, М.В., Трофімова, І.В. 1998 (ред.) Україна та глобальний парниковий ефект. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. Т.2. К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології. 206с.
45. Гребінь, В.В. 2010. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр. - 316 с
46. Гопченко, Е.Д., Лобода, Н.С. 2000. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления. Гидробиологический журнал т.36, №3: 67-78.
47. Гопченко, Є.Д., Лобода, Н.С. 2001. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу. Наук. Праці УкрНДГМІ 249:106-120.
48. Коваленко, В.В. 1988. Динамические и стохастические модели гидрологического цикла. Л.:ЛПИ, 34 с.
49. Лобода, Н.С, Гопченко, Є.Д. 2003. Нормування характеристик природного річного стоку України. Наукові праці УкрНДГМІ 252: 5-Ю.
50. Лобода, Н.С. 2005. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. Одесса: Экология, 208 с.
51. Лобода, Н.С. 2007. Проблемы гидрологических расчетов в условиях антропогенного воздействия и модель «климат-сток». Метеорологія, кліматологія та гідрологія 50, частина друга: 14-19.
52. Лобода, Н.С, Тучковенко, Ю.С. 2010. Дослідження впливу змін річкового стоку за кліматичними сценаріями на гідроекологічний стан північно-західної частини Чорного моря.

53. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 44: 143-145.

54. Мезенцев, В.С.(ред.) 1974 Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиорации степного края. М.: Колос, 240 с.

54. Раткович, Д.Я. 1993. Гидрологические основы водообеспечения. М: РАН ИВП, 429 с.

55. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти / [В.М.Волощук, С.Г.Бойченко, С.М.Степаненко та ін.]. - К. : ВПЦ “Київський університет”, 2002. – 117 с.

56. Будыко М.И. Влияние человека на климат / М.И.Будыко. - Л. : Гидрометеиздат, 1972. - 47с.

57.Будыко М.И. Изменение климата / М.И.Будыко. - Л. : Гидрометеиздат, 1974. - 280с.

58. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем / М.И.Будыко. - Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 351 с.

59. Будыко М.И. Глобальное потепление / М.И.Будыко, К.Я.Винников // Метеорология и гидрология. - 1976. - № 7. - С. 52-68.

60. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века / М.И.Будыко // Метеорология и гидрология. - 1988. - № 10. - С. 5-24.

61. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) [Електронний режим] : [монографія] / В.В.Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – с

62. Глобальные и региональные изменения климата / [Шестопапов В.М., Г54 Логинов В.Ф., Осадчий В.И. и др.]. — К. : Ника-Центр, 2011. — 448

ДОДАТКИ

55

42130р.Сирет - м.Сторожинець

W=287 млн.куб.м

M=13.6 л/с кв.км

H=427 мм

F=672 кв.км

Число | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад |
Грудень |

1	2.75	2.48	2.54	7.84	27.0	12.2	2.90	1.90	10.0	3.71	6.44	4.95
2	3.28	2.44	2.39	6.70	17.4	7.08	2.90	2.40	9.12	3.71	6.00	4.60
3	3.28	2.35	2.25	5.98	13.3	5.26	3.44	2.65	8.20	3.71	5.65	4.95
4	3.28	2.12	2.10	5.98	11.1	4.34	3.98	2.15	7.76	3.44	5.65	4.60
5	4.06	2.15	1.96	5.62	9.60	4.06	3.17	2.15	7.32	3.44	4.95	4.95
6	6.70	1.50	1.85	5.98	8.22	4.34	2.65	2.65	6.88	3.44	4.95	5.65
7	5.98	1.74	1.74	6.70	12.8	4.62	3.71	3.98	6.44	3.17	4.60	10.5
8	5.98	1.79	1.74	6.34	31.6	4.90	3.44	13.4	6.00	3.17	4.60	10.0
9	5.26	1.89	1.62	7.08	19.2	27.6	2.90	16.6	6.00	3.17	4.25	7.76
10	4.62	1.80	1.59	7.08	12.8	81.9	2.90	7.32	5.65	3.17	3.98	6.44
11	4.34	1.50	1.58	7.08	10.1	25.7	4.60	4.60	5.30	2.90	3.98	4.77
12	4.06	1.66	2.42	5.98	9.10	15.3	4.25	4.25	5.30	2.90	3.98	4.46
13	3.78	2.02	2.39	5.26	8.22	10.0	3.98	3.44	4.95	3.71	4.25	4.60
14	3.78	2.27	3.28	5.26	7.08	7.76	3.17	3.44	6.00	3.71	4.25	4.25
15	4.34	2.35	3.28	9.10	6.34	6.00	7.32	2.90	6.00	3.71	3.98	4.25
16	4.06	2.48	3.78	13.3	5.62	4.95	24.4	2.65	5.30	3.44	3.98	4.25
17	3.61	2.35	19.8	8.22	5.62	4.60	8.66	35.1	4.95	4.95	3.98	4.25
18	4.63	2.22	71.9	6.70	5.26	4.25	5.65	110	4.60	19.8	3.71	3.26
19	4.02	2.35	78.8	6.70	4.90	5.30	4.95	225	5.65	35.4	3.71	3.18
20	4.89	2.22	35.5	6.34	5.62	4.95	4.25	185	7.32	20.5	3.98	3.68
21	3.05	2.15	22.4	6.70	5.26	4.25	4.95	59.5	6.44	14.7	3.98	2.75
22	3.05	2.14	16.3	7.08	4.90	3.98	3.44	36.1	5.65	16.0	3.98	4.52
23	3.05	2.73	12.8	7.46	4.62	3.44	3.17	26.3	4.95	21.8	3.98	3.40
24	3.29	3.23	10.6	13.9	5.26	3.44	2.90	42.1	4.95	19.8	3.71	3.01
25	4.02	4.37	11.1	13.9	18.0	3.44	2.90	37.4	4.60	40.1	3.34	3.15
26	2.82	5.63	11.7	12.8	11.1	3.17	2.65	29.6	4.25	21.1	3.34	3.17
27	2.84	6.70	14.5	12.2	7.46	3.17	2.40	24.4	3.98	15.3	3.98	3.44
28	3.17	3.80	15.7	15.1	5.62	3.17	2.65	18.5	3.98	11.7	4.60	3.17
29	2.46		12.8	47.8	4.90	2.90	2.40	15.3	3.98	9.12	5.65	3.17
30	2.38		10.6	55.5	4.34	2.65	2.15	12.8	3.71	8.66	5.30	3.17
31	2.03		8.60		4.06		1.90	11.1	7.32		3.98	
Сеп.1	4.52	2.03	1.98	6.53	16.3	15.6	3.20	5.52	7.34	3.41	5.11	6.44
Сеп.2	4.15	2.14	22.3	7.39	6.79	8.88	7.12	57.6	5.54	10.1	3.98	4.10
Сеп.3	2.92	3.84	13.4	19.2	6.87	3.36	2.86	28.5	4.65	16.9	4.19	3.36
Серед	3.83	2.59	12.6	11.1	9.88	9.29	4.35	30.5	5.84	10.3	4.42	4.59
Макс.	6.70	7.08	87.6	74.9	39.4	113	32.8	301	10.0	48.1	6.44	10.5
Мінім	2.03	1.39	1.38	5.26	4.06	2.65	1.90	1.65	3.71	2.90	3.34	2.75

