

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: ДОВГОСТРОКОВИЙ ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ
ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ Р. СУЛА

Виконав студент групи ГО-18
спеціальності 103 Науки про Землю
Бовдуй Віктор Володимирович

Керівник
д-р геогр. наук, проф.
Шакірзанова Жаннетта Рашидівна

Рецензент д-р геогр. наук, проф.
Хохлов Валерій Миколаївич

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

Шакірманова Ж.Р.

“ 02 ” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Бовдюю Віктору Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Сула

керівник роботи Шакірманова Жаннетта Рашидівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “06” квітня 2021 року №43 «С» (зміни до
Наказу від “21” грудня 2021 року №267 «С»)

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи багаторічні та щорічні гідрометеорологічні дані в басейні р. Сула (запаси води у сніговому покриві, опади періоду весняного водопілля, глибини промерзання ґрунту, температури повітря, витрати (рівні) води), морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1)

вивчення природних умов формування весняних водопіль в басейні р. Сула, аналіз водного режиму весняного водопілля та гідрологічних ризиків при підтопленні території;

2) встановлення основних гідрометеорологічних чинників весняного водопілля річок в басейні р. Сула;

3) викладення методичних основ методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Сула;

4) принципи роботи автоматизованого програмного комплексу «Сейм» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні р. Сула;

5) картографічна форма представлення прогностичних величин та їх забезпеченості для передчасної оцінки максимальних витрат води в річках під час весняного водопілля.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Фізико-географічна картосхема басейну р. Сула, карта ґрунтів і рослинності, гідрографічна мережа р. Сула, гідрометеорологічна вивченість території, графік перевищення позначок НЯ в період весняного водопілля в басейні р. Сула, картосхема максимальних запасів води в сніговому покриві,

картосхема максимальних глибин промерзання ґрунтів, картосхема розподілу модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля 2021-2022 р. та їх забезпеченостей.
Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02 березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вивчення фізико-географічних умов формування стоку весняного водопілля річок в басейні р. Сула.	02.03-07.03	80	добре
2	Основні гідрометеорологічні чинники формування характеристик стоку весняного водопілля в басейні р. Сула	8.03-11.03	80	добре
3	Методика територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного в басейні р. Сула.	12.03-16.03	75	добре
4	Принципи роботи автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні р. Сула.	17.03-20.03	75	добре
	Рубіжна атестація			
5	Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Сула. на основі комп'ютерного комплексу «СЕЙМ».	23.05-26.05	70	добре
6	Картографічна форма представлення прогностичних величин та їх забезпеченості для передчасної оцінки максимальних витрат води в річках під час весняного водопілля	27.05-31.05	70	добре
7	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	1.06-5.06		
8	Перевірка роботи на плагіат	05.06-07.06		
9	Підготовка доповіді, презентації	07.06-14.06		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75	добре

Студент



(підпис)

Бовдуй В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Шакірзанова Ж.Р.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Вступ.....	6
1	Природні умови формування весняних водопіль в басейні р. Сула.....	7
	1.1 Географічне положення та рельєф.....	8
	1.2 Ґрунтовий і рослинний покрив.....	10
	1.3 Кліматичні умови.....	13
	1.4 Характеристика водного режиму весняного водопілля.....	17
	1.5 Гідрометеорологічна вивченість.....	20
	1.6 Гідрологічні ризики при підтопленні територій	21
2	Основні гідрометеорологічні чинники та методика прогнозу стоку весняного водопілля річок в басейні р. Сула.....	24
	2.1 Сніговий покрив, льодяна кірка на поверхні ґрунту і кількість рідких опадів в період весняного водопілля.....	24
	2.2 Вологість та промерзання ґрунту.....	26
	2.3 Теоретичні основи прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок.....	29
3	Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля.....	31
	3.1 Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів	31
	3.2 Розрахунки статистичних параметрів за методом найбільшої правдоподібності.....	36
	3.3 Статична обробка рядів максимальних витрат і шарів весняного водопілля водопілля в басейні р. Сула.....	38
4	Практичне використання методики і схема складання прогнозу прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні р. Сула за програмним комплексом «СЕЙМ»	42
	4.1 Методичні основи методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок	

басейну р. Сула.....	42
4.2 Комп'ютерний комплекс «СЕЙМ».....	48
4.2.1 Організація бази даних у комп'ютерному комплексі...	48
4.2.2 Відновлення оперативної інформації по метеостанціях і гідрологічних постах.....	53
4.2.3 Схема прогнозу максимальних модульних коефіцієнтів витрат води весняного водопілля у автоматичному режимі.....	56
4.2.4. Результати прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля та оцінка прогнозів.....	58
4.2.5 Автоматична побудова картосхем очікуваних максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля та їх забезпеченості.....	57
4.3 Схема складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р.....	61
Висновки.....	69
Список літератури.....	71
Додатки.....	73

ВСТУП

Актуальність – у гідрологічному режимі більшості рівнинних річок України й зокрема басейну р. Сула, саме весняне водопілля відноситься до характерної багатоводної фази. Весняне водопілля супроводжується підйомом рівня води, та виходом її у заплаву. При цьому, максимальні витрати води найбільш швидко формується, зазвичай на невеликих річках, на яких часто відсутні систематичні спостереження за річковим стоком.

В мовах змін клімату й водного режиму весняного водопілля річок постає завдання можливості оцінки характеристик максимального стоку у подальші роки в розрахункових прогностичних методиках.

Мета дослідження – здійснити аналіз гідрометеорологічних чинників та ознайомлення з методикою прогнозу стоку весняного водопілля річок, використання автоматизованого програмного комплексу «Сейм» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Сула.

Методи досліджень – аналіз природних гідрометеорологічних чинників весняного водопілля; методика територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок.

Практична значимість – результати роботи будуть використані при довгостроковому прогнозуванні максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сула.

Робота відповідає напряму наукового дослідження кафедри гідрології суші «Регіональні наукові дослідження в області гідрологічних розрахунків і прогнозів водного режиму річок і водойм України» № ДР 0118u001221 (2018-2022 рр.).

Апробація результатів – основні результати будуть представлені на науковій студентській конференції ОДЕКУ 2021-2022 н. р. Підготовлено доповідь з презентацією та тези і статтю (у співавторстві) по результатах конференції.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ В БАСЕЙНІ Р. СУЛА

Основні риси гідрографічної мережі в досліджуваному районі обумовлені комплексом фізико-географічних чинників, серед яких першо-ступеневу роль відіграють рельєф, кліматичні умови, геологічна будова і гідрогеологічні особливості території.

Територія описуваного району розташована в лісостеповій зоні. Сула є одна з найбільших річок Середнього Дніпра (рис. 1.1). Після закінчення будівництва Кременчуцького водосховища довжина р. Сула довжина цієї річки зменшилися в середньому на 52 км, що вплинуло на зміну загальної площі басейну.

Ширина долини складає до 14 км. Щільність гідрографічної мережі басейну річки складає 0,31-0,50 км/км [1], [2].

Географічні координати центрів водозборів та морфометричні і гідрографічні характеристики в басейні річки Сула представлені в дод. А.1.



Рисунок 1.1 – Картосхема географічного положення басейну річки Сула [3]

1.1 Географічне положення та рельєф

Формування рельєфу Придніпровської або Лівобережної низовини обумовлено геологічною будовою території, впливом зовнішніх процесів, з яких головними є акумулятивна та ерозійна діяльність льодовика максимального (дніпровського) заледеніння і водних потоків в річкових долинах і на їх схилах [1].

Витік річки знаходиться на південно-західних схилах Середньоруської височини біля села Сула (Сумський район Сумської області, Україна). Тече в західному напрямку по території Білопільського, Недригайлівського та Роменського районів Сумської області протягом 152 км. Далі повертає на південний захід і протікає по території Лохвицького, Лубенського, Хорольського, Оржицького, Семенівського та Глобинського районів Полтавської області протягом 213 км. Перетинаючи Полтавське плато і Придніпровську низовину, впадає в Дніпро (Кременчуцьке водосховище) на відстані 628 км від гирла останнього, біля села Дем'янівка (Семенівський район Полтавської області), утворюючи дельту з численними островами. За дельтою протягом 11 км проходить кордон Полтавської та Черкаської областей. Велика частина нижньої течії та дельти покрита плавнями [1].

Долина річки трапецевидна, асиметрична. Ширина від 0,4-0,5 км у верхів'ях до 10-11 км (максимум до 15 км) в нижній течії. На ділянці між гирлами приток Лохвиця та Удай долина звужується до 4 км. Озер уздовж Сули – 32,0 км², боліт – 1300,0 км². Заплава річки часто заболочена, зустрічаються торфовища. Русло на всьому протязі звивисте, місцями розгалужене. У верхній і середній течії є низкою глибоких ям (плес), з'єднаних між собою вузькими протоками. Ширина русла від 10 до 75 метрів, на плесах до 250 метрів. Глибина від 1,5 до 3,5 метрів, на плесах до 6,0 метрів. Дно мулисте, в місцях з високими обривистими берегами – тверде, глиниста, клинчасте. Ухил річки – 0,2 м/км. Течія швидка, його швидкість подекуди сягає 0,6 км/год. Середня витрата води в 106 км від гирла (Оржиця) – 29 м³/с. Людство з середини грудня до другої

половини березня. Живлення річки змішане. Завдяки холодним підземних джерел вода в річці прозора, її середня річна температура на 3°C нижче, ніж в інших річках. Завдяки цій особливості, цвітіння води настає значно пізніше і триває з середини серпня до середини вересня. Вода багата мінералами і йодом. Мінералізація води становить: весняна повінь – 659 мг/дм³; літньо-осіння межень – 812 мг/дм³; зимова межень – 871 мг/дм³.

Після закінчення будівництва Кременчуцького водосховища довжина р. Сула скоротилася на 52 км (з 415 до 363 км), площа басейну річки скоротилася з 19,6 тис. км² до 18,5 тис. км². В результаті затоплення повністю зникла права притока - Ревучий (11 км), а колишня ліва притока Сули – Крива Руда (55 км) нині впадає безпосередньо в р. Дніпро.

Карта рельєфу басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) представлено на рис. 1.2 [3].

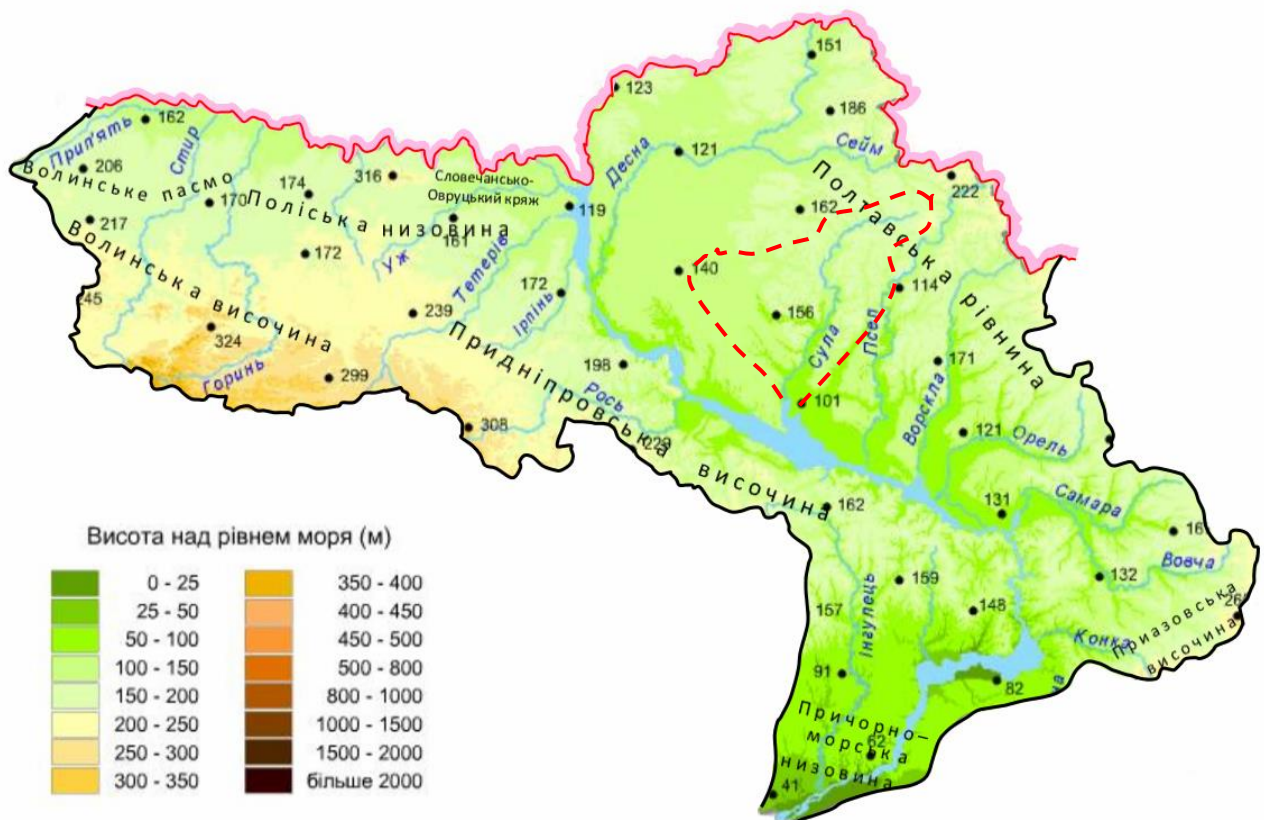


Рисунок 1.2 – Карта рельєфу басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) [3]

1.2 Ґрунтовий і рослинний покрив

Найбільш стародавніми породами, залягаючими вище базису ерозії є породи докембрійського віку, які відносять до нижнього докембрію (нижнього архею), середнього докембрію (верхнього архею) та верхнього докембрію (протерозою).

Нижній докембрій, по Н.П. Семененко, охоплює бугсько-дніпровські гнейсові серії та бугсько-подольські інтрузивні комплекси першого інтрузивного циклу. До середнього докембрію інгуло-унгулецька гнейсова серія, яка складається з нижньої талькової світи, середньої світи та верхньої сланцевої світи.

Верхній докембрій включає овручську серію, дніпровсько-боковянській комплекс третього інтрузивного циклу, коротенький комплекс четвертого інтрузивного циклу та приазовський лужний комплекс п'ятого інтрузивного циклу. Палеогенові відкладення покривають майже усю Дніпровсько-Донецьку западину. В основі цих відкладень залягають відкладення каневської світи – зеленувато-сірі глауконітові піски зі стягненнями фосфоритів і з горизонтом щільною опокою, які поширені в межах більшої частини цієї западини.

Дніпровсько-Донецька западина являє собою область значного занурення поверхні кристалічного фундаменту до 11-12 км. В її межах виділяються схили Українського кристалічного щита та Воронежського масиву.

В межах западини, як і на схилах западини спостерігається відповідність між характером відносної деформованості та структурними особливостями, виявленими геологічними та геофізичними методами [1], [4].

На повздовжньому профілі Сули виділяються Роменська, Свиридовська, Сенченська, Исачковсько-Солинська деформації.

Незначна висота Роменської деформації, приуроченої до солянокупельної структури, пояснюється поперед усього меншою інтенсивністю її підняття в голоцені. Привертає на себе увагу те, що ширина пойми вище і нижче структури майже не змінюється, а розширення долини

вище розвитку структуру відбувається головним чином шляхом збільшення ширини надпойменної тераси, під час формування якої відбувались більш інтенсивні підняття.

Виникнення найбільш значущих відносних деформацій в долини р. Сула – Свірівської та Сеченської зв'язується з тектонічною активністю Свірівського структурного виступу та Пісочненського соляного штока.

Найбільш випукла ділянка профілю р. Сула між м. Лохвице та с. Сенчей. На топографічному повздовжнім профілю р. Псел виділяють наступні відносні деформації: Каменська, Гадячська, Савинцовська, Остап'євська.

На лівобережній височини рівнині (Полтавсько-Сумсько-Харківськом плато) усюди за виключенням терас глини підстиляються потужним ярусом кварцових тонкозернистих пісків, а ті, своєю чергою палеогеновими глинисто-пісчаними, переважно глауконітовими породами.

Карта ґрунтового покриву басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) представлено на рис. 1.3 [3].



* Продовження в додатку А.2

Рисунок 1.3 – Карта ґрунтового покриву басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) [3]

Природна рослинність басейна Середнього Дніпра (лісостепового), яка в минулому була представлена чергуючимися між собою лісами та луговими степами більшою частиною була знищена, а решта дуже порушена та видозмінена (рис. 1.4). Ліса представлені 6 формаціями: дубовою, дубово-грабовою, сосновою, дубово-сосновою, грабовою та ольховою. Серед них переважають сухі та свіжі гігротопи [1], [4].

Дубові ліси складають 55% всіх лісів території. Дубово-соснові – 20%. Соснові – 10%. Дубово-грабові – 10%. Ольхові – 5%.

Малий вміст рухомого калію 3,3-4,2 мг на 100 г ґрунтів профілі характеризуються ґрунтів є причиною його високу ефективність ґрунтів.

Карта рослинного покриву басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) представлено на рис. 1.4 [3].



* Продовження в додатку А.3

Рисунок 1.4 – Карта рослинного покриву басейну р. Сула (в межах басейну Дніпра, на території України) [3]

Висока кислотність, низькі запаси поживних речовин, ослаблені мікробіологічні процеси, незадовільний водний режим ставить їх в ряд ґрунтів низького природної родючості.

Ці ґрунти вкрай потребують високі дози органічних і мінеральних добрив, сидератів. Для усунення кислотності рекомендується мергель.

1.3 Кліматичні умови

На території України розподіл температури зумовлений географічним положенням, радіаційним режимом, циркуляцією атмосфери та підстильної поверхнею. Вплив кожного з них протягом року не рівнозначний, що спричиняє значні температурні контрасти. У зимовий сезон температурний режим (рис. 1.5) формується під впливом циркуляції атмосфери і пов'язаної з нею адвекції повітря [5].

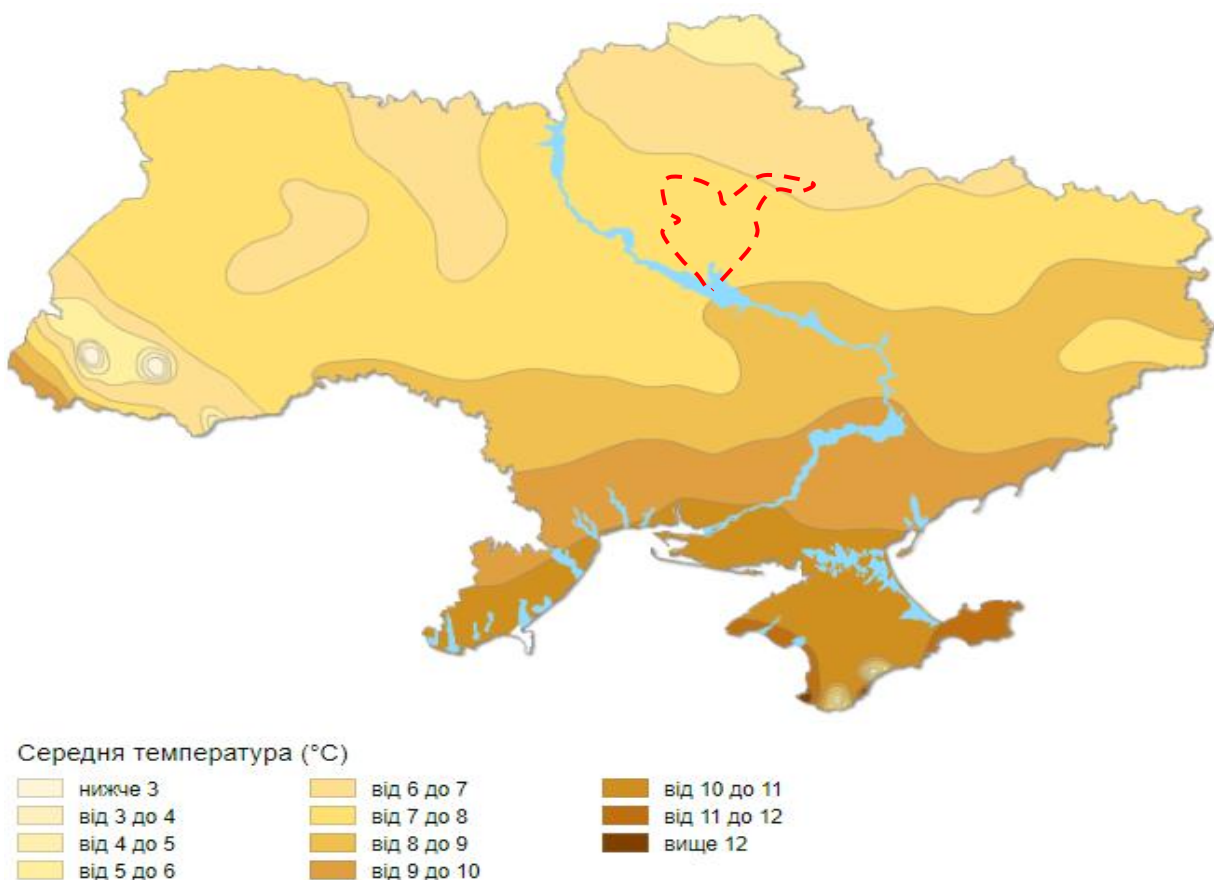


Рисунок 1.5 – Середня температура повітря (рік), °С, в басейні р. Сула [3]

Одним із основних показників температурного режиму є середня місячна температура повітря, що характеризує загальний температурний фон території, що наведені у табл. 1.1.

Грудень – найтепліший місяць зими, середня температура від’ємна. Найхолоднішим м’ящем за рік є лютий.

У таблиці 1.2 наведена зміна середньої місячної температури повітря від місяця до місяця.

Таблиця 1.1 – Повторюваність (%) найнижчої середньої температури повітря за окремі місяці [6]

Станція	XII	I	II	III
Кременчуг	22,4	39,3	37,4	0,9
Суми	20,4	42,9	35,7	1,0

Таблиця 1.2 – Зміна середньої місячної температури повітря (°C) від місяця до місяця [6]

X-I	III-II	IV-III	V-IX	VI-V	VII-VI	VIII-VII	IX-VIII	X-IX	XI-X	XII-XI	I-XII
Кременчуг											
1,3	5,2	8,9	6,6	3,3	1,4	-0,7	-5,1	-6,7	-6,1	-4,6	-3,5

У цьому районі в середньому опадає до 600 мм опадів (рис. 1.6), з яких максимум (70) в червні та мінімум у жовтні (40).

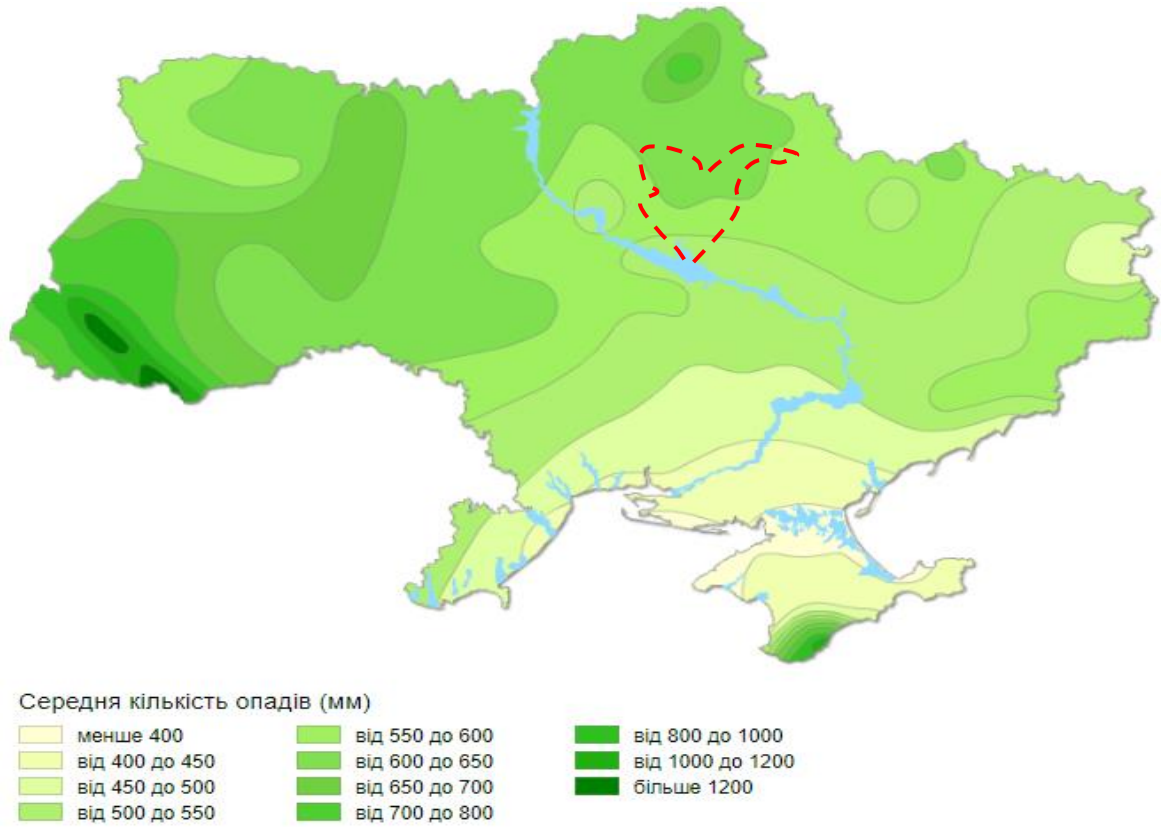


Рисунок 1.6 – Середня кількість опадів за рік, мм, в басейні р. Сула [3]

Кількість опадів характеризується заввишки шару води в мм, що утворилися на горизонтальній поверхні від випадіння дощу, мряки, щедрих ріс і туману, снігу, що розтанув, граду і снігової крупи за відсутності стоку, просочування і випару.

Сніжний покрив коливався від 8 до 48 см в висоту (рис. 1.7), середні запаси води якого склали 51 мм.

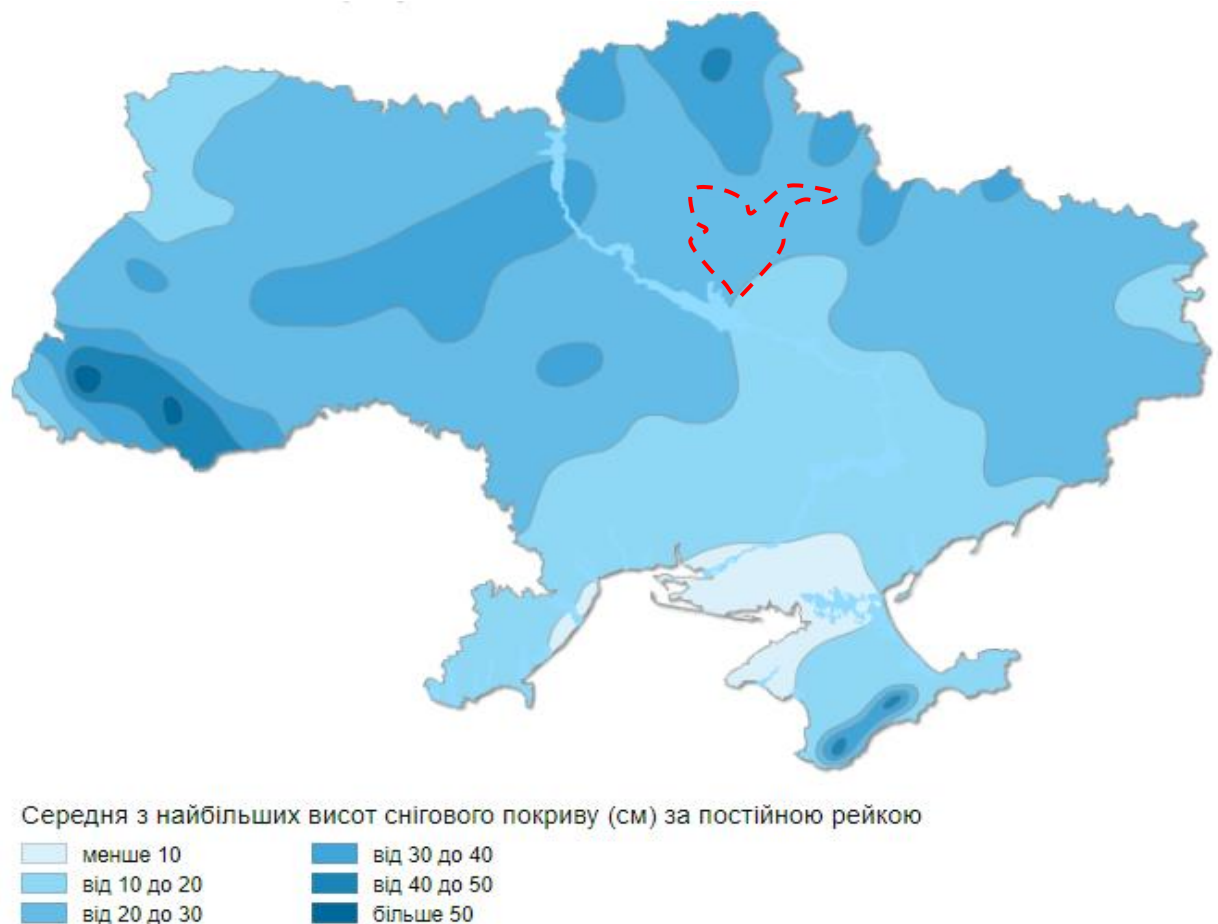


Рисунок 1.7 – Середня з найбільших висот снігового покриву (см) за постійною рейкою [3]

Дати першого заморозку восени і останнього навесні вчислені в [5] за свідченнями мінімального термометра, встановленого в будці. Вдень на заморозок зважає такий, в який хоч би один з термінів спостережень температура по мінімальному термометру була 0°C і нижче. Крайні дати заморозків (самі ранні і найпізніші), найбільша і найменша тривалість без

морозного періоду вибрані зі значень, що фактично спостерігалися, по станціях, що мають не менше 25 років спостережень.

Середній запас води в сніговому покриві становить від 61 до 71 мм. Остаточний схід сніжного покриву відзначений в середньому по території на початку квітня. Тривалість періоду сніготанення визначається число днів між датою початку сніготанення та датою сходу стійкого сніжного покриву. Абсолютний максимум в 1966-67 і в 1986-87 призначені 147-155 мм.

Відносна вологість повітря становить у середньому 74%, найменша вона у травні (61%), найбільша – у грудні (88%).

Найбільшу повторюваність мають вітри із заходу, найменшу – з півночі і південного сходу. Найбільша швидкість вітру – в лютому і складає 2,8-4,6 м/с, найменша – в червні 2,0-3,1 м/с [5], [7].

1.4 Характеристика водного режиму весняного водопілля

Річки району мають змішане живлення, причому в північній частині території роль талого стоку у формуванні річного стоку значно більше, ніж у південній. Пайова участь дощових вод у річному стоці в південній частині території в порівнянні північній помітно збільшується. Співвідношення снігового та дощового живлення змінюється в різні за водністю роки. Стік весняного водопілля в багатоводні роки складає 70-80% річного стоку, в середні за водністю роки – 60-70%, а маловодні 50-60%.

В період межени спостерігаються невеликі дощові паводки. Вищі рівні дощових паводків тільки на окремих річках рідко наближаються за величиною до рівнів весняного водопілля.

У літньо-осінній період мають місце дощові паводки невеликою інтенсивністю, тривалістю від 5-8 до 10-12 днів. У період відлиги спостерігаються досить значні паводки висотою до 1,5 м та більше. У посушливі роки окремі ділянки малих річок пересихають на період

декількох днів до 3-5 місяців; а в зимовий період має місце промерзання тривалістю від 3 до 60 днів [8].

Перші стійкі крижані утворення на ділянках річок з природним льодовим режимом та помірним ґрунтовим живленням зазвичай з'являються в третій декаді листопада в Західно - Поліським, Східно - Поліським, Волинському, Ніжнедеснянском і Ворскло – Поліським гідрологічних районах. Майже для всіх річок території характерні в теплі осінні періоди першої нестійкі короткострокові крижані освіти (зазвичай зберігає), що з'являються на 2-3 тижні раніше стійких та спостерігаються протягом 1-5 днів.

Водний режим річок визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями і характеризуються досить вираженим весняною повінню і літньо-осінньою та зимовою меженю, які порушуються дощовими паводками і відлигами.

Співвідношення річного снігового і дощового живлення змінюється в різні за водністю роки. Стік весняного водопілля в багатоводні роки становить 70-80% річного стоку, в середні за водністю роки – 60-70%, а в маловодні – 50-60%. Мінливість стоку призводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси річок Лівобережного Лісостепу України в 1,5-2 рази більше, а в маловодні в 2 рази менше, ніж у середній по водності рік.

Більша частина місцевого стоку формується у північних районах області. Шар стоку тут сягає 80 мм за рік, а модуль стоку – 3,5 л/с·км². На півдні області ці показники становлять відповідно 40 мм і 1,2-1,5 л/с· км². Така різниця пояснюється зменшенням кількості атмосферних опадів, висоти снігового покриву та зростанням випаровуваності з півночі й північного заходу на південний схід. Середній шар стоку по області складає 64 мм, що менше, ніж у середньому по Україні (87 мм).

На річках Лівобережного Лісостепу України висота шару меженного стоку дещо менше – 4-10 мм, на південь поступово знижується до нуля.

У межах Дніпровського артезіанського басейну (річок Лівобережного Лісостепу України) модулі мінімального стоку дорівнюють 0,40-0,0 л/сек з км² на півночі Дніпровської западини і 0,0-0,10 л/сек з км² на півдні.

В осінньо-зимовий період при переході температури повітря до від'ємних показників на річках відзначені льодові освіти. Перші льодові утворення з'являються в кінці листопада – початку грудня. Крім фізико-географічного положення та гідрогеологічних умов, на формування льодово-термічного режиму роблять великий вплив морфометричні особливості русел, водність річок, а так само господарська діяльність на річках.

Товщина льоду на початку льодоставу не перевищує 5-10 см в середні по суворості зими в найбільш холодні декади (2 і 3 декади січня, 1 і 2 декади лютого). На ділянках річок з природним термічним режимом і помірним ґрунтовим живленням товщина льоду зазвичай не перевищує 40-60 см, в суворі зими досягає 60-80 см. Найбільша товщина льоду в суворі зими досягає 120-140 см [1].

На річках у період становлення льодоставу восени і в періоди відлиги спостерігаються зажорні явища, а під час періоду розкриття навесні мають місце затори льоду. Підйом рівнів у період заторів зазвичай невеликий (60-70 см) і дуже рідко – 1,5-2,0 м. Весняна повінь на річок Лівобережного Лісостепу України починається зазвичай в кінці лютого – третій декаді березня і триває до кінця травня. Середня дата проходження максимальних витрат води – середина квітня. Тривалість повені змінюється від 54 до 106 діб, при середніх значення 80 діб.

Приклад ходу рівнів води та гідрограф стоку весняного водопілля р. Сула – м. Лубни представлено на рис. 1.8 для багатоводного 2003 р.

Характеристики весняного водопілля річок басейну р. Сула автором розглянуто в роботі [9]. Середньобагаторічні характеристики стоку весняного водопілля представлено в дод. А.4.

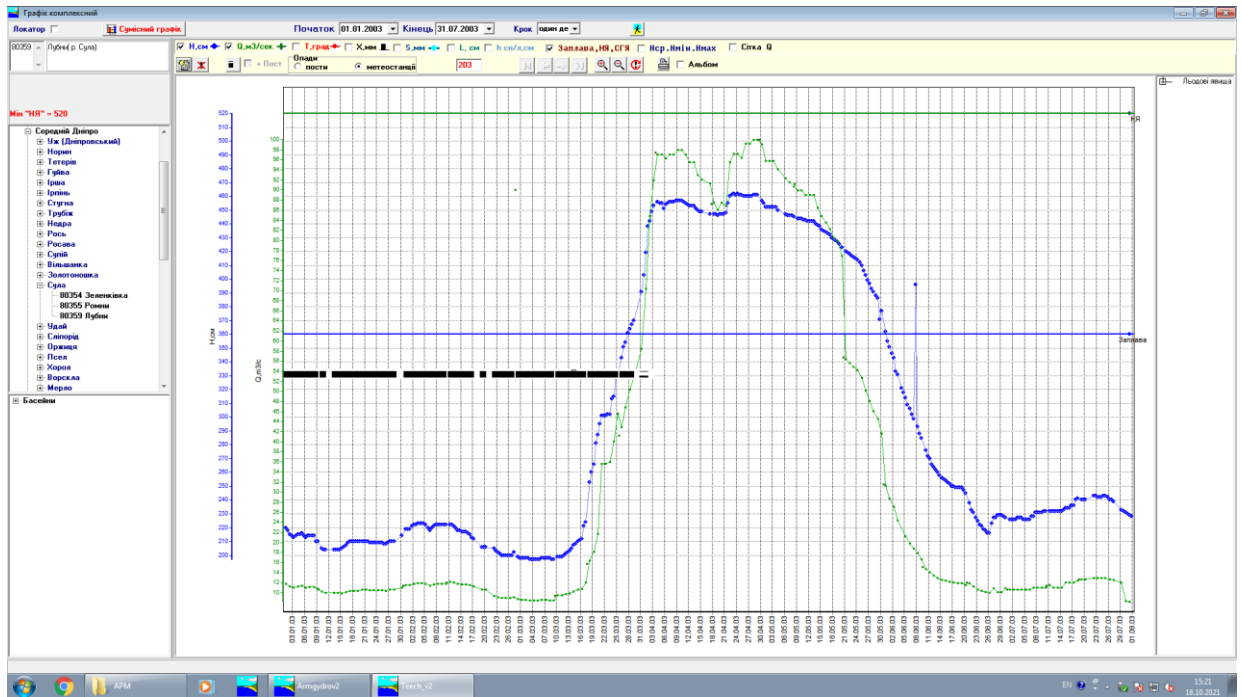


Рисунок 1.8 – Гідрограф річного стоку р. Сула, м. Лубни, 2003 р.