	Найбільша	Найменша літнього	Найменша зимового періоду						
Серед-	-----	-----	-----						
ня вит	вitra-	дата	к-ть	вitra-	дата	к-ть	вitra-	дата	к-ть
рата	та	-----	вип.	та	-----	вип.	та	-----	вип.
		перший	останн.		перший	останн.		перший	останн.

За рік (2005) | 9.11 | 301 | 19.08 | | 1 | 1.65 | 02.08 | | 1 | 1.38 | 11.03.05 | | 1 |
1953-2005 | 6.50 | (816) | 13.07.69 | | 1 | 0.10 | 19.08.53 | | 1 | 0.28 | 20.02.94 | | 1 |

Склав

Перевірів

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А.Т.П.Вип.2 2006р.

55 42130р.Сирет - м.Сторожинець

W=298 млн.куб.м

M=14.0 л/с кв.км

H=443 мм

F=672 кв.км

Число | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень |

1	3.34	1.86	2.61	48.1	6.50	22.4	52.3	3.78	12.0	2.54	3.26	2.12
2	3.34	1.86	4.77	41.4	5.86	36.1	57.6	3.50	9.40	2.54	2.78	2.12
3	3.17	1.86	2.39	33.4	5.54	110	28.1	3.78	7.94	2.54	2.78	2.12
4	4.60	1.86	2.39	30.1	5.22	47.4	18.3	4.34	6.50	2.54	2.78	2.12
5	4.25	1.78	6.44	27.4	4.90	111	13.6	4.06	5.86	2.30	2.78	2.12
6	3.98	1.53	4.14	24.2	5.86	52.8	10.9	5.86	5.22	2.30	2.78	2.12
7	3.27	1.53	3.58	21.8	14.2	32.7	9.40	5.54	4.62	2.54	3.78	2.12
8	4.88	1.78	2.85	24.9	17.1	23.0	7.94	9.13	4.34	2.54	6.50	2.12
9	3.50	1.91	3.10	20.6	14.2	18.3	6.98	10.4	4.90	2.54	4.34	2.12
10	3.15	1.78	3.10	15.9	12.0	16.5	6.18	7.94	4.34	2.54	4.06	2.12
11	2.82	1.78	3.98	17.1	9.40	15.4	5.86	60.4	4.06	2.54	4.06	2.12
12	5.09	1.91	4.60	17.1	7.94	13.1	5.54	38.7	3.78	2.30	3.78	2.30
13	2.86	1.91	3.98	36.1	6.50	10.9	6.98	20.0	3.78	2.30	3.50	2.30
14	2.58	2.09	3.58	33.4	5.86	9.90	7.94	13.1	3.78	2.30	3.50	2.30
15	3.87	2.09	3.34	26.8	5.54	26.8	7.46	9.40	3.50	2.30	3.26	2.12
16	2.87	2.09	2.85	23.0	5.22	83.0	7.46	6.98	3.26	2.54	3.02	2.12
17	2.30	1.96	3.17	18.8	4.90	33.4	20.6	6.18	3.26	3.50	2.78	2.12
18	1.90	2.38	3.17	18.3	6.98	22.4	20.0	5.54	3.02	3.26	2.78	2.12
19	1.79	2.51	3.17	18.8	8.42	18.3	10.9	5.22	3.26	2.78	2.54	2.12
20	1.43	2.26	3.71	15.4	6.18	20.6	7.94	4.62	3.50	2.78	2.54	2.12
21	1.19	2.52	3.98	13.6	5.54	14.8	6.18	6.18	3.50	2.54	2.54	1.94
22	1.31	5.38	5.65	33.4	4.90	11.4	5.86	5.86	4.34	2.54	2.54	1.94
23	1.34	4.79	5.65	21.8	4.62	11.4	6.50	5.86	3.78	2.30	2.54	1.94
24	1.30	2.87	7.71	16.5	4.34	11.4	6.18	5.86	3.78	2.30	2.30	1.94
25	1.26	2.52	6.88	13.1	14.8	13.1	5.22	4.90	3.50	2.54	2.54	1.94
26	1.35	2.51	8.20	11.4	14.2	9.40	5.54	4.34	3.26	2.78	2.30	1.26
27	1.26	3.17	21.8	9.90	9.90	7.94	5.54	8.42	3.02	2.54	2.30	1.70
28	1.68	2.39	55.6	8.90	23.0	6.98	4.90	10.9	2.78	2.30	2.30	1.26
29	1.68	85.6	7.94	18.8	8.42	4.06	39.2	2.78	2.30	2.12	1.26	
30	1.80	82.0	6.98	14.2	7.94	3.78	24.9	2.78	2.78	2.12	1.26	
31	1.68	68.1	27.4	4.34	14.8	3.78		3.78		1.26		
Сер.1	3.75	1.78	3.54	28.8	9.14	47.0	21.1	5.83	6.51	2.49	3.58	2.12
Сер.2	2.75	2.10	3.56	22.5	6.69	25.4	10.1	17.0	3.52	2.66	3.18	2.17
Сер.3	1.44	3.27	31.9	14.4	12.9	10.3	5.28	11.9	3.35	2.61	2.36	1.61
Серед	2.61	2.32	13.6	21.9	9.68	27.6	11.9	11.6	4.46	2.59	3.04	1.96
Макс.	6.13	5.38	98.0	50.8	38.7	142	68.3	120	12.0	4.06	6.98	2.42
Мінім	1.10	1.43	1.94	6.98	4.06	6.98	3.78	3.50	2.78	2.30	2.12	1.04

	Найбільша		Найменша літнього		Найменша зимового періоду		
(Серед-)	ня вит витра-	дата	к-ть витра-	дата	к-ть витра-	дата	к-ть
рата	та	----- вип.	та	----- вип.	та	----- вип.	
	перший останн.	перший останн.	перший останн.	перший останн.			