1.5 Гідрометеорологічна вивченість

Зараз на території басейна р. Сула діє 9 гідрологічних постів Державної гідрометеорологічної служби ДСНС України. Спостереження проводилися від 35 років (р. Многа – с. Вороньки, 1953-88 рр.) до 94 років (р. Сула – с. Зеленковка, 1926р.). Площа водозборів коливається від 426 км² (р. Сула – с. Зеленковка) до 14 200 км² (р. Сула – с. Лубни) (дод. А.5).

По території пости розміщені порівняно рівномірно, що показано на рис.1.9 [1]. Найбільш тривалі ряди регулярних спостережень за стоком водопілля відносяться до річок: Сула (м. Ромни – 68, м. Лубни – 75, м. Прилуки – 33 років). Прилегла до долин річок Лівобережного Лісостепу України місцевість низовинно – рівнинна, використовуються під сільськогосподарські угіддя. Долини річок неявно виражені, прямі, схили дуже пологі, непомітно зливаються з прилеглою місцевістю, слабо розсічені, складені супіску, використовуються під сільськогосподарські угіддя, частково зайняті присадибними будівлями села [1]. Заплава

шириною 1.0 – 2.0 км суха, чагарникова, з окремими гаями, місцями лугова, помірно пересічена балками, мулисто – піщана, в прирусловій частині – піщана.



▼ – гідрологічні пости; ● – метеорологічні станції

Рисунок 1.9 – Карта-схема розміщення гідрометеорологічної мережі спостережень в басейні Лівобережного Лісостепу України [1]

Список метеорологічних та агрометеорологічних станцій в басейні річки Сула представлено в дод. А.6.

1.6 Гідрологічні ризики при підтопленні територій

Гідрологічні ризики можуть виникнути під час тривалих злив (випадіння сильного та інтенсивного дощу), внаслідок швидкого танення великої кількості снігу, при заторах та ін. Під час проходження весняного водопілля спостерігаються підйоми рівнів води на річках та вихід води на заплаву, а в окремі багатоводні роки високі води можуть наносити значні

негативні наслідки, такі як затоплення сільськогосподарських угідь, господарських об'єктів, доріг, руйнування гідротехнічних споруд, що тягне за собою і економічні втрати та екологічні небезпеки.

За даними Українського гідрометеорологічного центру Державної служби України з надзвичайних ситуацій (УкрГМЦ) [10] в басейні р. Сула протягом інструментального періоду спостережень (за період 1964-2017 рр.) не були зафіксовані визначні підйоми рівнів води (H, m) під час проходження весняних водопіль (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Затоплення, що стались у минулому в районі басейну річки Сула (за період 1964-2017 рр.) [10]

В роботі за даними автоматизованої програми АРМ-гідро [11] проаналізовано максимальні рівні води в басейні р. Сула в період проходження весняного водопілля та встановлено, що весняні водопілля в

басейні р. Сула в окремі багатоводні роки набувають масштабів небезпечних гідрологічних явищ (НЯ) та спричиняють підтоплення житлових будинків (дод. А.7).

За даними навчальної лабораторії гідрологічної інформації та розрахунків кафедри гідрології суші Гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету побудовано графік рівнів води з перевищенням позначки НЯ в період весняного водопілля в басейні р. Сула – м. Ромни за 1988 р. (рис. 1.11).

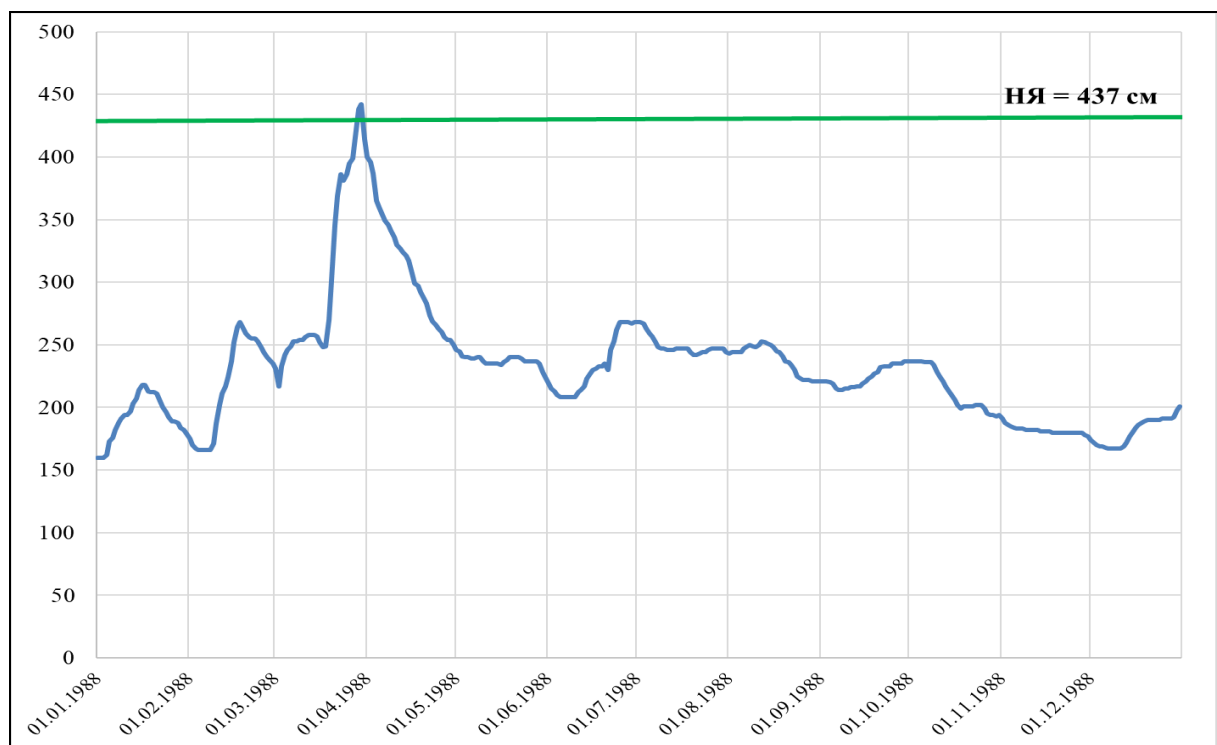


Рисунок 1.11 – Перевищення позначок НЯ в період весняного водопілля в басейні р. Сула – м. Ромни, 1988 р. (Н, см)

Для аналізу щорічних гідрологічних ризиків від підтоплень територій при проходженні весняних повеней в басейні р. Сула доцільним є використання методики довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля, яка дозволяє прогнозувати максимальні витрати (рівні) води весняного водопілля за комплексом стокоформуєчих факторів [12], [13].

2. ОСНОВНІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ТА МЕТОДИКА ПРОГНОЗУ СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК В БАСЕЙНІ Р. СУЛА

2.1 Сніговий покрив, льодяна кірка на поверхні ґрунту і кількість рідких опадів в період весняного водопілля

Для гідрологів основною характеристикою снігового покриву є запас води у ньому. Запас води визначається за формулою [12]

$$S=10 \cdot H \cdot \delta \quad (2.1)$$

де H – висота снігового покриву, см;

δ – щільність снігового покриву, г/см³.

Чим точніше вимірюються значення H та δ в кінці зими, тим точніше буде і прогноз стоку весняного водопілля за інших умов розвитку водопілля.

На рівнинній території України систематичні спостереження за сніговим покривом ведуться на метеорологічних станціях та постах.

Сніговий покрив розподіляється по території майже завжди дуже нерівномірно. Викликано це переважно розподілом снігу вітром, особливо під час сильних хуртовин і неоднаковим таненням під час відлиг на схилах різної експозиції та крутості. Тому, щоб визначити середню величину запасу води в сніговому покриві на околицях станції, скажімо, 4-5 км, необхідно зробити досить багато вимірів висоти та щільності снігового покриву, тобто зробити снігомірну зйомку.

На метеорологічних станціях та постах снігомірні зйомки виконують в полі та в лісі. У полі маршрут являє собою звичайну пряму лінію довжиною 1 км при порівняно рівній місцевості та 2 км при розчленованій балками та ярами або горбом місцевості.

Запас води в сніговому покриві на маршруті обчислюється за формулою (2.1), причому беруться середні значення H та δ з усіх вимірювань висоти та щільності снігового покриву на маршруті.

За даними снігомірних зйомок на станціях будують карти ізоліній запасу води в сніговому покриві на певні календарні дати, наприклад, на 20 лютого та на початок сніготанення. При чому, розрахункові дати початку сніготанення будуть різними для різних станцій. Ізолінії на картах зазвичай проводяться через 10-20 мм. Величина запасу води в сніговому покриві на басейні обчислюється, так само як середній шар опадів на карті ізогіет. При досить великій кількості станцій, що проводять снігомірну зйомку та більш менш рівномірному їх розподілі за площею запас води в снігу можуть обчислюватися і як середнє арифметичне з усіх станцій.

Розглянемо дві складові водного балансу: X_1 – опади за час сніготанення, X_2 – опади на поверхні ґрунту, що звільнився від снігу.

Початок сніготанення визначається на основі розрахунку інтенсивності танення або за даними про температуру повітря. Щодо визначення часу сходу снігу, то під датою сходу снігу на даній площі приймають дату сходу снігу зокрема на околицях станції. Звільнення площі снігу триває кілька днів – від появи перших проталин до зникнення останніх осередків снігу.

У багаторічному періоді спостережень кількість опадів за період сніготанення невелика в порівнянні із запасом води в сніговому покриві. Пояснюється це загалом невеликою тривалістю цього періоду і, звичайно, характером атмосферної циркуляції навесні.

Умови поглинання (втрат) опадів, що випадають під час сніготанення загалом ті самі, що й втрат талих вод. Тому при розробці методів довгострокових прогнозів стоку за період весняного водопілля ці опади підсумовуються із запасом води в сніговому покриві та крижаній кірці на поверхні ґрунту. Отже, є можливість брати до уваги одну загальну величину надходження води на поверхню басейну за час сніготанення $S+X_1$.

Умови формування весняного стоку, обумовленого надходженням води на поверхню басейну в період танення снігу, що дорівнює сумі $S+X_1$, і стоку в період дощів після сходу снігу, загальна кількість яких позначено через X_2 , як згадувалося, зазвичай дуже різні.

Коефіцієнт стоку дощових паводків під час спаду весняного водопілля сильно знижується зі зростанням кількості днів, що відокремлюють початок водопілля від стоку сходу снігу.

2.2 Вологість та промерзання ґрунту

Інфільтраційна здатність ґрунтів є одним з основних факторів, що визначають обсяг і динаміку стоку весняної повені, і значною мірою залежить від розподілу температури та вологості за ґрунтовим профілем [12].

Вплив вологості та промерзання ґрунту на формування втрат талого стоку в різних ландшафтних зонах нерівнозначний. Якщо в лісостеповій зоні промерзання ґрунту відіграє істотну роль у формуванні втрат, то в лісовій, особливо на заболочених та залісених водозборах, воно не має суттєвого значення, що пов'язано з особливостями будови ґрунтового профілю. Однак на польових водозборах лісової зони вологість і промерзання ґрунту істотно впливають на формування втрат талого стоку.

Втрати стоку весняної повені значною мірою визначаються ступенем зволоження та глибиною промерзання ґрунту. Високі коефіцієнти талого стоку та малі втрати мають місце при поєднанні глибокого промерзання (> 60 см) із сильним зволоженням ґрунту.

Великі втрати талих вод спостерігаються в умовах слабого промерзання ґрунту. Значні втрати талих вод спостерігаються при поєднанні глибокого промерзання зі слабким зволоженням ґрунту. Стік весняного водопілля формується з урахуванням термічних умов та зволоження ґрунту.

На водозборах покритих рослинністю найменші втрати спостерігаються, як правило, при високому зволоженні ґрунту, а глибина промерзання на обсяг води, що профільнується, істотного впливу не надає.

Однак щодо ролі глибини промерзання ґрунту у формуванні втрат талого стоку на залісених водозборах немає єдиної точки зору. Так, Є.С. Змієва (1964) дійшла висновку, що при розрахунку та прогнозі втрат талого стоку в лісі глибину промерзання враховувати слід, А.І. Суботін (1948) дослідив, що втрати талого стоку на залісненому водозборі практично не залежать від глибини промерзання ґрунту. Результати досліджень, проведених авторами, дозволили зробити висновок, що на заліснених та заболочених водозборах глибина промерзання ґрунту не має істотного впливу на обсяг та динаміку втрат стоку весняної повені [12].

Режим вологості та промерзання лісових ґрунтів вивчений дуже слабо. На мережі станцій спостереження за температурою, вологістю та глибиною промерзання ґрунту проводяться в основному на польових ділянках, і лише на парних басейнах та водобалансових станціях ці спостереження протягом усього року проводяться як на польових, так і на лісових ґрунтах. Тому в найбільш доцільним встановлення зв'язку вологості та промерзання польових та лісових ґрунтів на основі даних спостережень.

Н.В. Соколова у 1974 році за даними водобалансових станцій та експедиційних досліджень отримала зв'язок глибин промерзання лісових та польових ґрунтів. Протягом зими та у передвесняний період глибина промерзання у лісі, як правило, менша, ніж у полі.

При оцінці водопроникності лісових ґрунтів значення їхньої вологості можна отримати за даними спостережень на польових ділянках. Вважається, що в передвесняний період запаси вологи в полі та лісі близькі між собою. Отже, маючи дані про запаси вологи в метровому шарі ґрунту у полі, можна оцінити втрати на інфільтрацію у лісі.

У передвесняний період у лісі запас вологи в метровому шарі ґрунту здебільшого дещо нижчий за НВ, у полі – близький до НВ. Середній

багаторічний запас води у полі на 5-10 мм більший, ніж у лісі. В окремі роки ця різниця може бути значною, близько 40-60 мм. Найбільший у порівнянні з лісом запас води в полі спостерігається зазвичай у холодні малосніжні зими, при глибокому промерзанні ґрунту, що зумовлено, мабуть, міграцією води до фронту промерзання. У лісі промерзання менше і міграція незначна. У зими зі слабкими малоінтенсивними відлигами, при водовіддачі зі снігу лише у полі, у передвесняний період менші запаси ґрунтової води спостерігаються у лісі; більший запас ґрунтової води в лісі може спостерігатися у разі інтенсивних відлиг, що супроводжуються зимовими паводками лише на польових водозборах.

У період весняного сніготанення запас ґрунтової води в полі може як збільшуватися, так і зменшуватися залежно від передвесняного зволоження ґрунту. Якщо в передвесняний період вологість ґрунту менша за НВ, то спостерігається поповнення вологозапасів, а якщо більше НВ, то до кінця повені вологість ґрунту може зменшуватися. Середній багаторічний запас води у метровому шарі ґрунту як у передвесняний період, так і до кінця повені близький до НВ. У лісах у передвесняний період запас води в метровому шарі ґрунту, як правило, менше НВ, до кінця повені збільшується і в окремі роки перевершує НВ. Найменша вологоємність лісових ґрунтів, як правило, дещо вища вологоємності польових.

Деяка відмінність у запасі води в передвесняний період у полі та лісі (за окремі роки) не виключає можливості використання залежності $W_{п}=f(W_{л})$. З достатньою для практичних розрахунків точністю можна стверджувати, що у передвесняний період запаси води у метровому шарі ґрунту в полі та в лісі близькі між собою, а дефіцит вологості ґрунту більший у лісі [12].

2.3 Теоретичні основи прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок

Основою застосовуваних практично методів і довгострокових прогнозів максимальних витрат (рівнів) води весняного водопілля є залежність їх від величини стоку у період водопілля. Існує наближена залежність між максимальними та середніми витратами за період весняного водопілля, а саме

$$Q_m = k \frac{\delta}{T_n} Y_m F, \quad (2.2)$$

де δ – безрозмірним коефіцієнтом, що приблизно характеризує форму хвилі повені (гідрографа) у даному створі. Звідси

де Y_m – висота шару за повінь, віднесена площі басейну, мм;

T_n – тривалість повені, год;

k – коефіцієнт, що залежить від одиниць вимірювання Q_m , Y_m , F і T_n ; значення δ завжди більше одиниці.

Тривалість повені і величина δ залежать від дружності танення снігового покриву і величини стоку за половину Y_m . Тривалість повені приблизно дорівнює $(T_m + \tau_{max})$, де τ_{max} – максимальний час добігання води з басейну до створу.

Наявність досить тісного зв'язку між Q_m та Y_m означає, що величина відношення δ/T_n приблизно постійна або закономірно змінюється в залежності від стоку за весняне водопілля.

Слабкий зв'язок між Q_m та Y_m спостерігається у тих випадках, коли форма хвилі весняне водопілля значно змінюється від року в рік і відношення δ/T_n не залежить від величини стоку за водопілля.

Точність різна і пов'язана насамперед зі змінами дружності сніготанення при даній величині і зі ступенем природного регулювання стоку в басейні. Непрямий вплив на точність зв'язку має площа басейну.

Іншою причиною зниження точності в окремих випадках точності залежності Q_m від Y_m для великих річок є неоднакові від року до року розподілу стоку між основними притоками, коли вони мають різні значення коефіцієнта δ .

Незважаючи на зазначені обставини, точність залежності Q_m від Y_m для великих річок загалом вище, ніж річок середніх і малих за величиною площі басейну. Для великих річок залежність Q_m від Y_m досить часто нелінійна.

Звичайно, в основу методів довгострокового прогнозу максимальних витрати води весняного водопілля можна покласти залежність цієї витрати від факторів, що визначають величину стоку за період водопілля. Однак побудова та аналіз графіків таких залежностей за даними мережі спостережень іноді стає складнішим завданням, ніж побудова та аналіз графіків залежностей стоку за повінь від визначальних його факторів. Втім, якщо залежність $Q_m = f(Y_m)$ лінійна, це ускладнення стає загалом невеликим.

3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ЧАСОВИХ РЯДІВ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ ТА ШАРІВ СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ

При розв'язанні гідрологічних задач використовують такі методи визначення оцінок параметрів розподілу [14]:

- 1) метод моментів;
- 2) метод найбільшої правдоподібності.

3.1 Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів

В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти. Поняття моментів прийшло в статистику з механіки, де воно використовується для описання розподілу мас. У статистиці значення дискретної випадкової величини наводиться у вигляді матеріальної точки з масою, яка є пропорційною імовірності появи цієї випадкової величини.

Тоді сума добутків усіх можливих значень випадкової величини x_i на імовірність цих значень p_i являє собою абсцису центру тяжіння усієї системи матеріальних точок (математичне очікування):

$$m_x = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (3.1)$$

При описанні властивостей статистичних сукупностей використовують моменти двох видів: початкові α та центральні μ :

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^n x_i^s p_i, \quad (3.5)$$

$$\mu_s = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s p_i, \quad (3.6)$$

де S – порядок моменту.

Перший початковий момент α_1 дорівнює математичному очікуванню m_x . Другий центральний момент називають дисперсією і позначають σ_x^2 . З усіх статистичних моментів найбільше використання у статистиці знайшли α_1 , μ_2 , μ_3 , μ_4 та їхні безрозмірні характеристики (нормовані моменти). Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації:

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \quad \text{або} \quad C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}; \quad (3.7)$$

- коефіцієнт асиметрії:

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}; \quad (3.8)$$

- ексцес:

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} - 3. \quad (3.9)$$

Кожен з цих моментів містить у собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент α_1 або математичне очікування m_x є центром розподілу випадкової величини.

Другий центральний момент або дисперсія σ_x^2 характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного очікування. Дисперсія випадкової величини має розмірність квадрату випадкової величини. Проте для більш наочної характеристики розсіювання зручно використовувати величину, розмірність якої співпадає з розмірністю випадкової величини. Для цього з дисперсії добувають квадратний корінь. Отримана величина називається середнім квадратичним відхиленням випадкової величини σ_x .

Третій центральний момент μ_3 служить характеристикою асиметрії розподілу. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно m_x , то μ_3 дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики гостровершинності кривої розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою, так званого ексцесу. Число 3 віднімається від співвідношення тому, що для нормального закону розподілу $\mu_4/\sigma^4_x = 3$. Отже, ексцес нормального закону розподілу E дорівнює нулю. Додатній ексцес означає, що крива більш гостровершинна в порівнянні з нормальною. Більш плоскі криві відносно нормальної мають від'ємний ексцес.

Розглянемо вибіркові оцінки перелічених моментів:

$$\alpha_1 = m_{x-\bar{x}} = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (3.10)$$

$$\beta_2 = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 p_i, \quad (3.11)$$

$$\beta_3 = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^3 p_i, \quad (3.12)$$

$$\beta_4 = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^4 p_i, \quad (3.13)$$

де n – довжина вибірки;

$\alpha_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – вибіркові оцінки статистичних моментів;

p_i – відносна частота кожного значення x_i .

Вибіркова оцінка математичного очікування називається середнім математичним значенням і позначається як \bar{x} . Якщо вихідний ряд розглядається як згрупований ряд, в якому кожному значенню випадкової величини відповідає абсолютна частота, що дорівнює одиниці, то відносна частота розраховується за формулою

$$p_i = \frac{1}{n}.$$

Формули для розрахунків статистичних параметрів набувають такого вигляду

$$\alpha = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.14)$$

$$\beta_2 = \sigma^2_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}, \quad (3.15)$$

$$\beta_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n}, \quad (3.16)$$

$$\beta_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n}. \quad (3.17)$$

Нормовані статистичні моменти C_v та C_s можна визначити через модульні коефіцієнти:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}}, \quad (3.18)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (3.19)$$

де

$$k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}. \quad (3.20)$$

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності. При використанні вищенаведених формул, з'являється систематична похибка. Для її виключення вводяться поправочні коефіцієнти:

- для другого центрального моменту

$$\frac{n}{n-1}; \quad (3.21)$$

- для третього центрального моменту

$$\frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.22)$$

В результаті розрахунків формули мають вигляд:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.23)$$

або

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (3.24)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (3.25)$$

або

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (3.26)$$

Що стосується ексцесу, то ця характеристика розподілу не використовується у гідрологічних розрахунках, тому що навіть за наявності довгих рядів стоку вона не є достовірною.

Слід зазначити, що введення поправочних коефіцієнтів допомагає усунути зміщення параметрів стокових рядів лише при $C_v < 0,5$. При $C_v > 0,5$ використання методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується.

3.2 Розрахунки статистичних параметрів за методом найбільшої правдоподібності

Походження назви цього методу пов'язане із застосуванням функції правдоподібності для визначення статистичних параметрів трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [15,16].

З одного боку, функція правдоподібності – це імовірність сумісної появи вибірки в цілому. З іншого боку, імовірність сумісної появи подій – це добуток імовірностей появи кожної з подій. Отже, це добуток щільностей імовірності усіх елементів вибірки, що містять в собі невідомий параметр, який потрібно оцінити.

Метод найбільшої правдоподібності – це метод математичної статистики, в якому за оцінку невідомого значення параметру щільності імовірності береться те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкової величини.

Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром θ має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), f(x_n, \theta) \quad (3.27)$$

Для того щоб знайти оцінку θ , необхідно розв'язати рівняння:

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0. \quad (3.28)$$

З метою спрощення розрахунків функції правдоподібності її логарифмують:

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta}. \quad (3.29)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра θ існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку розв'язком рівняння.

Метод найбільшої правдоподібності дозволяє знайти оцінки параметрів із незначним зміщенням. Проте, тип розрахункової формули статистичного параметру залежить від обраного закону розподілу випадкової величини. Є.Г.Блохінов застосував метод найбільшої правдоподібності до трипараметричного гама-розподілу С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля. У зв'язку з виникненням складних трансцендентних рівнянь, було запропоновано простіший спосіб оцінки параметрів. В результаті отримано такі статистики:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.30)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n}, \quad (3.31)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n}. \quad (3.32)$$

Перша із статистик λ_1 , дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини X . Інші дві (λ_2, λ_3) функціонально пов'язані з коефіцієнтом варіації C_v та коефіцієнтом асиметрії C_s . Для переходу від λ_2 та λ_3 до C_v та C_s/C_v побудовано спеціальні номограми.

Деяке зміщення параметрів λ_2 та λ_3 може бути усунено за рахунок поправочного множника $n/(n-1)$, тоді:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (3.33)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}. \quad (3.34)$$

Метод найбільшої правдоподібності рекомендується для визначення параметрів, коли використовується крива трипараметричного гамма-розподілу, а також, коли $C_v > 0,5$.

При $C_v < 0,5$ метод найбільшої правдоподібності та метод моментів дають практично однакові результати.

3.3 Статична обробка рядів максимальних витрат і шарів весняного водопілля водопілля в басейні р. Сула

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14.83 , статистичну обробку рядів максимальних витрат і шарів стоку виконують з використанням кривих біноміального і трипараметричного гамма-розподілу [14-16].

Основні статистичні характеристики – це середні значення рядів, коефіцієнти варіації і асиметрії розраховують за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності [14].

Аналіз отриманих величин показує, що значення середніх максимальних витрат води річки коливаються у межах 7,6– 159,5 м³/с, причому мінімальне значення спостерігається для пункту Слєпорід - с. Олександровка , а максимальне – Сула - с. Снітків (табл.3.1).

За методом моментів значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,71 (Сула – с.Лубни) до 1,09 (Сула - с. Зеленівка) при середньому значенні 0,77. Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від 0,38 (р. Удай - м Прилуки) до 2,28 (Сула - с. Зеленівка) при середньому значенні 1,1.

За методом найбільшої правдоподібності значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,46 (Удай - м Прилуки) до 1,12 (Сула - с. Зеленівка) при середньому значенні 0,8. Значення коефіцієнтів асиметрії C_s коливаються у межах від 0,17 (Удай - м Прилуки) до 3,21 (Сула - с.

Зеленівка) при середньому значенні 1,3. Ставлення C_s / C_v в середньому дорівнює 1,8, для розрахунку приймаємо 2.

Середні значення рядів Q_m , коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s , розраховані за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності, наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат весняного водопілля в басейн р. Сула

№п/п	Ріка-пост	$Q_{сер},$ $м^3/с$	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності		
			C_v	C_s	C_v	C_s	C_s/C_v
1	Золотоношка-м.Золотоноша	9,10	1,05	1,85	1,0	2,0	2,0
2	Сула - с. Зеленовка	24,1	1,09	2,28	1,12	3,21	2,90
3	Сула - г. Ромни	82,9	0,76	0,73	0,80	0,90	1,10
4	Сула - с. Снітків	160	0,43	0,37	0,47	0,58	1,20
5	Сула – с.Лубни	92,70	0,71	0,84	0,73	1,05	1,40
6	Терн –с.Будки	54,3	0,70	0,76	0,67	1,50	2,2 4
7	Удай - м. Прилуки	20,4	0,45	0,38	0,46	0,17	0,40
8	Удай - с.Куринька	26,0	1,06	1,93	1,11	2,65	2,40
9	Многа - с. Вороньки	56,5	0,43	0,38	0,47	0,59	1,30
10	Слепорід - с. Олександровка	7,60	0,78	0,54	0,79	0,58	0,70

Коефіцієнти варіації, розраховані за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності, мало відрізняються (рис.3.1). Як показав аналіз, по обох методів значення коефіцієнта варіації відрізняються незначно, що дозволяє застосовувати обидва методи.

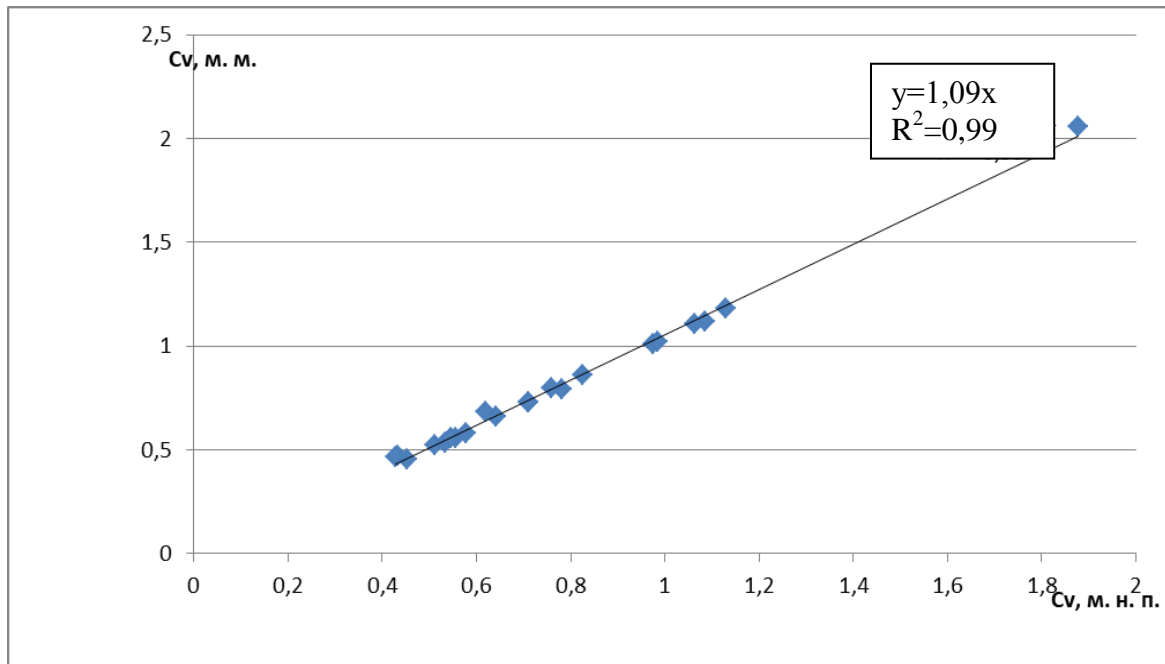


Рисунок 3.1 - Графік порівняння коефіцієнтів варіації, розрахованих методом моментів (вісь ординат) і методом найбільшої правдоподібності (вісь абсцис)

Аналіз табл. 3.2 показує, що середні багаторічні значення шарів стоку весняного водопілля в межах досліджуваної території з річок коливаються у межах від 16.2 мм (Слепорід - с. Олександрівка) до 65,4 мм (Сула - с.Снітків). За методом моментів значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,22 (Сула - с. Снітків) до 0,75 (Слепорід - с.Олександрівка). Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від $-0,5$ (Сула - с. Лубни) до 1,33 (Сула - с. Снітків).

За методом найбільшої правдоподібності значення коефіцієнтів варіації C_v коливаються у межах від 0,23 (Сула - с. Снітки) до 0,76 (Слепорід - с. Олександрівка). Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від 0,05 (Сула - Лубни) до 1,74 (Сула - с. Снітків). Ставлення C_s / C_v в середньому дорівнює 1,94, для розрахунку приймаємо 2.

Таблиця 3.2 Статистичні характеристики часових рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля в басейн р. Сула

№п /п	Ріка-пост	Үсер, мм	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності		
			Cv	Cs	Cv	Cs	Cs/Cv
1	Золотоношка- м.Золотоноша	27,6	0,63	1,05	0,63	1,19	1,90
2	Сула - с. Зеліновка	42,3	0,67	0,92	0,68	1,01	1,50
3	Сула - м. Ромни	29,7	0,53	0,11	0,53	0,24	0,40
4	Сула - с. Снітків	65,4	0,22	1,33	0,23	1,74	7,70
5	Сула - Лубни	31,9	0,42	0,50	0,42	0,05	0,10
6	Терн –с.Будки	43.5	0.49	0.37	0.49	1.50	3.06
7	Удай - м. Прилуки	48,1	0,49	0,51	0,49	0,55	1,10
8	Удай – с.Куриньки	37,6	0,48	0,62	0,49	0,67	1,40
9	Многа - с. Вороньки	58,0	0,37	0,41	0,38	0,58	1,50
10	Слепорід - с. Олександрівка	16,2	0,75	0,53	0,76	0,57	0,80

4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ І СХЕМА СКЛАДАННЯ ПРОГНОЗУ ПРОГНОЗУВАННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ БАСЕЙНІ Р. СУЛА ЗА ПРОГРАМНИМ КОМПЛЕКСОМ «СЕЙМ»

4.1 Методичні основи методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Сула

В основу прогнозованої схеми покладені регіональні залежності між максимальними модульними коефіцієнтами витрат води весняного водопілля та максимальними запасами води в сніговому покриві перед початком водопілля [12], [13]

$$q_m/q_0 = f(S_m/S_0) \quad (4.1)$$

або

$$k_{q_m} = f(k_S), \quad (4.2)$$

де q_m і q_0 – максимальний модуль витрат води весняного водопілля і його середньобогаторічна величина, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

S_m і S_0 – максимальний запас води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення і його середньобогаторічна величина, мм;

k_{q_m} – максимальний модульний коефіцієнт витрат води весняного водопілля;

k_S – модульний коефіцієнт запасів вологи на басейні, які приймають участь у формуванні максимальної витрати води весняного водопілля.

Для типізації весняних водопілля на графіках зв'язку $k_{q_m} = f(k_S)$ використано багатомірну модель дискримінантного аналізу. Лінійна дискримінантна функція (DF) [12], [13]

$$DF = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m, \quad (4.3)$$

де $A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$ – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ – вектор ознак (вектор-предиктор);

m – кількість вимірюваних ознак ($j = 1, 2, \dots, m$).

Для басейну р. Сула дискримінантне рівняння весняного водопілля має вигляд [12], [13]

$$DF = a_0 + a_1k_S + a_2k_{q_{09-01}} + a_3k_L + a_4\Theta^o_{02}, \quad (4.4)$$

де k_S – модульний коефіцієнт максимальних запасів води в сніговому покриві;

$k_{q_{09-01}}$ – модульний коефіцієнт середнього модулю стоку осінньо-зимового періоду;

k_L – модульний коефіцієнт глибини промерзання ґрунтів;

Θ^o_{02} – температура повітря за лютий місяць ($^{\circ}\text{C}$).

За знаком дискримінантних рівнянь веснянняні водопілля поділені по категоріях водності (багато-, середньо- та маловодні) за комплексом головних факторів водопілля: максимальних запасів води в сніговому покриві, передвесняного зволоження ґрунтів, глибини їх промерзання, а також середньомісячної температури повітря лютого, як показника метеорологічних зимових умов.

Коефіцієнти рівнянь (4.4) для басейну р. Сула наведені в табл. 4.1 відповідно району приналежності гідрологічного поста до річкового басейну. За знаком дискримінантної функції встановлюється якісний (альтернативний) прогноз майбутнього водопілля [12], [13]:

- дискримінантна функція $DF1 > 0$ – максимальні витрати води будуть більшими за середньобаторічні значення;
- за $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$ – максимальні витрати води весняних вод очікуються близьким до середньобаторічних їх значень;
- за $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$ – максимальні витрати води водопілля прогноуються меншим за середньобаторічні їх значення;

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій [12], [13]

Дискримінантна функція	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
$DF1$	1,49	-14,4	2,76	11,0	0,057
$DF2$	-0,30	-6,33	2,96	7,55	0,274

Прогнозні залежності $q_m/q_0 = f(S_m/S_0)$, які побудовані за знаком дискримінантних функцій, описуються поліномами 3-го ступеня [12], [13]:

$$\frac{q_m}{q_0} = b_0 + b_1 \frac{S_m}{S_0} + b_2 \left(\frac{S_m}{S_0} \right)^2 + b_3 \left(\frac{S_m}{S_0} \right)^3, \quad (4.5)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти поліному.

Прогноз величин модульних коефіцієнтів k_{q_m} здійснюється на дату його складання за регіональними залежностями у вигляді рівняння поліному вигляду (4.5) і даними табл. 4.2, відповідно району приналежності гідрологічного поста і знаком дискримінантної функції DF .

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти поліному $k_{q_m} = b_0 + b_1k_S + b_2k_S^2 + b_3k_S^3$ [12], [13]

Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
Басейн р. Сула				
$DF1 > 0$	0,06	0,487	0,753	0,486
$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,03	-0,06	0,61	0,04
$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,04	-0,25	0,45	-0,03

Встановлено, що для річок басейну р. Сула, які характеризуються близькими умовами формування весняних водопіль, дискримінантні рівняння і прогнозні поліноми сталі та можуть використовуватися для усіх розглядуваної території.

По регіональних залежностях вигляду (3.1), а також даних снігомірних зйомок, за методикою знаходяться значення максимальних модульних коефіцієнтів $k_{q_m} = q_m/q_0$. Одержання прогнозних величин максимальних модулів весняного водопілля q_m , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ відбувається як [12], [13]

$$q_m = k_{q_m} q_0, \quad (4.6)$$

а максимальних витрат води ($\text{м}^3/\text{с}$) –

$$Q_m = k_{q_m} q_0 F, \quad (4.7)$$

де F – площа водозборів річок, км^2 .