За рік (2006) | 9.44 | 142 | 03.06 | | 1 | 1.94 | 20.12 | 25.12 | 6 | 1.10 | 22.01 | | 1 |

1953-2006 | 6.55 | (816) | 19.07.69 | | 1 | 0.10 | 19.08.53 | | 1 | 0.28 | 20.02.94 | | 1 |

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірів: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води, куб.м/с
2007р.

Форма А Т.ІІ Вип.2

55 42130 р.Сірег - м.Сторожинець

W=197 млн.куб.м

M=9.29 л/с кв.км

H=293 мм

F=672 кв.км

Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	1.26	1.26	3.26	4.90	4.62	10.9	2.54	3.50	5.22	3.50	17.1	5.54
2	1.26	1.41	4.06	4.34	4.06	28.7	2.30	2.54	4.34	3.26	25.5	5.22
3	1.46	1.41	4.90	4.06	3.50	24.2	2.30	2.12	3.78	3.26	16.5	5.54
4	1.76	1.41	4.90	4.34	3.02	13.6	2.12	2.12	3.50	3.26	12.5	6.50
5	1.76	1.26	4.90	5.22	2.78	8.90	3.78	4.62	3.26	3.26	20.6	8.90
6	1.58	1.41	4.34	4.62	2.78	6.98	8.90	4.62	15.0	6.98	17.1	7.46
7	1.76	1.76	3.78	4.06	3.78	5.86	4.62	3.78	20.9	9.90	13.1	6.50
8	1.76	1.76	3.78	3.78	15.9	5.22	3.50	3.02	20.0	5.86	10.9	5.86
9	1.76	2.12	4.06	3.50	21.8	4.62	2.78	3.02	24.2	4.62	9.40	5.54
10	1.58	4.06	4.34	3.26	33.3	4.06	2.54	5.22	17.7	4.06	9.40	5.22
11	1.58	3.50	4.34	3.50	17.1	3.78	2.54	5.86	12.0	3.78	9.90	5.22
12	1.76	3.26	4.06	3.26	10.4	4.62	8.42	4.06	54.7	3.50	8.90	5.54
13	1.76	4.62	10.4	3.02	7.46	4.06	10.9	7.46	60.8	3.50	7.46	5.22
14	1.76	4.62	9.40	3.02	5.86	3.50	5.54	4.62	36.1	3.26	6.98	4.41
15	1.76	4.62	6.18	2.78	4.90	3.50	4.34	5.86	20.6	3.02	6.50	4.41
16	1.58	4.06	5.22	2.78	6.98	4.06	3.50	4.90	14.8	3.02	6.18	4.90
17	1.49	3.50	4.34	2.78	7.94	9.90	3.02	3.50	10.9	2.78	5.86	4.90
18	1.58	2.72	4.34	2.78	6.18	10.4	2.78	3.02	8.42	2.78	5.54	4.90
19	1.76	2.50	3.78	4.62	5.22	5.86	2.30	4.90	6.98	3.02	5.54	4.90
20	1.76	2.78	3.50	4.90	4.62	4.90	2.12	5.22	7.94	4.06	5.22	4.90
21	1.76	3.02	3.78	4.06	4.06	4.06	2.12	4.34	6.18	4.34	5.22	4.62
22	1.76	2.13	13.2	3.50	3.50	3.50	1.94	3.50	5.54	4.90	5.22	3.97
23	1.76	2.03	20.6	3.26	3.26	3.50	1.94	3.02	4.90	17.7	6.18	4.27
24	1.94	2.80	28.1	3.02	3.02	4.90	2.12	2.54	4.34	40.3	8.90	5.24
25	1.76	1.84	20.6	3.02	4.06	4.06	2.12	2.78	4.34	53.3	10.4	4.16
26	1.76	2.06	15.9	3.02	15.4	3.26	1.94	13.6	4.06	24.2	9.90	3.92
27	1.12	2.44	12.0	3.02	4.90	3.02	1.76	9.40	3.78	15.9	8.90	3.47
28	1.26	2.49	6.50	2.78	4.62	2.78	1.76	5.22	3.78	12.0	6.98	4.16
29	1.26		5.54	2.78	4.34	2.78	1.58	4.90	3.50	9.40	4.99	
30	1.70		6.18	5.22	7.94	2.78	1.94	4.62	4.06	7.94	5.27	3.68
31	1.26		5.54	12.5	3.50	6.50		6.98		3.68		
Сер.1	1.59	1.79	4.23	4.21	9.55	11.3	3.54	3.46	11.8	4.80	15.2	6.23
Сер.2	1.68	3.62	5.56	3.34	7.67	5.46	4.55	4.94	23.3	3.27	6.81	4.93
Сер.3	1.58	2.35	12.5	3.37	6.15	3.46	2.07	5.49	4.45	17.9	7.20	4.10
Серед	1.62	2.60	7.61	3.64	7.74	6.74	3.34	4.66	13.2	8.96	9.74	5.05
Макс	2.42	4.62	28.7	6.18	38.7	42.1	13.6	15.9	72.6	69.0	28.7	9.40
Мінім	1.04	0.96	3.26	2.54	2.78	2.54	1.58	1.76	3.26	2.78	4.70	3.05

	Найбільша			Найменша літнього			Найменша зимового періоду				
Середня витрата	дата	к-ть	вип.	дата	к-ть	вип.	дата	к-ть	вип.		
За рік (2007)	6.24	72.6	12.09	1	1.58	28.07	30.07	3	0.96	25.02	1
1953-2007	6.55	(816)	19.07.69	1	0.10	19.08.53	1	0.28	20.02.94	1	1

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірів: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А Т.П Вип.2 2009р.