Для річок, по яких є багаторічні ряди спостережень, значення q_0 можна визначити як [12], [13]

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{m_i}}{n \cdot F}, \quad (4.8)$$

де Q_{m_i} – максимальні витрати води водопілля i -х років за період спостережень n .

Забезпеченість або ймовірність настання у багаторічному періоді прогнозних величин максимальних витрат води водопілля Q_m встановлюється за спрогнозованими за методикою максимальними модульними коефіцієнтами k_{q_m} і коефіцієнтами варіації максимальних витрат води водопілля $(C_v)_{Q_m}$ по таблицях трипараметричного гамма-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля при встановленому для даної території $(C_s/C_v)_{Q_m} = 2,5$ [17].

Забезпеченість прогнозних величин Q_m встановлюється у вигляді [12], [15]

$$P_1 < P_{Q_m} < P_2, \quad (4.9)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості.

Формою представлення територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля по запропонованій методиці [12], [13] є карти очікуваних величин максимальних модульних коефіцієнтів k_{q_m} , що складаються в оперативному режимі на різні дати випуску прогнозів.

Кarti дають змогу визначити прогнозні значення максимальних витрат води водопілля для будь-якого водозбору у межах розглядуваної території, що особливо важливо для невивчених річок, а також оцінити розміри майбутнього водопілля в цілому для великої території у кожному році.

При наявності стокових спостережень на річках у регіоні побудування карт величин максимальних модульних коефіцієнтів

весняного водопілля відбувається за схемою: прогнозовані у кожному році по залежностях (4.2) і описаній методиці значення k_{q_m} наносяться на карту до геометричних центрів водозборів, а потім проводяться ізолінії очікуваних величин по території.

Оскільки модульний коефіцієнт нижньою межею має 0, то при $k_q(k_Y)=1,0$ його значення співпадає з середнього багаторічною величиною (нормою) значення. Якщо прогнозований модульний коефіцієнт $k_q(k_Y)<1$, то максимальні витрати (шари стоку) водопілля будуть нижчими за норму, якщо ж $k_q(k_Y)>1$, то водопілля очікується вищим за норму, а якщо ж $k_q(k_Y)$ знаходиться в межах одиниці, то водопілля буде близьким до норми.

Одночасно з картосхемами прогнозних значень модульних коефіцієнтів весняного водопілля надається й картосхема ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі (P , %) у будь-якій частині території, незалежно від стану її гідрометеорологічної вивченості. Так, наприклад, при $P=20$ % водопілля буде спостерігатися один раз у 5 років, при $P=1$ % – один раз у 100 років і т. д. [12], [13]

Оцінка якості довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля виконується шляхом визначення похибки прогнозу δ та в частках від допустимої похибки – $\delta/\delta_{дон}$.

Величина похибки прогнозу δ , м³/с визначається за рівнянням [13]

$$\delta = Q_m - Q'_m \quad (4.10)$$

де Q_m і Q'_m – спостережені і прогнозні значення максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля, м³/с.

Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta/\delta_{дон} \leq 1,0$.

За відсутності рядів стокових вимірів на річках для визначення величини допустимої похибки при прогнозуванні максимальних витрат води весняного водопілля використовується залежність $\delta_{доп}$ від площ водозборів F у вигляді [13]

$$\delta_{доп} = 0,0147F. \quad (4.11)$$

Схема складання прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля встановлення ймовірності його настання наведена в роботі [13].

Послідовність прогнозування максимальних витрат води наступні:

- а) створення бази вихідної інформації по басейнах з метою визначення витрат рівнів води у період проходження весняного водопілля;
- б) аналіз умов формування весняного водопілля у поточному році;
- в) розрахунок факторів весняного водопілля, що входять до дискримінантної функції;
- г) складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля для басейну озера Катлабух;
- д) оцінка ймовірності настання (забезпеченості) прогнозних максимальних витрат води у багаторічному розрізі;
- ж) картографічне представлення прогнозу ;
- з) оцінка складених прогнозів максимальних витрат води.

4.2 Комп'ютерний комплекс «СЕЙМ»

4.2.1 Організація бази даних у комп'ютерному комплексі

В основу автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» покладена методика територіального довгострокового прогнозу максимального весняного стоку весняного водопілля, яка розроблена на

кафедрі гідрології суші ОДЕКУ авторами Є.Д. Гопченком та Ж.Р. Шакірзановою.

В даному науковому дослідженні програма використовується для випуску територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Сула.

Базова інформація для складання довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля являє собою основні гідрологічні характеристики річок басейну р. Сула (гідрографічні показники, норми максимального стоку водопілля, норми метеорологічних величин) та карту даного басейну. Діалогове вікно програмного комплексу «SEIM» представлено на рис.4.1 [13].

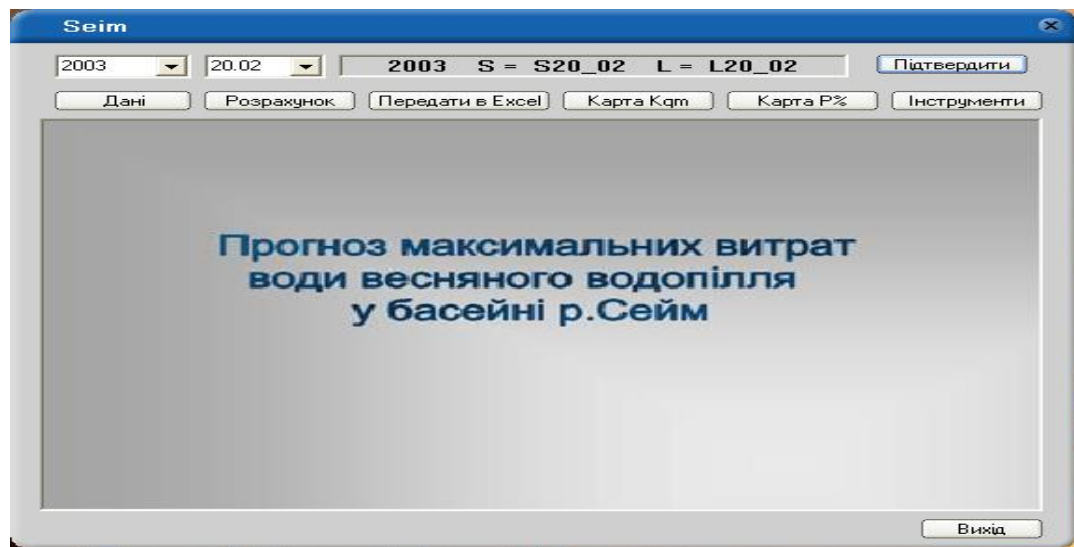


Рисунок 4.1 – Діалогове вікно програмного комплексу «SEIM» [13]

При натисканні кнопки [Інструменти] у діалоговому вікні «SEIM» (рис.4.1) відкривається діалогове вікно «Tools», з якого здійснюється доступ до змінюваної змінної KLL, а також доступ до базової інформації й розмітки карти. Оскільки база даних є закритою, доступ до неї дозволений лише за наявністю пароля [13].

При натисканні кнопки [Базова інформація] вікно, у яке слід ввести пароль, можна одержати доступ до таблиці з базовою інформацією (рис.4.2).

	GST_Num	GST	F	FI	Hr	S0	L0	gos0	Q0	q_0	CvQm	Sig
▶	24	Сейм-м.Ришкове	7460	0,05	51,75	79,2	92,0	2,03	619	0,083	0,79	45,
	25	Сейм-м.Рильськ	18100	0,08	51,83	77,3	92,0	1,92	867	0,048	0,71	66,
	26	Сейм-м.Мугин	25600	0,07	51,75	76,5	90,0	2,22	942	0,037	0,86	67,
	31	Тускар-м.Курськ	2380	0,05	52,08	86,4	92,0	2,52	274	0,115	0,7	17,
	38	Свапа-ст.Город	3690	0,11	51,17	83,6	94,0	2,81	387	0,105	0,75	23,
	40	Клевень-с.Шарпівк.	2440	0,08	51,83	68,8	99,0	2,13	129	0,053	1	81,
	46	Сула-м.Ромни	4020	0,02	50,92	65,0	82,5	1,39	139	0,035	0,76	10,
	48	Сула-м.Лубни	14200	0,07	50,58	64,4	79,2	1,23	232	0,016	0,89	15,
	51	Удай-м.Прилуки	1520	0,11	50,83	63,7	87,6	1,39	32	0,021	0,77	24,
	59	Псел-м.Суми	7770	0,09	51,08	62,3	75,9	2,04	310	0,04	0,87	25,
	60	Псел-м.Гадяч	11300	0,11	50,83	60,1	75,8	1,94	282	0,025	0,88	27,
	61	Псел-м.Запсілля	22400	0,07	50,67	57,5	76,0	1,42	343	0,015	0,76	23,
	64	Хорол-м.Миргород	1740	0,02	50,33	62,5	69,2	0,92	76,2	0,044	0,97	57,
	66	Ворскла-с.Чернетч	5790	0,08	50,50	69,6	78,5	1,82	159	0,037	0,87	19,
	67	Ворскла-с.Кобеляк	13500	0,10	50,17	67,0	73,0	1,88	215	0,019	0,87	25,
	3	Десна-Брянськ	13700	0,40	53,83	93,0	72	3,38	932	0,068	0,66	70,
	4	Десна-Розьоти	36300	0,30	53,17	80	72	2,84	944	0,026	0,64	65,

Рисунок 4.2 – Базова інформація для складання прогнозу в басейні р. Сула та інших річок [13]

Вона включає:

Морфометричні та басейнові характеристики водозборів:

- площа водозбору лиману чи озера $F_{водз}$, км²;
- крива об'ємів води лиману $W = f(H)$;
- крива площ водної поверхні лиману $F_{оз} = f(H)$;
- відмітка нуля графіка поста, м БС;
- залісеність водозбору f_L , %;
- географічна широта геометричного центру водозбору водойми – φ півн.ш.

Середньобагаторічні гідрометеорологічні характеристики і фактори весняного водопілля:

а) середньобагаторічні величини максимальних запасів води в сніговому покриві S_0 , мм;

б) середньобагаторічні величини глибин промерзання ґрунтів на водозборах L_0 , см;

в) середньобагаторічні величини середньомісячних витрат води перед весняним водопіллям для річок, по яких не ведуться спостереження за стоком – як чинник зволоженості ґрунтів;

г) середніх місячних температур повітря за лютий $(\Theta_{02})_0$ °С та березень $(\Theta_{03})_0$ °С за даними метеорологічних станцій (як середня величина по даних метеостанцій в межах водозбору) або по тих, що знаходяться близько до геометричних центрів водозборів;

д) середньобагаторічні максимальні витрати води водопілля для річок, по яких є багаторічні ряди спостережень, значення q_0 , л/(с км²);

ж) коефіцієнт варіації максимальних витрат води весняного водопілля $(C_v)_{Qm}$;

з) допустима похибка прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля, по річках;

к) таблиці трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф.Менкеля (при $C_s = 2.5C_v$).

Оперативна інформація для складання довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля являє собою гідрологічні та метеорологічні дані у поточному році. Введення вихідних даних по здійснюється безпосередньо в програмі у діалоговому вікні «Data» або через файл db.2. Після виходу з діалогового вікна db.2 вся інформація, яка занесена до таблиці «OI Meteo 200_» чи «OI GST 200_» зберігається автоматично.

Оперативна інформація по метеостанціях для заданого року, наприклад, 2003 представлена у вигляді таблиці «OI Meteo 2003» у діалоговому вікні «Data» (рис. 4.3) [13].

Met	Meteo	Hr1	S31	S10	S15	S20	S28	S10	S15	S20	S25	S31	Sm	L31	L10	L20_02
25	Рильськ	51.58	23	50	50	48	48	62	68	70	84	33	84	87	88	88
26	Мугин	51.42	13	21	21	16	21	29	26	32			32		92	92
29	Беседино	51.67	41	44		50	55	59	74	75	82	66	82			
31	Курськ	51.67		45		58	60	60	60	70	83		83			
39	Фатеж	52.08	42	60		72	72	80	81	70	77	73	81	74	73	77
40	Шарлівка	51.50		46		58	55		78	64	74		78			
78	Понирі	52.50	46	65		88	88	99	89	96	113	81	113	73	71	71
79	Дмитрієв	52.42	48	68	68	74	74	81	94	93	106	60	106			

Рисунок 4.3 – Діалогове вікно «Data» з відновленою інформацією по метеостанціях на задану дату [13]

Оперативна інформація по гідрологічних постах для заданого року, наприклад, 2003 представлена у вигляді таблиці «OI GST 2003» у діалоговому вікні «Data» (рис.4.4).

2003 S = S20_02 L = L20_02 OI_Meteo OI_GST Відновити інформацію

Оперативна інформація по гідрологічних постах у 2003 році, при S = S20_02, L = L20_02

OI GST 2003					
ID	Gst_Num	Gst	q09_01	Qm	Ym
1	24	Сейм-м.Ришкове	0,83	318	
2	25	Сейм-м.Рильськ		723	
3	26	Сейм-м.Мугин		552	
4	31	Тускар-м.Курськ		216	
5	38	Свапа-ст.Город	1,15		
6	40	Клевень-с.Шарпівк.		62	
7	46	Сула-м.Ромни		83,6	
8	48	Сула-м.Лубни	1,78	108	

Відновлена інформація по гідрологічних постах у 2003 році, при S = S20_02, L = L20_02

OI GST 2003_A				
Gst_Num	Gst	q09_01	Qm	Ym
24	Сейм-м.Ришкове	0,83	318	
25	Сейм-м.Рильськ	2,1301810381759	723	
26	Сейм-м.Мугин	2,10098053607432	552	
31	Тускар-м.Курськ	2,22143260724332	216	
38	Свапа-ст.Город	1,15		
40	Клевень-с.Шарпівк.	2,1301810381759	62	

Key	GST_Num	GST	Q 09_01	Hr	Hr - 50	(Hr-50)*Qos	(Hr-50)^2
1	24	Сейм-м.Ри.	0,83	51,75	1,75	1,4525	3,0625
2	38	Свапа-ст.Гс	1,15	51,17	1,17	1,3455	1,3689
3	48	Сула-м.Луб	1,78	50,58	0,58	1,0324	0,3364

q09_01рас = K3 + K4 * (Hr-50) K3 = 1,46221955260233 K4 = 0,365006276269709

Вихід

Рисунок 4.4 – Діалогове вікно «Data» з відновленою інформацією по гідрологічних постах на задану дату [13]

Для коректної роботи програми досить заповнити графи q_{09_01} й Q_m або тільки графу q_{09_01} .

4.2.2 Відновлення оперативної інформації по метеостанціях і гідрологічних постах

Відновлення вихідної інформації по глибинах промерзання ґрунту здійснюється на конкретно задану дату. При відновленні інформації в діалоговому вікні «SEIM» необхідно вибрати рік і дату, натиснути кнопку [Підтвердити], а потім натиснути кнопку [Дані], після чого відкриється діалогове вікно «Data» (див.рис.4.3 та 4.4) [13].

Після цього натиснути кнопку [Відновити інформацію], при активній кнопці [OI_Meteo], в результаті чого заповняться дві нижні таблиці (див.рис.4.3), при активній кнопці [OI_GST] – заповняться дві нижні таблиці (див.рис.4.4).

Відновлена інформація по глибинах промерзання ґрунту на задану дату заноситься до відповідної таблиці (наприклад, OI Meteo 2003_A), а по величинах q_{09_01} – до таблиці OI GST 2003_A.

У нижній таблиці в діалоговому вікні «Data», при активній кнопці [OI_Meteo], показані вихідні дані, по яких відновлюються значення глибин промерзання ґрунту на задану дату $L_{роз}$, а при активній кнопці [OI_GST] – дані, по яких відновлюються значення модулів осіннього стоку (з вересня попереднього року по січень розрахункового) $(q_{09_01})_{роз}$.

Відновлена інформація по цих величинах використовуються в подальших розрахунках. Слід зазначити, що при кожній зміні дати, відновлення вихідної інформації необхідно повторити, натисканням клавіші [Відновити інформацію].

Після занесення вихідних даних і відновлення інформації по глибинах промерзання ґрунту $L_{роз}$ і модулів осіннього стоку $(q_{09_01})_{роз}$ необхідно натиснути кнопку [Вихід] для того, щоб повернутися в діалогове вікно «SEIM» і продовжити розрахунок.

4.2.3 Схема прогнозу максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля у автоматичному режимі

На першому етапі роботи з програмним комплексом необхідно виконати усі операції, які описані в п. 4.2.2. Після у діалоговому вікні «SEIM» (див. рис. 3.1) необхідно натиснути кнопку [Розрахунок], в результаті чого відкриється діалогове вікно «Calculate» (рис. 4.5) [13].

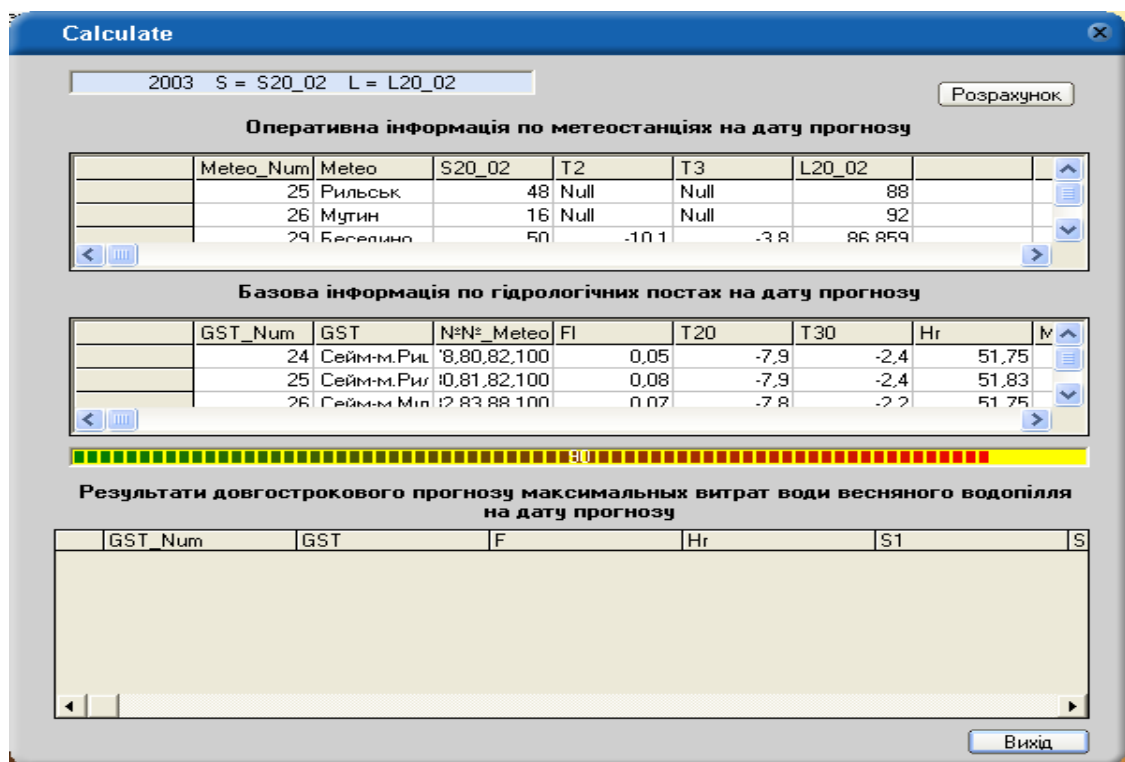


Рисунок 4.5 – Діалогове вікно «Calculate» з вибіркою вихідної інформації, яка використовується при прогнозі на задану дату [13]

У таблиці «Оперативна інформація по метеостанціях на дату прогнозу» (див. рис. 4.5) організується вибірка вихідних даних по метеостанціях для прогнозу на задану дату (наприклад, 20 лютого).