55 42130р.Сирет - м.Сторожинець

W=169 млн.куб.м

M=7.98 л/с кв.км

H=251 мм

F=672 кв.км

Число | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень |
Жовтень | Листопад | Грудень |

1	2.70	12.6	5.75	25.1	3.02	11.2	6.90	1.75	1.60	1.15	1.90	1.45
2	3.34	10.8	4.86	18.7	3.02	9.38	5.06	1.75	1.45	1.30	1.75	1.45
3	2.76	9.50	4.55	16.5	3.30	17.5	4.42	1.75	1.45	1.30	1.60	1.45
4	2.72	9.10	4.86	16.0	3.02	12.1	9.38	2.18	1.45	1.30	1.60	1.45
5	2.68	11.7	6.80	17.0	3.02	8.94	5.78	1.90	1.45	1.30	1.60	1.45
6	2.64	19.8	18.0	15.0	2.74	6.50	5.78	4.14	1.30	1.45	1.75	1.45
7	2.41	19.0	22.2	13.0	3.30	5.42	5.42	4.70	1.30	1.60	1.60	1.45
8	2.37	17.0	19.0	12.1	3.30	4.42	5.78	4.42	1.30	1.60	1.75	1.45
9	1.95	15.0	16.5	12.1	3.02	3.86	4.70	3.30	1.30	1.45	1.75	1.45
10	2.11	13.5	18.0	10.7	3.02	5.06	3.86	2.46	1.30	1.45	1.90	1.60
11	2.29	11.7	16.0	13.5	3.30	4.14	3.58	2.18	1.30	2.18	2.46	1.45
12	2.29	10.8	14.0	14.5	3.30	4.42	5.42	1.90	1.30	2.18	3.02	1.30
13	2.11	9.50	13.1	14.5	5.06	6.50	9.82	1.90	1.30	2.74	2.74	1.15
14	2.29	9.94	12.6	10.7	4.42	6.50	5.78	1.90	1.30	6.50	2.18	1.00
15	2.29	9.10	12.2	8.50	3.58	4.70	4.42	1.90	1.45	4.14	1.90	0.88
16	3.57	8.30	15.0	7.30	3.30	3.86	3.86	1.90	1.30	3.30	1.90	0.79
17	3.93	6.44	13.5	6.50	3.02	3.86	3.58	1.75	1.30	2.74	1.90	0.75
18	3.03	7.50	13.5	6.14	2.74	3.86	3.30	1.60	1.30	2.18	1.75	0.82
19	2.98	7.15	11.7	5.42	2.74	3.58	3.30	1.60	1.15	2.18	1.75	0.76
20	3.13	6.80	10.4	5.06	2.46	3.02	3.02	1.60	1.15	3.02	1.75	0.76
21	2.93	5.44	10.4	4.70	2.46	3.02	2.74	1.60	1.15	5.42	1.60	0.72
22	4.98	5.16	10.4	4.42	2.46	3.02	2.74	1.45	1.15	4.14	1.60	0.76
23	14.3	5.16	11.3	4.14	2.18	3.86	2.46	1.45	1.15	3.02	1.60	0.81
24	14.1	5.44	11.7	3.86	2.18	6.50	2.18	1.45	1.15	2.74	1.45	0.81
25	27.0	4.88	12.6	3.86	1.90	5.06	2.18	1.45	1.15	2.18	1.45	1.35
26	24.6	4.72	9.94	3.58	1.90	5.42	1.90	1.60	1.15	1.90	1.45	3.43
27	19.0	6.10	9.94	3.58	1.90	4.14	1.90	1.45	1.15	2.18	1.45	7.37
28	18.0	6.10	9.94	3.58	1.75	26.0	2.18	1.45	1.15	3.02	1.45	4.45
29	32.7		13.5	3.58	2.46	11.2	1.90	2.18	1.15	3.02	1.60	3.09
30	24.6		21.4	3.30	6.14	9.38	1.75	1.90	1.15	2.46	1.60	2.54
31	16.0		39.5		18.0		1.75	1.90		2.18		2.63
Сер.1	2.57	13.8	12.1	15.6	3.08	8.44	5.71	2.84	1.39	1.39	1.72	1.47
Сер.2	2.79	8.72	13.2	9.21	3.39	4.44	4.61	1.82	1.29	3.12	2.14	0.97
Сер.3	18.0	5.38	14.6	3.86	3.94	7.76	2.15	1.63	1.15	2.93	1.53	2.54
Серед	8.12	9.58	13.3	9.56	3.48	6.88	4.09	2.08	1.28	2.49	1.79	1.69
Макс	37.0	21.4	46.2	28.7	30.5	40.5	11.6	5.42	1.60	7.30	3.02	8.70
Мінім	1.40	4.32	4.55	3.30	1.75	2.74	1.60	1.30	1.15	1.09	1.45	0.66

	Найбільша		Найменша літнього		Найменша зимового періоду	
Серед:	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ня вит[вitra-]	дата	к-ть[вitra-]	дата	к-ть[вitra-]	дата	к-ть
рата та	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	перший останн.		перший останн.		перший останн.	

За рік (2009) | 5.36 | 46.2 | 31.03 | | 1 | 1.09 | 01.10 | | 1 | 1.40 | 13.01 | | 1 |

1953-2009 | 6.64 | 898 | 25.07.08 | | 1 | 0.10 | 19.08.53 | | 1 | 0.28 | 20.02.94 | | 1 |

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірив: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А.Т.ІІ Вип.2 2010р.

55 42130р.Сірет - м.Сторожинець

W=435 млн.куб.м

M=20.5 л/с кв.км

H=647 мм

F=672 кв.км

Число| Січень | Лютий | Березень| Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень| Жовтень |
Листопад| Грудень |

1	5.38	1.85	18.7	6.90	3.86	8.50	77.4	8.50	5.22	3.77	3.19	2.33
2	6.90	1.61	26.0	6.50	3.58	7.30	46.8	16.1	4.64	3.77	2.90	1.93
3	5.06	1.18	16.0	5.78	3.30	22.4	32.3	10.3	4.93	3.77	2.90	1.93
4	2.97	1.59	10.7	5.06	3.58	36.9	50.9	8.50	4.35	3.48	2.90	1.93
5	2.64	1.37	8.50	4.70	3.30	22.4	33.8	8.05	4.35	3.19	2.90	2.10
6	1.97	1.26	6.90	4.70	3.02	15.5	25.0	7.15	4.93	3.19	2.90	1.93
7	1.97	1.26	5.42	5.42	3.86	10.3	33.0	6.70	4.64	3.19	2.90	2.10
8	1.97	1.37	4.23	5.78	18.7	7.30	99.4	20.3	4.93	3.19	2.90	2.27
9	1.83	1.24	3.98	5.42	10.3	5.78	101	110	7.15	3.48	2.71	3.13
10	2.18	1.12	3.98	5.06	10.7	4.70	42.0	33.0	7.15	3.19	2.90	3.48
11	2.46	1.23	3.47	10.3	7.30	4.14	38.3	18.2	5.80	3.19	2.90	2.97
12	2.74	1.23	3.22	10.7	6.14	3.58	58.4	41.3	4.93	2.90	2.90	2.41
13	2.46	1.23	3.58	8.50	6.50	3.30	43.6	20.3	4.35	2.90	2.71	2.22
14	2.46	1.33	3.30	6.90	7.30	3.86	27.8	13.6	4.06	2.90	2.71	2.17
15	2.05	1.53	3.58	6.14	6.50	7.70	21.6	10.3	3.77	2.71	2.71	2.14
16	1.96	1.53	2.72	5.78	11.2	5.06	16.6	8.95	3.77	2.71	2.52	1.64
17	1.39	1.53	3.22	5.78	16.0	7.70	15.5	9.40	3.48	2.71	2.71	1.80
18	1.34	1.53	3.30	5.06	40.0	9.38	12.7	9.40	3.77	2.90	2.71	1.93
19	1.42	1.92	4.42	4.42	54.0	9.82	10.8	7.15	4.64	2.90	2.52	1.78
20	1.38	2.40	15.0	4.14	93.6	6.90	11.2	6.25	14.5	4.06	2.52	1.93
21	1.70	5.78	27.8	4.42	77.2	39.7	10.3	5.80	14.5	6.70	2.52	1.93
22	1.23	7.84	34.1	4.70	90.6	95.1	8.95	5.51	8.50	9.85	2.52	2.12
23	1.23	6.85	19.4	5.06	74.9	306	8.05	5.51	6.25	6.25	2.52	2.47
24	0.87	5.93	14.5	4.70	34.1	252	7.60	5.22	5.22	4.93	2.52	3.99
25	1.10	6.89	11.6	4.42	19.4	76.5	7.60	4.93	4.64	4.35	2.52	4.54
26	1.10	7.37	9.82	3.86	13.5	108	9.40	4.93	4.35	4.06	2.33	10.7
27	1.10	12.1	8.50	3.86	16.0	197	33.3	4.64	4.35	3.77	2.33	7.16
28	1.22	12.5	8.10	4.14	12.1	81.9	36.8	4.64	4.35	3.77	2.33	4.90
29	1.33		13.0	4.14	29.6	259	17.7	4.93	3.77	3.48	2.33	4.85
30	1.33		9.38	3.86	14.0	220	12.7	5.22	3.77	3.48	2.33	6.54
31	1.66		7.70		10.7		9.85	4.93		3.19		4.87

Сер.1	3.29	1.39	10.4	5.53	6.42	14.1	54.2	22.9	5.23	3.42	2.91	2.31
Сер.2	1.97	1.55	4.58	6.77	24.9	6.14	25.7	14.5	5.31	2.99	2.69	2.10
Сер.3	1.26	8.16	14.9	4.32	35.6	164	14.8	5.11	5.97	4.89	2.43	4.92

Серед	2.14	3.38	10.1	5.54	22.7	61.3	31.0	13.9	5.50	3.80	2.68	3.17
Макс	6.90	13.0	37.7	11.2	144	401	150	156	23.7	10.8	3.19	10.7
Мінім	0.83	0.96	2.72	3.58	3.02	3.02	7.15	4.35	3.48	2.71	2.33	1.16

	Найбільша		Найменша літнього		Найменша зимового періоду	
Серед-	дата	к-ть	дата	к-ть	дата	к-ть
ня вит/вitra-	та	вип.	та	вип.	та	вип.
рага та	перший	останн.	перший	останн.	перший	останн.

За рік (2010) | 13.8 | 401 | 23.06 | | 1 | 2.14 | 01.12 | | 1 | 0.66 | 17.12.09 | | 1 |

1953-2010 | 6.77 | 898 | 25.07.08 | | 1 | 0.10 | 19.08.53 | | 1 | 0.28 | 20.02.94 | | 1 |

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірів: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А Т.ІІ Вип.2 2011р.