Вибірка усіх перелічених вихідних даних (по метеостанціях і гідрологічних постах), які використовуються у прогнозній схемі, здійснюється автоматично на задану дату.

Для одержання прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів та їх забезпеченості за методикою прогнозу (п. 3.1), необхідно натиснути кнопку [Розрахунок] у діалоговому вікні «Calculate», після чого заповнюється нижня таблиця (рис. 4.6) [13].

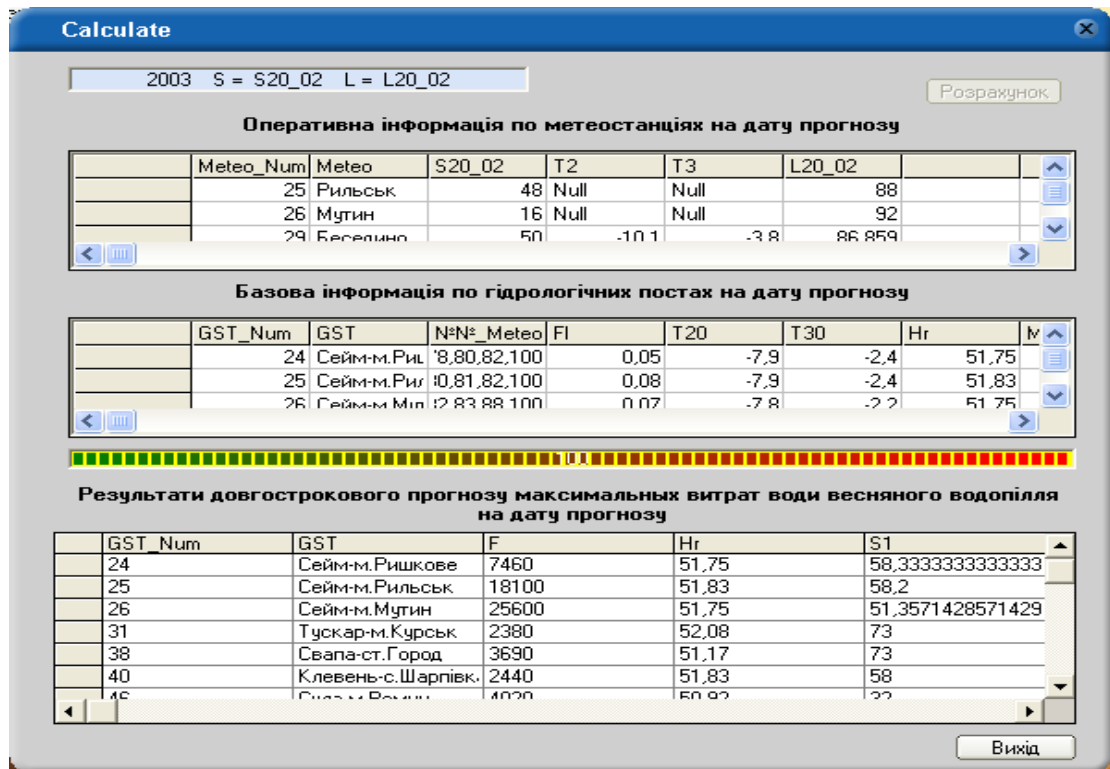


Рисунок 4.6 – Діалогове вікно «Calculate» з вибіркою вихідної інформації й виконаним розрахунком прогнозних величин на задану дату [13]

У таблиці «Результати довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на дату прогнозу» представлені усі проміжні розрахункові величини (див. рис.4.6).

4.2.4 Результати прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля та оцінка прогнозів

Для того, щоб переглянути, зберегти й роздрукувати таблиці з вихідними даними й результатами розрахунків, необхідно натиснути кнопку [Передати в Excel] у діалоговому вікні «Data» (див. рис. 4.1), після чого відкриється вікно «Send to Excel» (рис. 4.7) [13].

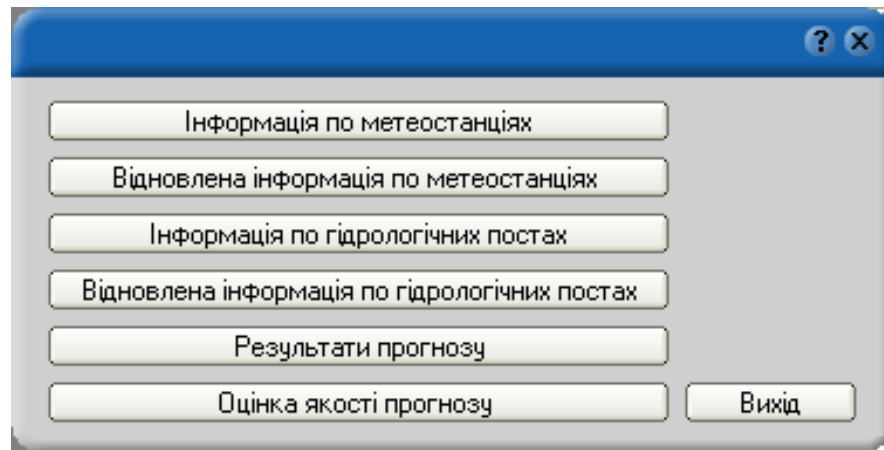


Рисунок 4.7 – Діалогове вікно для перегляду, збереження й роздрукування таблиць з вихідними даними, результатами розрахунку і оцінки якості прогнозу [13]

Натиснувши відповідну кнопку можна переглянути потрібну таблицю. Слід зазначити, що:

- у таблицях: «Інформація по метеостанціях» (OI Meteo, див. рис.4.3) і «Інформація по гідрологічних постах» (OI GST, див. рис. 4.4) відображається вся вихідна інформація (на дату прогнозу й на інші дати);

- у таблиці «Відновлена інформація по метеостанціях» (OI Meteo_A, див. рис. 4.3) вихідна інформація відображається також на дату прогнозу й інші дати, а відновлена інформація по глибинах промерзання ґрунту $L_{роз}$ надається лише на дату прогнозу (наприклад, якщо прогноз здійснюється на дату 20 лютого 2003 року, то відновлені значення по глибинах промерзання будуть надаватися лише на цю дату, незалежно від того чи виконувався прогноз на інші дати);

- у таблиці «Відновлена інформація по гідрологічних постах» (ОІ GST_A, див. рис. 4.4) відновлена інформація з модулів осіннього стоку $q_{(09_01)роз}$ надається для розрахункового року;

- у двох останніх таблицях: «Результати прогнозу» – надаються результати прогнозу (рис. 4.8) і «Оцінка якості прогнозу» – оцінка якості прогнозу (рис. 3.9) для дати складання прогнозу.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	Key	Gst_Num	Gst	F	SR	qOSI	LI1	I2	I3	DF1	DF2	Kgm	P%	GRm	
3	1	24	Сейм-м Рижове	7460	81,29	0,83	82,76	-10	-3,8	-2,74	-1,5	0,22	92	136,96	
4	2	25	Сейм-м Рильськ	18100	81,62	2,13	83,14	-10	-3,8	-1,12	0,44	0,68	61	589,98	
5	3	26	Сейм-м Мулин	25600	74,4	2,1	84,72	-9,3	-2,9	0,05	0,95	1,66	18	1576,07	
6	4	31	Тускар-м Курськ	2380	97,03	2,22	78,93	-10,1	-3,8	-3,28	-1,05	0,28	92	76,53	
7	5	38	Свала-ст.Город	3690	84,8	1,15	81,92	-10,1	-3,8	-4,48	-2,37	0,28	88	109,19	
8	6	40	Клевень-с Шарівка	2440	81,42	2,13	87,93	-9,3	-2,9	-3,37	-0,81	0,32	76	40,9	
9	7	46	Сула-м Ромни	4020	52,2	1,8	81,5	-8,5	-1,7	5,24	4,8	1,18	30	166,47	
10	8	48	Сула-м Лубни	14200	49,89	1,78	85,31	-8,5	-1,7	5,79	4,82	1,1	33	249,39	
11	9	51	Удай-м Прилуки	1520	46,26	1,77	84,29	-8,5	-1,7	4,34	3,66	1,05	36	33,4	
12	10	59	Псел-м Суми	7770	77,92	1,88	83,29	-8,1	-2,9	-2,25	0,35	0,98	39	293,53	
13	11	60	Псел-м Гадзи	11300	80,51	2,19	86,97	-9,1	-2,9	-2,31	0,84	1,11	33	312,71	
14	12	61	Псел-м Заспілья	22400	73,62	2,08	86,95	-9,1	-2,9	-0,67	2,14	1,02	37	341,92	
15	13	64	Хороль-м Миргород	1740	67,5	1,58	85	-8,5	-1,7	3,75	4,91	2,07	12	158,18	
16	14	66	Ворскла-с Чернетчина	5790	58,62	1,64	86,88	-9,1	-2,9	3,84	2,95	1,27	27	272,22	
17	15	67	Ворскла-с Кобеляки	13500	77,09	1,52	84,22	-9,1	-2,9	-0,46	1,12	0,81	47	207,11	
18	16	3	Десна-Брянськ	13700	95,14	2,73	84,73	-9,3	-2,9	-0,4	1,45	0,6	52	748,61	
19	17	4	Десна-Розьоти	36300	90,4	0	85,94	-9,1	-2,9	-7,36	-5,69	0,38	90	355,38	
20	18	9	Боля-Псур	3210	83,75	2,86	80,21	-9,3	-2,9	0,98	2,78	1,73	5	409,91	
21	19	15	Судость-Погар	5180	89,61	2,44	86,84	-9,1	-2,9	2,91	2,31	2,22	6	860,67	
22	20	20	Слов-Щорс	7140	70,65	3,43	107,95	-9	-2,6	7,36	5,19	1,69	16	555,93	

Рисунок 4.8 – Таблиця «Result» з результатами прогнозу на дату його складання [13]

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	Key	GST_Num	GST	F	SigmaQ	dDop	Gm	GRm	dQ	KR					
3	1	24	Сейм-м Рижове	7460	457	308	318	136,96	181,04	0,69					
4	2	25	Сейм-м Рильськ	18100	665	448,2	723	589,98	133,02	0,3					
5	3	26	Сейм-м Мулин	25600	676	455,6	552	1576,07	-1024,07	2,26					
6	4	31	Тускар-м Курськ	2380	177	119,3	216	76,53	139,47	1,17					
7	5	38	Свала-ст.Город	3690	235	158,4	***	109,19	***	***					
8	6	40	Клевень-с Шарівка	2440	81	54,6	62	40,9	21,1	0,39					
9	7	46	Сула-м Ромни	4020	109	73,5	83,6	168,47	-82,87	1,13					
10	8	48	Сула-м Лубни	14200	157	105,8	108	249,39	-141,39	1,34					
11	9	51	Удай-м Прилуки	1520	24,9	16,8	24,5	33,4	-8,9	0,63					
12	10	59	Псел-м Суми	7770	253	170,5	274	299,55	-25,55	0,15					
13	11	60	Псел-м Гадзи	11300	273	184	195	312,71	-117,71	0,24					
14	12	61	Псел-м Заспілья	22400	233	157	268	341,92	-73,92	0,47					
15	13	64	Хороль-м Миргород	1740	57,5	38,8	62,3	158,18	-105,88	2,73					
16	14	66	Ворскла-с Чернетчина	5790	199	134,1	226	272,22	-46,22	0,34					
17	15	67	Ворскла-с Кобеляки	13500	250	168,5	280	207,11	72,89	0,43					
18	16	3	Десна-Брянськ	13700	702	473,1	371	748,61	-371,61	0,8					
19	17	4	Десна-Розьоти	36300	654	440,8	371	355,38	-377,51	0,86					
20	18	9	Боля-Псур	3210	115	77,5	241	409,91	-168,91	2,18					
21	19	15	Судость-Погар	5180	273	184	179	860,67	-681,67	3,7					
22	20	20	Слов-Щорс	7140	255	171,9	108	555,93	-447,93	2,61					

Рисунок 4.9 – Таблиця «Estimation» з оцінкою якості прогнозу на дату його складання [13]

4.2.5 Автоматична побудова картосхем очікуваних максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля та їх забезпеченості

Для побудови карти прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів стоку весняного водопілля необхідно в діалоговому вікні «Data» (див. рис. 4.1) натиснути кнопку [Карта Kqm], в результаті чого відкриється вікно «Excel» і діалогове вікно програми «Chart Kqm», за допомогою якого виконується побудова карти Kqm (рис. 4.10) [13].

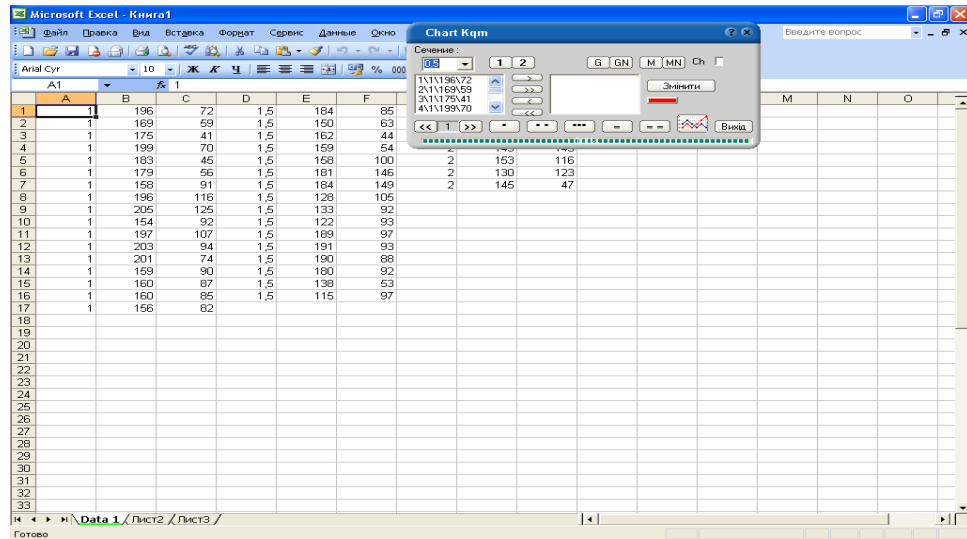


Рисунок 4.10 – Вікно «Excel» і діалогове вікно програми «Chart Kqm» [13]

На рис. 4.10 показана таблиця з координатами ізоліній величини Kqm при заданому кроці ізоліній на рівні 0.5. Крок ізоліній можна задавати, рівними 0.1; 0.2; 0.5, у діалоговому вікні «Chart Kqm» (рис. 4.11).

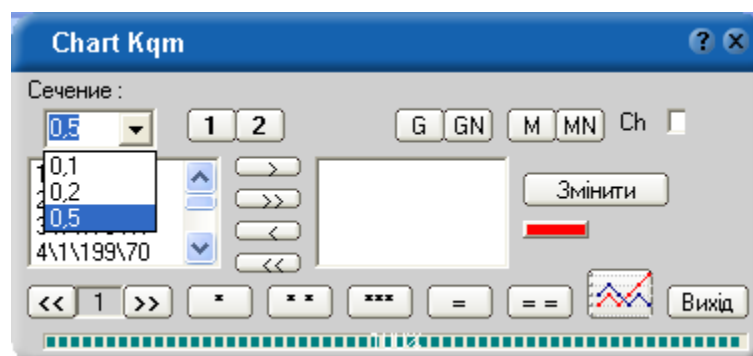


Рисунок 4.11 – Вибір кроку ізолінії у вікні «Chart Kqm» [13]

У програмі «SEIM» побудова ізоліній здійснюється за допомогою діалогового вікна «Chart Kqm» шляхом організації серій ізоліній заданої

величини. На рис. 4.12 показані три серії ізоліній із значеннями - 1; 1.5; 2. В кожному вікні показано: номер точки даної серії \значення величини K_{qm} \ координата точки по осі X \ координата точки по осі Y.

При роботі з обраною серією ізоліній заданої величини K_{qm} можна самостійно задати порядок з'єднання точок або у випадку, коли потрібно побудувати кілька окремих ізоліній заданої величини K_{qm} , розбити цю серію на декілька допоміжних. Вікно «Excel» з відображенням точок інтерполяції величини K_{qm} представлена на рис. 4.12 [13].

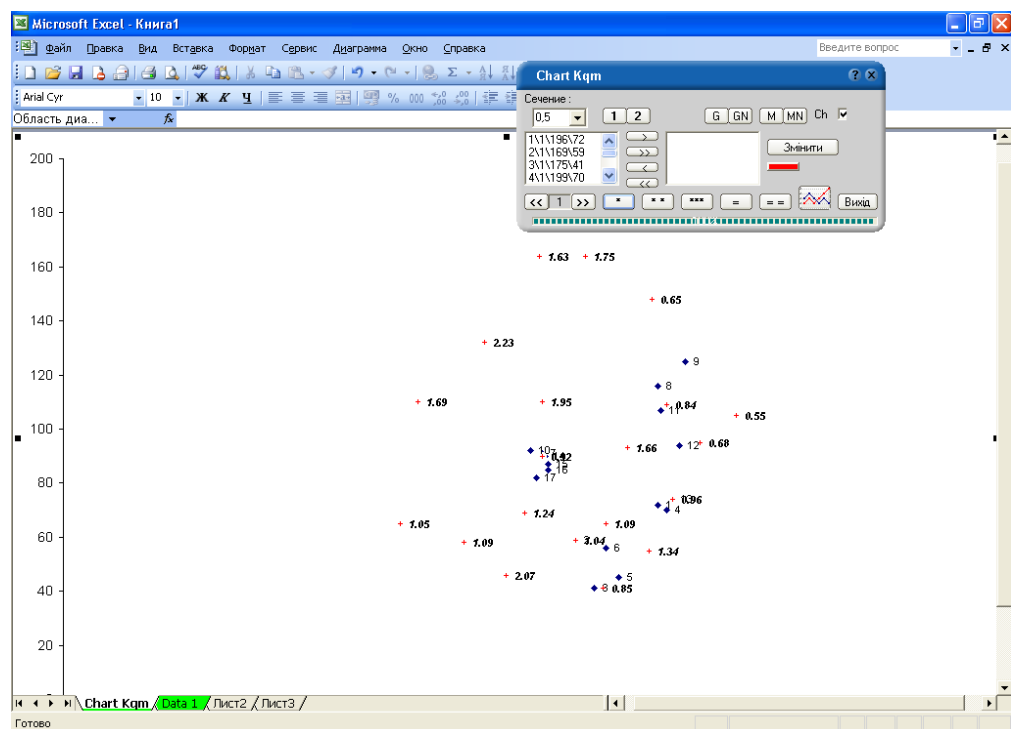


Рисунок 4.12 – Вікно «Excel» з відображенням точок інтерполяції величини K_{qm} , рівної 1,0 [13]

Після того, як карта ізоліній побудована, бажано вихідний файл зберегти й у подальшу його редакцію робити в Excel.