		55 42130р.Сирет - м.Сторожинець										
		W=131 млн.куб.м			M=6.16 л/с кв.км			H=195 мм			F=672 кв.км	
Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	4.04	2.22	1.89	5.80	3.90	2.13	27.0	9.90	1.47	1.25	1.25	1.16
2	3.48	2.22	1.89	5.22	4.58	8.58	14.2	12.2	1.69	1.25	1.47	1.04
3	2.94	2.55	1.73	5.22	5.60	6.86	16.3	9.46	1.69	1.12	1.47	1.16
4	2.42	2.58	2.04	4.93	4.24	4.24	10.4	6.86	1.47	1.12	1.12	1.57
5	2.18	2.73	2.20	4.64	3.59	3.28	8.14	5.60	1.47	1.25	1.12	1.69
6	2.15	3.06	1.89	4.35	3.28	2.66	9.90	4.92	1.47	1.25	1.25	1.69
7	2.15	4.64	1.73	4.06	3.59	2.35	7.70	4.58	1.91	1.12	1.25	1.47
8	2.33	4.64	1.58	6.25	3.90	2.13	6.86	4.58	1.69	0.99	1.25	1.47
9	2.75	4.06	1.62	8.05	4.58	2.13	5.60	4.58	1.91	1.12	1.25	1.38
10	3.22	3.48	1.68	10.3	5.26	10.8	4.92	6.44	2.13	1.25	1.25	1.47
11	3.53	2.90	2.12	9.85	5.26	9.90	4.58	4.92	2.13	1.25	1.25	1.59
12	3.57	4.06	2.42	13.1	4.58	5.26	3.90	4.58	1.91	1.25	1.25	1.59
13	3.67	3.69	4.35	23.0	3.90	4.24	3.90	4.24	1.47	1.47	1.12	1.47
14	3.99	2.78	5.22	21.6	3.90	5.26	3.90	4.24	1.25	1.47	1.47	1.47
15	4.93	2.92	5.80	23.7	3.59	4.58	3.59	3.59	1.25	1.25	1.25	1.47
16	16.4	2.07	9.85	21.6	3.28	3.59	3.59	2.97	1.25	1.47	1.47	1.69
17	14.1	2.04	8.05	14.7	3.59	3.28	4.24	2.66	1.25	1.47	1.25	1.47
18	8.95	2.04	9.40	12.2	3.28	2.97	3.59	2.66	1.25	1.47	1.38	1.69
19	6.70	2.04	8.95	11.3	3.28	2.66	4.24	2.35	1.25	1.47	1.47	1.57
20	5.80	2.04	7.60	10.8	2.97	3.28	3.28	2.35	1.25	1.47	1.18	1.54
21	5.51	2.04	6.25	8.58	3.28	2.66	3.28	2.13	1.12	1.47	1.18	1.50
22	4.93	1.89	5.22	7.28	3.28	2.35	4.58	2.35	1.12	1.47	1.47	1.47
23	4.64	1.89	5.22	6.86	2.97	2.13	3.59	2.97	1.12	1.47	1.25	1.45
24	4.06	1.89	4.93	6.02	2.97	2.35	2.97	2.35	1.25	1.47	1.25	1.25
25	3.94	1.89	4.93	5.26	2.97	2.97	2.97	1.91	1.25	1.47	1.18	1.25
26	3.86	1.89	4.64	4.92	3.28	5.60	3.28	1.47	1.12	1.25	1.18	1.42
27	4.05	1.89	5.80	4.58	2.97	3.28	3.90	1.47	1.12	1.25	1.25	1.60
28	3.43	1.73	6.25	3.90	2.66	3.90	4.24	1.69	1.25	1.25	1.47	1.60
29	2.87		9.40	3.90	2.35	60.6	3.90	1.69	1.25	1.25	1.16	1.60
30	2.58		8.05	3.90	2.35	35.3	59.4	1.69	1.25	1.25	1.16	1.42
31	2.38		6.70		2.13		16.8	1.47		1.25		1.23
Сер.1	2.77	3.22	1.83	5.88	4.25	4.52	11.1	6.91	1.69	1.17	1.27	1.41
Сер.2	7.16	2.66	6.38	16.2	3.76	4.50	3.88	3.46	1.43	1.40	1.31	1.56
Сер.3	3.84	1.89	6.13	5.52	2.84	12.1	9.90	1.93	1.19	1.35	1.26	1.44
Серед	4.57	2.64	4.82	9.20	3.59	7.04	8.35	4.03	1.43	1.31	1.28	1.47
Макс.	17.8	4.64	9.85	29.3	5.60	72.0	118	13.2	2.13	1.47	1.47	1.69
Мінім	1.61	1.60	1.46	3.59	1.91	1.91	2.66	1.25	1.12	0.99	1.04	1.04
Найбільша		Найменша літнього			Найменша зимового періоду							
Серед-	-----											
ня вит вitra-	дата	к-ть вitra-	дата	к-ть вitra-	дата	к-ть вitra-	дата	к-ть				
рата	та	----- вип.	та	----- вип.	та	----- вип.	та	----- вип.				
	перший	останн.	перший	останн.	перший	останн.	перший	останн.				
За рік (2011)		4.14	118	30.07	1	0.99	07.10	09.10	3	1.16	17.12.10	1
1953-2011		6.72	898	25.07.08	1	0.10	19.08.53	1	0.28	20.02.94	1	
Склад: Ткачук.І.І.				Перевірів: Іванова Н.О.								

Таблиця І.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А.Т.П.Вип.2 2012р.

55		42130р.Сірет - м.Сторожинець										
W=100 млн.куб.м		M=4.72 л/с кв.км					H=149 мм			F=672 кв.км		
Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	1.06	0.68	1.47	5.60	4.24	4.58	1.91	3.28	0.73	0.85	0.95	0.95
2	1.47	0.59	1.81	4.92	3.90	4.24	1.91	3.28	0.73	0.85	0.95	0.95
3	1.37	0.59	6.35	4.24	3.59	3.90	1.69	2.13	0.86	0.85	0.95	1.05
4	1.16	0.66	5.09	3.90	3.59	3.59	1.47	1.69	0.86	1.28	0.95	1.05
5	1.69	0.58	3.89	4.58	4.24	3.28	1.47	1.91	0.73	1.05	0.95	1.02
6	1.91	0.51	3.39	6.86	3.90	22.0	1.25	1.91	0.73	0.85	1.05	0.98
7	1.69	0.58	2.62	8.58	3.28	15.2	1.25	1.47	0.73	0.75	1.51	0.84
8	1.13	0.58	2.15	7.28	2.97	9.46	1.12	1.25	0.73	0.85	1.51	0.72
9	1.32	0.51	1.73	7.70	2.66	6.86	1.12	1.12	0.73	0.95	1.28	0.69
10	1.32	0.51	1.75	7.28	2.97	6.02	2.35	0.99	0.73	1.05	1.28	0.66
11	1.13	0.59	1.77	11.7	2.35	44.5	4.92	1.12	0.73	1.05	1.28	0.57
12	1.01	0.52	1.97	11.3	2.35	13.7	2.66	1.47	0.73	0.95	1.05	0.56
13	1.12	0.52	2.26	9.90	2.35	9.46	2.13	1.91	0.73	0.95	1.28	0.55
14	1.08	0.53	3.98	9.02	3.59	6.86	1.91	2.35	0.60	0.95	1.51	0.54
15	1.04	0.55	10.6	9.02	4.24	5.60	1.47	2.35	0.60	0.95	1.97	0.54
16	0.87	0.57	9.46	8.58	3.90	4.24	1.69	2.13	0.60	0.85	1.74	0.61
17	0.83	0.50	9.46	9.02	5.60	3.90	2.13	1.69	0.60	0.85	1.28	0.64
18	0.90	0.53	11.3	7.70	5.26	2.97	1.91	1.47	0.60	0.85	1.05	0.62
19	0.86	0.94	13.2	16.8	3.90	2.66	1.47	1.12	0.60	0.85	1.05	0.54
20	0.72	1.10	16.3	29.3	3.59	2.66	1.25	1.12	0.73	0.85	1.05	0.54
21	0.80	0.94	11.7	16.8	3.28	2.35	1.25	1.12	1.47	0.75	1.05	0.46
22	0.86	1.10	12.7	11.3	2.66	2.66	1.25	0.99	3.56	0.75	0.95	0.46
23	0.75	1.10	13.2	9.02	2.66	2.97	1.47	0.86	1.97	0.75	0.95	0.53
24	0.83	1.27	10.8	7.28	7.70	2.66	1.47	0.86	1.51	0.75	0.95	0.53
25	0.64	1.79	10.4	6.86	51.5	2.66	1.25	0.86	1.05	0.75	0.95	0.53
26	0.64	2.96	9.46	15.2	14.7	3.90	1.12	0.86	1.05	0.75	0.95	0.67
27	0.63	3.48	7.28	9.90	10.4	2.66	2.97	0.86	0.95	0.75	0.95	1.22
28	0.63	2.26	6.02	7.28	7.28	2.35	2.66	0.99	0.85	0.85	0.95	2.02
29	0.72	1.62	4.92	6.02	6.02	2.35	1.91	0.99	0.85	0.85	0.95	3.21
30	0.71		5.60	5.26	4.92	2.13	1.47	0.99	0.95	0.95	0.95	3.44
31	0.69		5.60		4.92		1.47	0.86		0.95		3.21
Сер.1	1.41	0.58	3.03	6.09	3.53	7.91	1.55	1.90	0.76	0.93	1.14	0.89
Сер.2	0.96	0.64	8.03	12.2	3.71	9.66	2.15	1.67	0.65	0.91	1.33	0.57
Сер.3	0.72	1.84	8.88	9.49	10.5	2.67	1.66	0.93	1.42	0.80	0.96	1.48
Серед	1.02	0.99	6.72	9.27	6.08	6.75	1.79	1.48	0.94	0.88	1.14	1.00
Макс	1.91	3.74	18.5	35.3	105	65.7	6.02	5.60	3.90	1.51	2.20	3.44
Мінім	0.63	0.41	1.47	3.59	2.13	1.91	1.12	0.73	0.60	0.75	0.85	0.46