Для побудови карти прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля необхідно в діалоговому вікні «Data» (див. рис.4.1) натиснути кнопку [Карта P%], у результаті чого відкриється

«Excel» і діалогове вікно програми «Chart P» за допомогою якого виконується побудова карти в $P, \%$ (рис 4.13) [13].

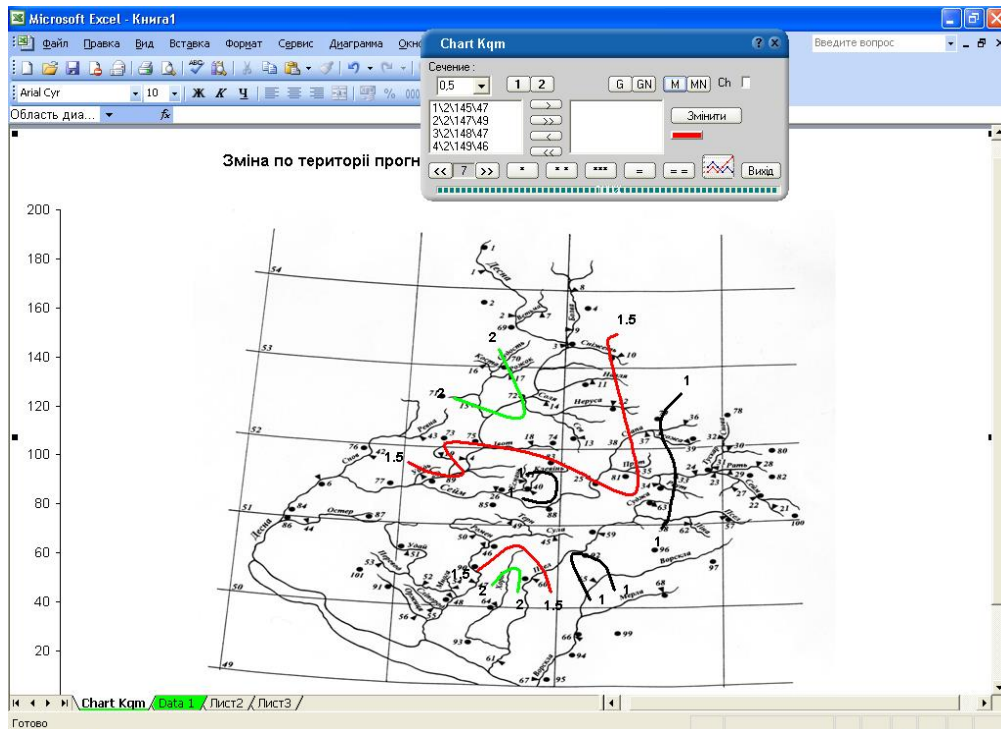


Рисунок 4.13 – Вікно «Excel» з відображенням ізоліній величини K_{qm} , з кроком, рівним 0,5 на картографічній основі [13]

Робота в діалоговому вікні «Chart P» здійснюється аналогічно з діалоговим вікном «Chart Kqm», з тією лише різницею, що крок ізоліній там задано 5 й 10 % (рис. 4.14).

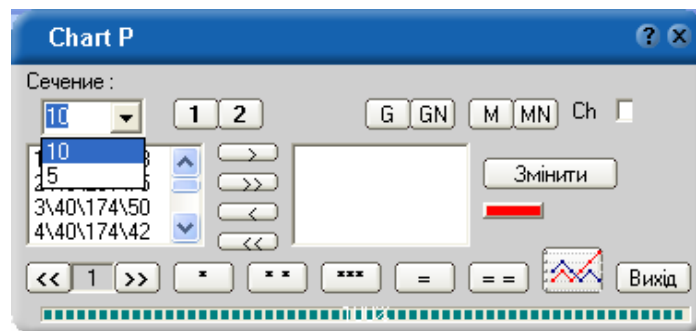


Рисунок 4.14 – Діалогове вікно «Chart P» [13]

4.3 Схеми складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р.

Етапи випуску прогнозів шарів стоку весняного водопілля:

а) складання альтернативного (якісного) прогнозу водності очікуваного весняного водопілля виконується з урахуванням знаку лінійної дискримінантної функції DF за формулами вигляду:

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{Q_{нв}} + a_3 k_L ;$$

Коефіцієнти рівнянь, наведені в табл.4.1. За знаком дискримінантної функції встановлюється якісний (альтернативний) прогноз водності майбутнього водопілля:

- дискримінантна функція $DF1 > 0$ – шари стоку очікуються більші за середньобогаторічні значення (ситуація 1);

- $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$ – водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується близьким до середньобогаторічних їх значень;

- $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$ – шари стоку водопілля прогноуються меншим за середньобогаторічні їх значення (ситуація 3);

б) прогноз модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку k_Y здійснюється на дату його складання за регіональним рівнянням

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3 ,$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots$ – коефіцієнти полінома при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля в басейнах водойм, які встановлюють за даними табл 3.2 відповідно знаку дискримінантного рівняння;

в) здійснюється перехід від прогнозних значень модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q_m = k_{q_m} q_0 F ,$$

де F – площа водозборів річок, км^2 .

г) оцінка ймовірності настання (забезпеченості) прогнозних максимальних витрат води весняного водопілля у багаторічному розрізі ведеться за таблицею трипараметричного гама-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеля у вигляді

$$P_1 < P_{Q_m} < P_2 ,$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості.

д) Результати прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля, їх представлення та оцінка.

По запропонованій схемі для басейну р. Сула, Псел і Ворскла за комп'ютерною програмою були складені довгострокові прогнози максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р., у дати, встановлені Гідрометцентром України, тобто 10.02, 20.02, 28.02 та дату S_m – максимального снігонакопичення (табл.4.3).

ж) Формою представлення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля у поточному році є:

- таблиці очікуваних величин (найбільш ймовірні їх значення, отримані за методикою прогнозу, та інтервал максимальних витрат води весняного водопілля з урахуванням допустимої похибки прогнозу) та забезпеченості їх настання у багаторічному періоді;

- картосхеми розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості у багаторічному розрізі $P\%$.

Таблиця 4.3 - Результати довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 рік

Key	Gst_Nu m	Gst	F	SR	qOS i	Lli	T 2	T 3	DF1	DF2	Kq m	P%	QRm
1	46	Сула-м.Ромни	4020	74	0,09	25	- 11,3	3	-12,1	- 8,17	0,29	87	41,42
2	48	Сула-м.Лубни	14200	72	0,17	22	- 11,3	3	-11,7	- 7,92	0,28	84	62,72
3	51	Удай-м.Прилуки	1520	71	0,02	17	- 11,8	3	-12,8	- 8,99	0,27	88	8,69
4	59	Псел-м.Суми	7770	76	1,16	30	-12	3	-10,6	- 6,54	0,34	79	105,3 2
5	60	Псел-м.Гадяч	11300	57	1,07	28	-12	3	-7,05	- 5,06	0,18	92	49,81
6	61	Псел-м.Запсілля	22400	45	0,52	26	-12	3	-5,59	- 4,82	0,1	98	35,09
7	64	Хорол-м.Миргород	1740	61	0,25	12	- 10,8	3	-10,5	- 7,32	0,2	86	15,06
8	66	Ворскла- с.Чернетчина	5790	30	0,31	37	- 11,8	3	-5	- 2,23	0,3	99	47,7
9	67	Ворскла- с.Кобеляки	13500	29	0,65	35	- 11,8	3	-5	-1,6	0,25	99	53,75

Використана методика прогнозу дозволяє по отриманих картосхемах здійснити прогноз максимальних витрат води весняного водопілля з визначенням їх забезпеченості для будь-яких річок, незалежно від стану їх гідрологічної вивченості.

При прогнозуванні весняного водопілля 2020-2021 р. карта очікуваних модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля наведені на рис.4.15. Як видно, у басейнах Сула, Псел та Ворскла модульний коефіцієнт змінюється від 0,1 у північно-східних частинах басейні до 0,3 – у південно-східних.

Розподіл забезпеченостей прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля ($P\%$) простежується при забезпеченості 85-95% у том же напрямку як і витрати води (рис. 4.16).

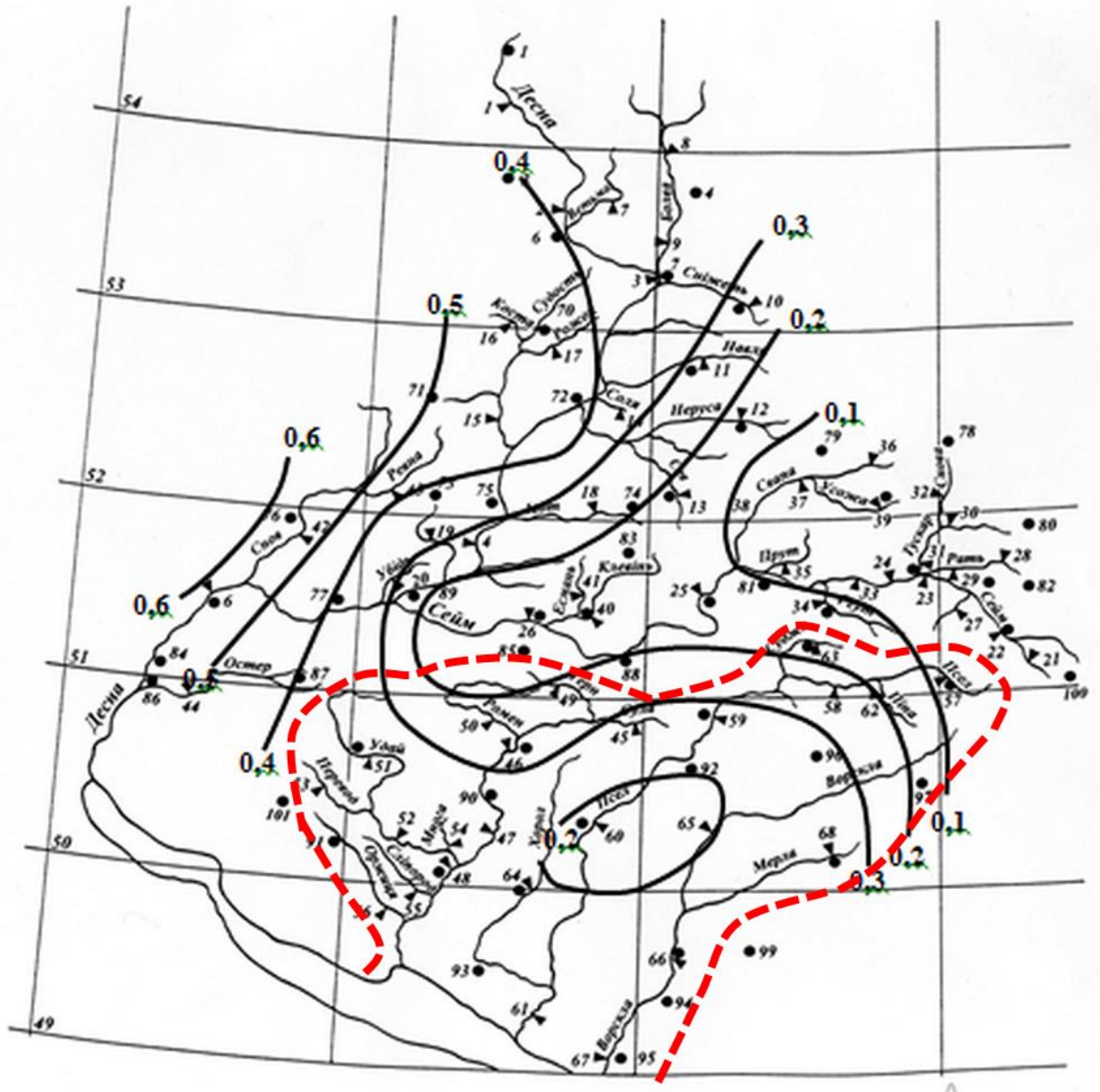


Рисунок 4.15 – Розподіл по території прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля 2020-2021 р.

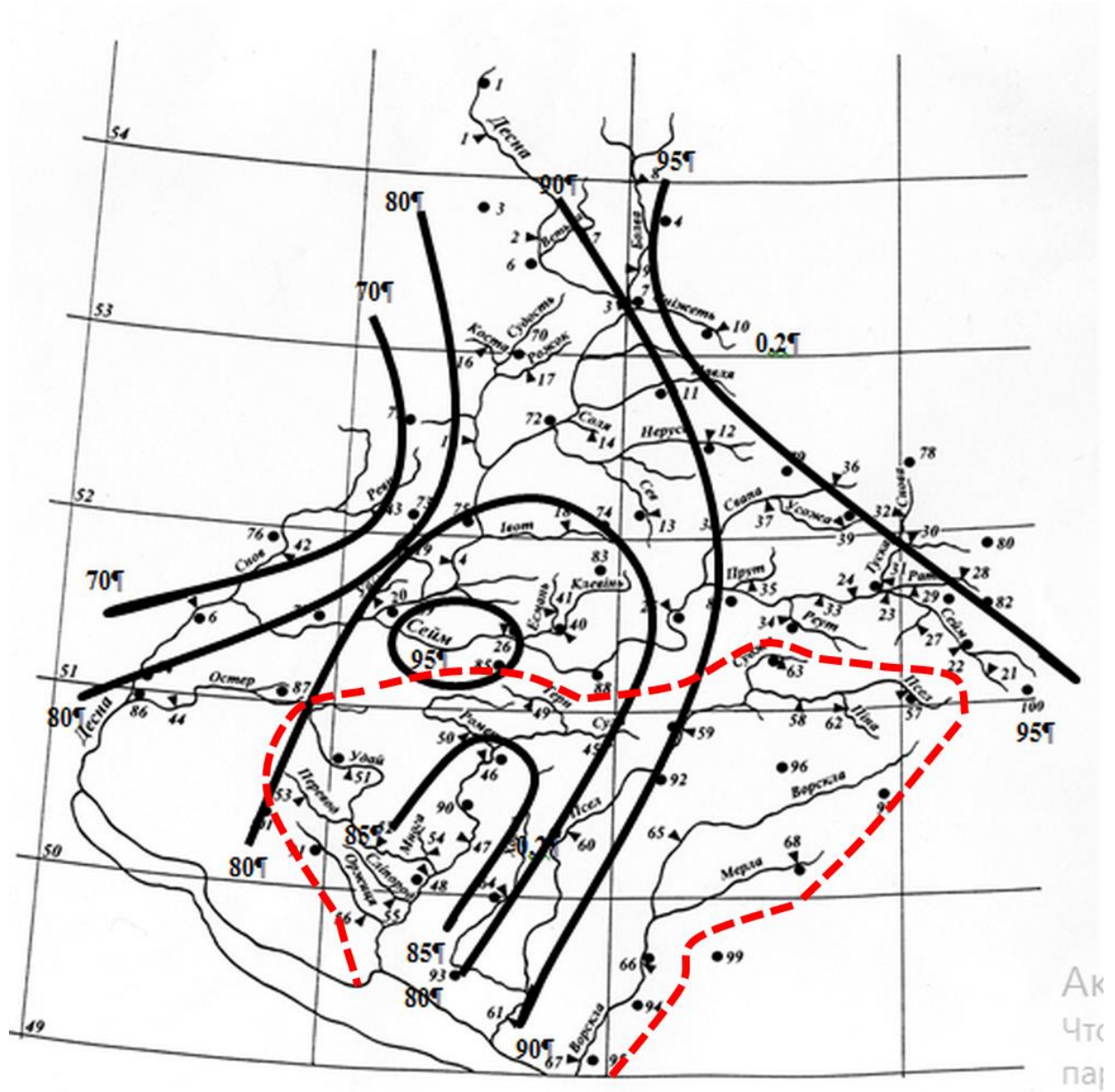


Рисунок 4.16 - Розподіл по території забезпеченості ($P\%$) прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р.

з) Оцінка якості довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля виконується шляхом визначення похибки прогнозу δ та в частках від допустимої похибки, тобто $\delta/\delta_{дон}$.

Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta/\delta_{дон} \leq 1.0$.

Оцінка оперативних прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля у 2020-2021 р. наведена в табл. 4.4 .

Таблиця 4.4 - Оцінка якості довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля

Key	GST_Num	GST	F	SigmaQ	ddop	Qm	QRm	dQ	KR
1	46	Сула-м.Ромни	4020	109	73,5	***	41,4	***	***
2	48	Сула-м.Лубни	14200	157	105,8	16	62,7	-46,7	0,44
3	51	Удай-м.Прилуки	1520	24,9	16,8	***	8,69	***	***
4	59	Псел-м.Суми	7770	253	170,5	***	105	***	***
5	60	Псел-м.Гадяч	11300	273	184	***	49,8	***	***
6	61	Псел-м.Запсілля	22400	233	157	56,7	35,1	21,61	0,14
7	64	Хорол-м.Миргород	1740	57,5	38,8	***	15,1	***	***
8	66	Ворскла-с.Чернетчина	5790	199	134,1	***	47,7	***	***
9	67	Ворскла-с.Кобеляки	13500	250	168,5	47,9	53,8	-5,8	0,04

Прогнози максимальних витрат води весняного водопілля на 3х річках розглядуваної території у 2021 р. є справджуваними – критерій якості прогнозу на дату прогнозу KR, обчислений як $dQ/ddop$ змінюються від 0,04 до 0,44, тобто прогноз вважається відмінним.

Комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик р. Сула – Лубни, р. Псел – с. Запсілля і р. Ворскла – с.Кобеляки за період формування весняного водопілля 2020-2021 р. представлені на рис. 4.5 - рис.4.6.