Найбільша Найменша літнього Найменша зимового періоду												
Серед -----												
ня вит вitra- дата к-ть вitra- дата к-ть вitra- дата к-ть												
рата та ----- вип. та ----- вип. та ----- вип.												
перший останн. перший останн. перший останн.												

За рік (2012) 3.17 105 25.05 1 0.60 13.09 20.09 8 0.41 17.02.12 1												

1953-2012 6.66 898 25.07.08 1 0.10 19.08.53 1 0.28 20.02.94 1												

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірів: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А Т.П Вип.2 2013р.

55 42130р.Сірет - м.Сторожинець

W=149 млн.куб.м

M=7.05 л/с кв.км

H=222 мм

F=672 кв.км

Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	2.97	1.15	3.51	23.0	3.90	3.22	6.02	5.60	2.20	3.22	1.51	1.91
2	2.73	1.36	4.12	30.0	3.56	5.60	5.26	2.54	1.97	2.88	1.51	1.89
3	2.02	2.88	4.43	30.8	3.56	4.92	4.24	1.05	2.20	2.88	1.51	1.89
4	2.02	3.80	4.92	56.8	3.22	6.44	3.90	1.28	1.74	2.54	1.51	1.43
5	2.49	2.48	4.12	50.9	2.88	6.02	3.90	1.28	1.74	2.54	1.51	1.43
6	1.38	3.47	4.12	36.0	2.88	7.28	4.24	1.28	1.51	2.20	1.51	1.65
7	1.22	3.94	5.60	26.3	2.88	7.70	6.02	1.28	1.05	2.20	1.51	1.65
8	0.90	3.90	10.8	19.7	2.88	10.4	4.58	1.05	1.05	2.20	1.51	1.43
9	0.67	3.56	18.5	15.7	2.54	9.02	3.56	1.05	1.05	1.97	1.51	1.00
10	0.46	3.22	31.5	14.7	2.54	7.28	2.88	1.05	1.05	1.97	1.51	1.00
11	0.39	3.22	27.0	25.0	2.54	6.44	2.54	1.05	0.95	1.97	1.51	0.90
12	0.39	2.59	24.3	21.6	2.20	7.70	2.88	1.05	1.05	1.51	1.97	1.65
13	0.39	1.98	22.3	16.8	1.97	6.44	3.56	0.95	1.97	1.51	3.22	1.91
14	0.39	2.20	22.3	16.3	1.97	6.02	2.88	0.95	3.22	1.74	2.88	1.97
15	0.39	2.20	17.3	17.3	4.92	4.92	2.54	0.95	1.97	1.74	1.97	1.97
16	0.39	1.69	9.36	15.2	44.8	4.92	2.88	1.05	1.74	1.97	1.97	1.97
17	0.39	1.69	7.72	11.3	13.2	4.24	2.88	1.05	1.51	2.20	1.74	1.74
18	0.39	1.50	6.55	9.46	7.70	3.56	2.20	0.95	3.56	2.88	1.74	1.60
19	0.39	1.50	7.70	8.58	6.02	3.22	1.97	0.95	8.14	3.56	1.74	1.34
20	0.39	1.69	9.46	7.70	5.26	2.88	2.20	0.95	6.86	2.88	1.74	1.33
21	0.39	1.69	14.2	7.28	6.02	2.54	3.22	0.85	5.26	2.54	1.51	1.33
22	0.39	1.69	13.7	6.86	4.92	2.54	1.97	0.85	4.24	2.20	1.51	1.33
23	0.60	1.69	10.5	6.44	4.92	2.54	1.74	0.85	4.92	1.97	1.51	1.13
24	0.90	1.77	10.2	5.60	6.44	2.88	1.74	0.95	4.24	1.97	1.51	1.33
25	0.67	2.20	8.51	5.26	8.14	3.56	1.51	0.95	4.92	1.97	2.20	1.33
26	0.39	1.97	8.14	4.92	6.86	12.2	1.51	1.05	6.02	1.97	5.60	1.36
27	0.39	1.98	6.86	4.58	6.02	14.2	1.51	1.51	6.44	1.51	4.24	1.39
28	0.39	2.59	6.44	4.58	4.92	16.8	1.28	1.97	7.28	1.51	3.22	1.51
29	0.40	5.60	4.24	4.24	11.7	1.28	2.20	4.92	1.51	2.88	1.51	
30	0.47	5.60	3.90	3.56	7.70	1.28	4.24	3.90	1.51	2.20	1.51	
31	0.63	6.44	3.22	4.58	3.56	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	
Сер.1	1.69	2.98	9.16	30.4	3.08	6.79	4.46	1.75	1.56	2.46	1.51	1.53
Сер.2	0.39	2.03	15.4	14.9	9.06	5.03	2.65	0.99	3.10	2.20	2.05	1.64
Сер.3	0.51	1.95	8.74	5.37	5.39	7.67	1.97	1.73	5.21	1.83	2.64	1.39
Серед	0.85	2.34	11.0	16.9	5.83	6.50	2.99	1.49	3.29	2.15	2.07	1.51
Макс.	3.21	4.65	32.3	72.9	79.2	17.3	8.14	6.44	8.14	3.56	6.02	1.97
Мінім	0.39	0.97	3.20	3.90	1.97	2.20	1.28	0.85	0.95	1.51	1.28	0.81

	Найбільша			Найменша літнього			Найменша зимового періоду					
Серед-	дата	к-ть	дата	к-ть	дата	к-ть	дата	к-ть				
вита-	вита-	вита-	вита-	вита-	вита-	вита-	вита-	вита-				
дата	та	та	та	та	та	та	та	та				
	перший	останн.	перший	останн.	перший	останн.	перший	останн.				
За рік (2013)	4.74	79.2	16.05	1	0.85	21.08	24.08	4	0.39	11.01	28.01	16

1953-2013 | 6.63 | 898 | 25.07.08 | 1 | 0.10 | 19.08.53 | 1 | 0.28 | 20.02.94 | 1 |

Склад: Ткачук.І.І.

Перевірів: Іванова Н.О.

Таблиця 1.3 Витрата води , куб.м/с

Форма А Т.ІІ Вип.2 2014р.

55 42130р.Сірет - м.Сторожинець

W=135 млн.куб.м	M=6.38 л/с кв.км				H=201 мм				F=672 кв.км			
Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	1.51	0.83	5.60	4.58	3.22	18.5	2.10	4.62	1.42	1.15	2.10	1.13
2	1.51	0.83	5.60	4.24	3.22	21.6	2.10	3.90	1.42	1.20	3.54	1.13
3	1.51	0.83	4.92	3.56	3.22	16.3	2.46	2.10	1.25	1.76	3.90	0.90
4	1.51	0.83	4.58	3.56	3.22	32.3	2.46	1.93	1.25	2.46	3.90	0.95
5	1.51	0.83	4.58	3.56	4.24	23.7	2.46	2.82	1.20	1.76	3.90	1.04
6	1.51	0.83	5.26	3.56	4.58	15.2	1.93	4.62	1.20	1.59	3.18	1.28
7	1.51	0.83	6.86	3.22	3.90	10.8	1.93	2.46	1.20	1.59	1.76	1.13
8	1.51	1.01	9.02	2.88	3.22	8.58	1.93	2.10	1.20	1.25	1.59	1.13
9	1.51	1.37	7.28	2.88	2.88	6.90	1.76	2.10	1.20	1.25	1.59	1.13
10	1.51	2.54	6.44	3.56	2.54	6.10	2.46	1.93	1.15	1.20	1.59	1.08
11	1.51	3.12	5.26	5.60	2.88	5.34	3.18	1.93	1.20	1.15	1.59	1.20
12	1.51	4.03	4.92	9.02	3.22	4.62	2.82	1.59	1.25	1.15	1.59	1.42
13	1.51	4.76	4.58	8.14	2.88	4.62	3.18	1.42	1.20	1.15	1.59	1.59
14	1.36	6.11	4.24	8.14	2.88	4.62	3.18	1.42	1.20	1.15	1.42	1.76
15	0.95	7.16	3.90	8.14	60.8	3.90	2.10	1.59	1.10	1.15	1.42	2.82
16	1.15	7.70	3.90	7.70	98.6	3.90	1.93	1.59	1.10	1.25	1.42	2.82
17	1.15	8.14	4.24	7.70	36.8	3.54	2.10	1.59	1.10	1.42	1.59	2.82
18	1.15	12.2	4.58	7.28	21.6	3.54	2.82	1.42	1.10	2.46	1.59	2.82
19	1.28	10.4	4.58	7.28	14.7	3.54	2.82	1.42	1.10	6.90	1.59	3.18
20	1.28	10.4	4.58	8.14	12.2	3.18	2.46	1.42	1.10	3.90	1.59	3.90
21	1.36	11.3	4.24	7.28	10.4	2.46	2.46	1.42	1.10	3.18	1.76	5.70
22	1.28	9.46	3.90	6.86	8.14	2.46	2.10	1.42	1.15	3.54	1.76	4.62
23	0.78	9.46	3.56	5.26	6.50	2.46	17.9	1.42	1.20	2.46	1.76	3.90
24	0.68	12.7	3.56	4.92	5.70	2.46	23.2	1.42	1.20	3.54	1.76	3.90
25	0.59	10.4	3.56	6.02	4.98	2.46	9.90	1.59	1.20	7.30	1.76	3.18
26	0.51	8.14	5.60	4.92	4.62	2.10	6.90	1.76	1.15	5.34	1.76	2.46
27	0.51	6.86	8.14	4.58	4.98	6.90	6.50	1.42	1.15	4.26	1.59	2.82
28	0.59	6.02	7.28	3.90	9.46	4.26	6.10	1.93	1.15	4.26	1.59	1.93
29	0.83	6.44	3.56	7.30	2.82	3.90	3.18	1.15	3.54	1.42	1.81	
30	0.83	5.60	3.22	7.70	2.10	3.18	1.93	1.15	3.18	1.28	1.62	
31	0.83	4.92	11.7	3.18	1.76	2.10	0.91					
Сер.1	1.51	1.07	6.01	3.56	3.42	16.0	2.16	2.86	1.25	1.52	2.71	1.09
Сер.2	1.29	7.40	4.48	7.71	25.7	4.08	2.66	1.54	1.15	2.17	1.54	2.43
Сер.3	0.80	9.29	5.16	5.05	7.41	3.05	7.76	1.75	1.16	3.88	1.64	2.99
Серед	1.19	5.68	5.22	5.44	12.0	7.71	4.31	2.04	1.18	2.57	1.96	2.20
Макс.	1.51	13.2	9.02	9.02	195	36.0	37.5	4.98	1.42	7.70	4.62	5.70
Мінім	0.51	0.83	3.22	2.88	2.54	2.10	1.76	1.25	1.10	1.15	1.28	0.90
			Найбільша		Найменша літнього		Найменша зимового періоду					
Серед-												
ня вит	вitra-	дата	к-ть вitra-	дата	к-ть вitra-	дата	к-ть					
рата	та	-----	вип.	та	-----	вип.	та	-----	вип.			
		перший останн.		перший останн.		перший останн.						
За рік (2014)	4.29 195 16.05		1 1.10 15.09 21.09 7 0.51 25.01 28.01 4									
1953-2014	6.59 898 25.07.08		1 0.10 19.08.53		1 0.28 20.02.94		1					
Склад: Ткачук.І.І.			Перевіриє: Іванова Н.О.									