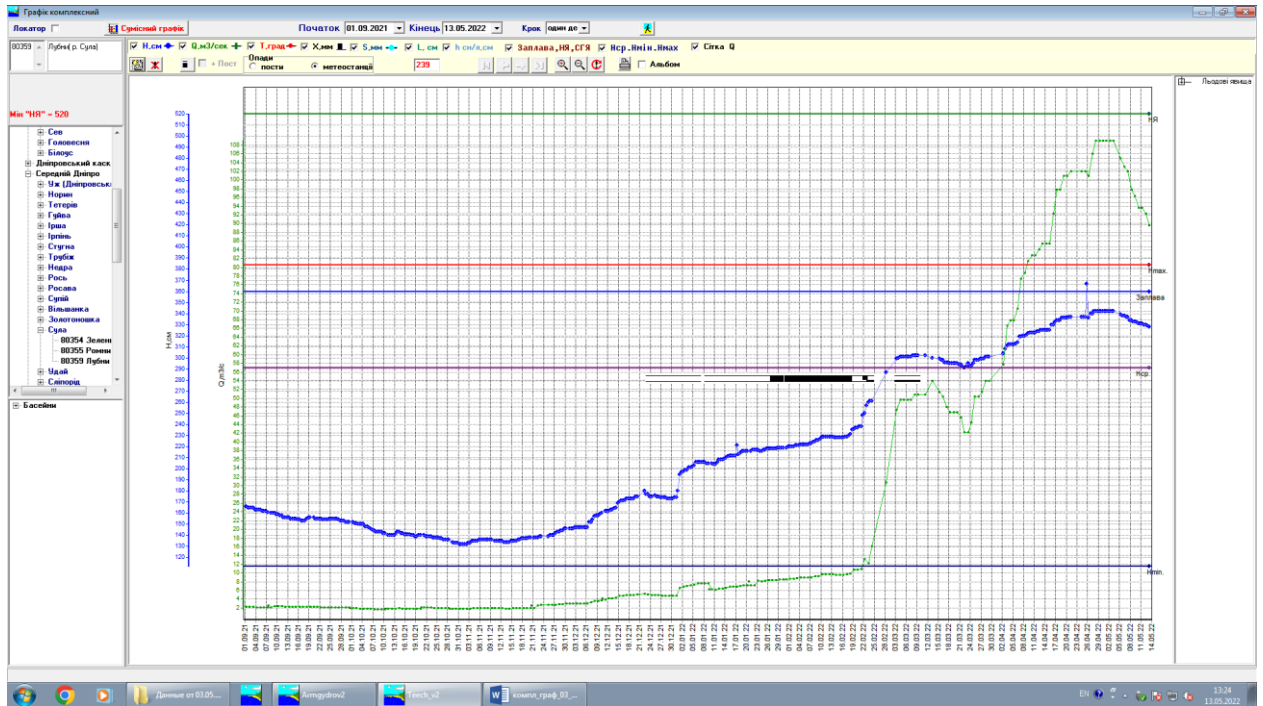


Рисунок 4.5 - Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Сула – Лубни за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.

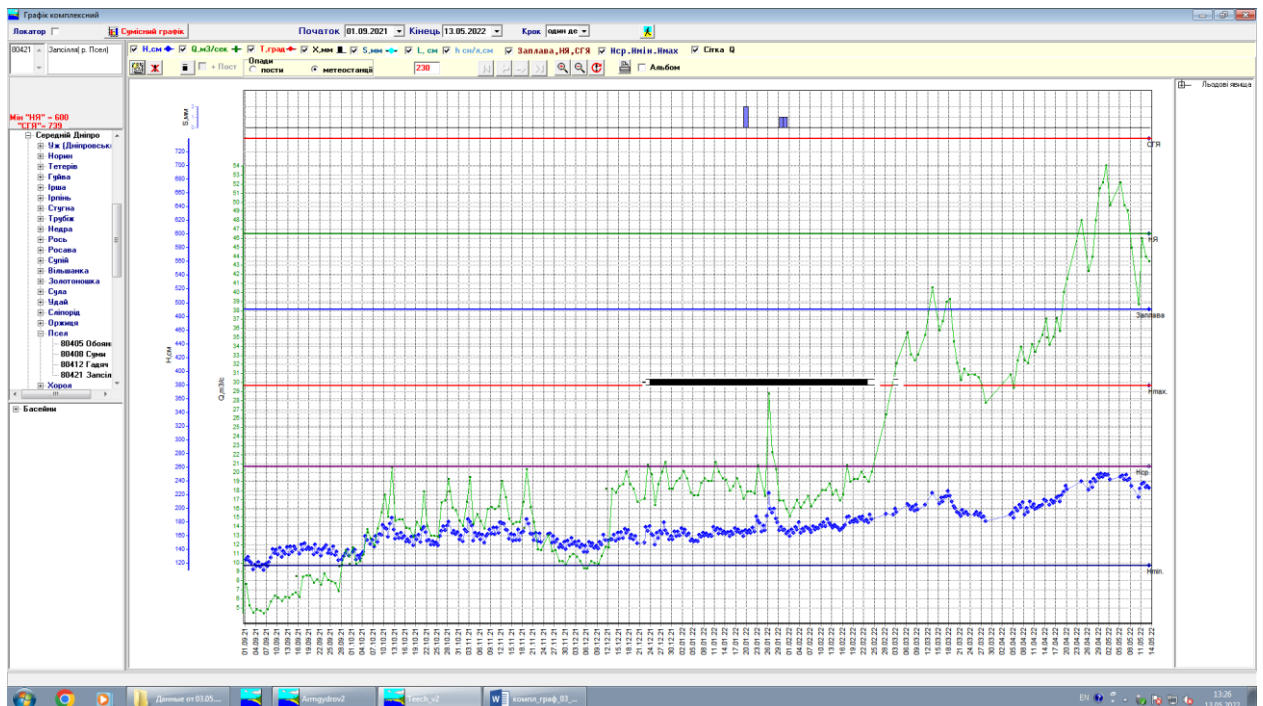


Рисунок 4.5 - Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Псел – с. Запсілля за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.



Рисунок 4.5 - Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Ворскла – с. Кобеляки за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.

Основні результати довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах рр. Сула, Псел і Ворскла при використанні прогностичного комп'ютерного комплексу «Сейм» наведені в роботі авторів [17].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи здійснено аналіз гідрометеорологічних чинників та методики прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля річок, ознайомлено з принципами роботи автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Сула.

Основні висновки в роботі наступні.

1. Встановлено, що басейні р. Сула весняне водопілля у багаторічному періоді формується внаслідок сніготанення та випадіння рідких опадів у весняний період року. Проте, зміни клімату, що відбуваються протягом останніх десятиліть значною мірою впливають на гідрометеорологічні фактори, а відповідно і на умови формування весняних водопіль на річках розглядуваної території.

2. Аналіз спостережених гідрологічних ризиків в басейні р. Сула за даними АРМ-гідро та за даними навчальної лабораторії гідрологічної інформації та розрахунків кафедри гідрології суші Гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету показав, що в багатоводні роки (наприклад, 1988 рр.) спостерігалися рівні води, при яких спостерігали небезпечні явища (НЯ), які спричиняли підтоплення житлових будинків.

3. Статистична обробка рядів даних була проведена методом моментів і найбільшої правдоподібності. Коефіцієнт варіації C_v максимальних витрат води змінюється в межах від 0,43 до 1,12, коефіцієнт асиметрії C_s змінюється від 0,37 до 3,21 середнє співвідношення $C_s / C_v = 2,0$.

Коефіцієнт варіації максимальних шарів стоку коливається в межах від 0,22 і до 0,86, коефіцієнт асиметрії змінюється від 0,05 до 3,0, середнє співвідношення $C_s / C_v = 2,0$.

4. Визначено, що основні гідрометеорологічні чинники, що формують максимальні витрати води весняного водопілля в басейні р. Сула: максимальні запаси води в сніговому покриві та глибини промерзання ґрунтів, опади періоду весняного водопілля та температура повітря.

5. Методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Сула, яка реалізована у вигляді автоматизованого прогностичного комплексу «СЕЙМ» дозволяє автоматизувати та прискорити процес випуску прогнозу весняного водопілля, надати кількісну та ймовірнісну оцінку стокових характеристик у картографічній формі в цілому для великих регіонів, включаючи річки, не вивчені в гідрологічному відношенні.

6. У басейнах Сула, Псел та Ворскла модульний коефіцієнт змінюється від 0,1 у північно-східних частинах басейні до 0,3 – у південно-східних. Водопілля ($P\%$) простежується при забезпеченості 85-95% у том же напрямку як і витрати води

7. Прогнози максимальних витрат води весняного водопілля на 3х річках розглядуваної території у 2021 р. є справджуваними – критерій якості прогнозу на дату прогнозу KR , обчислений як $dQ/ddop$ змінюються від 0,04 до 0,44, тобто прогноз вважається відмінним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР Том 6 Украина и Молдавия выпуск Среднее и Нижнее Приднепровье. Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1971. 656 с.
2. Швебс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
3. Природа України. Географічні карти України.URL: <http://геомар.land.kiev.ua/> (дата звернення: 25.11.2021).
4. Вишневський В. І., Комовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
5. Клімат України / за ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Кліматичний кадастр України [CD-розробок]. Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006
7. Клімат України: у минулому...і майбутньому?: монографія / М.І Кульбіда, М.Б. Барабаш, Л.О. Єлістратова та ін.; за ред. М.І. Кульбіди, М.Б. Барабаш. Київ: Сталь, 2009. 234 с.
8. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2011-2015 рр. та весь період спостережень). Розділ 1. Поверхневі води. Снрія 3. Багаторічні дані. Частина 1. Річки. Випуск 2. Басейн Дніпра. Довідкове видання. Київ, 2017. 341 с.
9. Бовдуй В.В. Характеристики весняного водопілля річок басейну р. Сула. *Матеріали студентської наукової конференції ОДЕКУ, 2021 р.*, Одеса. 2021. С. 208.
10. Звіт про науково-дослідну роботу № 3/16 «Розроблення критеріїв та попередня оцінка ризиків затоплення територій у межах річкових басейнів відповідно до нормативних документів ЄС». Керівник Осадчий В.І., 2018 р. 177 с.

11. Бойко В.М., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І. Використання геоінформаційних технологій в оперативній гідрометеорології. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ, 2010. В.18. С.25-30. 14.
12. Шакірманова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України, Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 252 с.
13. Методичні вказівки з практичних занять та чергувань з дисципліни «Гідрологічні прогнози» по темі: «Територіальний довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна та лівих приток Середнього Дніпра (за автоматизованим комп'ютерним комплексом)» для студентів IV курсу денної форми навчання за спеціальністю «Гідрологія» / Шакірманова Ж.Р., Андреевська Г.М., Погорелова М.П., Будкіна І.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2012. 56 с.
14. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. с. 306.
15. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
16. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974, 424 с.
17. Шевченко П. О., Бовдуй В. В. Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Десна і р.Сула. *Матеріали Студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету - 2022, 11-18 травня 2022 р., Одеса: ОДЕКУ. 2022. С.210-2014.*

ДОДАТКИ


Додаток А.1 – Географічні координати центрів водозборів та морфометричні і гідрографічні характеристики [1] в басейні річки Сула


№ з/п	Індекс поста	Річка–пункт	Довгота λ , в долях град сх.д.	Широга φ , в долях град п.ш.	Довжина річки L , км	Похил річки I , ‰	F , км ²	Заболоченість f_b , %	Залісеність $f_{лв}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12
1	80350	р. Золотоношка – м. Золотоноша			60	30	431	5	2
2	80354	р. Сула – с. Зеленівка	34,07	50,51	44	24	427	2	2
3	80355	р. Сула – м. Ромни	33 30	50 44	111	37	4020	2	2
4	80359	р. Сула – м. Любни	33 01	50 00	445	65	14200	7	7
5	80369	р. Ромен – м. Ромни	-	-	104	62	1650	10	8
6	80372	р. Удай – м. Прилуки	32 24	50 36	90	27	1520	11	8
7	80380	р. Перевід – с. Сасинівка	23,26	50,18	79	24	745	16	8
8	80386	р. Сліпород – с. Олександрівка	32,54	49,56	75	23	527	3	7
9	80391	р. Оржиця – с. Маяківка	32,39	49,5	100	40	1950	1	8


Додаток А.2 – Ґрунти

Дерново-підзолисті ґрунти


Дерново-підзолисті ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах


 Дерново-приховано-підзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти (борові піски)


 Дерново-слабо-і середньопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти

 Дерново-середньо-і слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти

Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах


 Дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти


 Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані та суглинкові ґрунти


 Дерново-середньо-і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні переважно суглинкові ґрунти

Опідзолені ґрунти

Опідзолені ґрунти переважно на лесових породах

 Ясно-сірі опідзолені ґрунти

 Сірі опідзолені ґрунти


 Темно-сірі опідзолені ґрунти

 Чорноземи опідзолені


Опідзолені оглеєні ґрунти переважно на лесових породах

 Ясно-сірі і сірі опідзолені оглеєні ґрунти

 Темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти

 Чорноземи опідзолені оглеєні


Реградовані ґрунти на лесових породах

 Темно-сірі та сірі реградовані ґрунти


 Чорноземи реградовані

Чорноземи

Чорноземи неглибокі лісостепові на лесових породах


 Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні


Чорноземи глибокі на лесових породах


 Чорноземи глибокі слабогумусовані


 Чорноземи глибокі малогумусні

 Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні


 Чорноземи глибокі малогумусні вилуговані


 Чорноземи глибокі середньогумусні


 Чорноземи глибокі середньогумусні карбонатні


 Чорноземи глибокі середньогумусні вилуговані


Чорноземи звичайні на лесових породах

 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі


 Чорноземи звичайні малогумусні глибокі


 Чорноземи звичайні середньогумусні


 Чорноземи звичайні малогумусні

 Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі

Чорноземи звичайні міцелярно-карбонатні на лесових породах

 Чорноземи звичайні малогумусні глибокі міцелярно-карбонатні


 Чорноземи звичайні малогумусні міцелярно-карбонатні

 Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі міцелярно-карбонатні

Чорноземи південні на лесових породах


 Чорноземи південні малогумусні

 Чорноземи південні слабогумусовані


 Чорноземи південні слабогумусовані міцелярно-карбонатні

Чорноземи на щільних глинах

 Чорноземи на щільних глинах

 Чорноземи солонцюваті на щільних глинах

Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід

 Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід

Чорноземи переважно щебенюваті на елювії щільних карбонатних порід


 Чорноземи карбонатні на елювії щільних карбонатних порід


Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти


 Чорноземні глинисто-піщані та супіщані

грунти


Чорноземи залишково-солонцюваті на лесових породах

 Чорноземи глибокі залишково-солонцюваті

 Чорноземи звичайні залишково-солонцюваті


 Чорноземи південні залишково-солонцюваті


Чорноземи солонцюваті на нелесових породах


 Чорноземи солонцюваті на елювії дочетвертинних щільних порід

Лучно-чорноземні ґрунти переважно на лесовидних породах

 Лучно-чорноземні ґрунти


 Лучно-чорноземні поверхнево-солонцюваті ґрунти


 Лучно-чорноземні глибоко-солонцюваті ґрунти

 Лучно-чорноземні глибоко-вилуговані (осолоділі) ґрунти западин (в мікрокомплексі)

Каштанові ґрунти

Темно-каштанові ґрунти переважно на лесових породах


 Темно-каштанові залишково-солонцюваті ґрунти

 Темно-каштанові солонцюваті ґрунти


Каштанові ґрунти переважно на лесових породах


 Каштанові солонцюваті ґрунти


Лучно-каштанові ґрунти

 Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти

Лучні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах


 Лучні та чорноземно-лучні ґрунти


 Лучні та чорноземно-лучні поверхнево-солонцюваті ґрунти

 Лучні та чорноземно-лучні глибоко-солонцюваті ґрунти


Лучно-болотні, болотні. Торфовища

Лучно-болотні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах

 Лучно-болотні ґрунти


 Лучно-болотні солонцюваті ґрунти

Болотні та торфувато-болотні ґрунти на різних породах

 Болотні та торфувато-болотні ґрунти


 Болотні солонцюваті ґрунти

Торфовища


 Торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти


Солонці і солончаки


 Солонці

 Солончаки і солончаковий мул


Оглеєні солонцюваті та осолоділі ґрунти подів і западин


 Лучно-чорноземні глейові карбонатні ґрунти


 Лучно-чорноземні оглеєні солонцювато-осолоділі ґрунти


 Дернові глейові солонцювато-осолоділі ґрунти та солоді


Дернові ґрунти


 Дернові піщані та глинисто-піщані ґрунти


 Дернові оглеєні ґрунти

 Дернові супіщані та суглинкові ґрунти


 Піски слабозадерновані, слабогумусовані і негумусовані

 Дернові ґрунти на елювії некарбонатних порід


 Дернові карбонатні ґрунти переважно на елювії щільних карбонатних порід

 Дернові опідзолені ґрунти та оглеєні їх види

Гірські лучні ґрунти на елювії-делювії щільних порід

 Гірські лучні оторфовані ґрунти на елювії-делювії щільних порід

Буроземно-підзолисті ґрунти

 Буроземно-підзолисті ґрунти

 Буроземно-підзолисті оглеєні ґрунти

Бурі гірсько-лісові переважно щебенюваті ґрунти на елювії-делювії щільних порід

 Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти

 Бурі гірські остеповілі щебенюваті ґрунти

Дерново-буроземні ґрунти на різних породах

■ Дерново-буроземні ґрунти

■ Дерново-буроземні оглеєні ґрунти

Лучно-буроземні ґрунти на алювіальних та делювіальних відкладах, підстелених рінняком

■ Лучно-буроземні ґрунти

Коричневі гірські щебенюваті ґрунти сухих лісів та чагарників на елювії-делювії корінних порід

■ Коричневі гірські ґрунти

Додаток А.3 – Рослинність

Лісова рослинність. Ліси височин і рівнин

Хвойні та широколистяно-хвойні ліси

Соснові із сосни звичайної (*Pinus silvestris*) місцями в поєднанні з дубово-сосновими лісами, болотами і луками

Сільськогосподарські землі на місці соснових лісів, іноді в поєднанні з луками

Дубово-соснові, рідше грабово-дубово-соснові із сосни звичайної (*Pinus silvestris*), дуба звичайного (*Quercus robur*) та граба звичайного (*Carpinus betulus*), місцями в поєднанні з сосновими лісами

Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів, місцями в поєднанні з луками

Дубово-соснові борових терас річок

Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів борових терас річок

Липово-дубово-соснові ліси

Сільськогосподарські землі на місці липово-дубово-соснових лісів

Листяні ліси

Березові з берези бородавчастої (*Betula verrucosa*)

Вільхові з вільхи клейкої (*Alnus glutinosa*)

Широколистяні ліси

Букові, дубово-букові та грабово-букові Сільськогосподарські землі на місці букових, дубово-букових і грабово-букових лісів

Дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*) Грабово-дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*) та граба звичайного (*Carpinus betulus*), часто в поєднанні з похідними грабовими лісами

Кленово-липово-дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*), липи серцелистої (*Tilia cordata*) і клена гостролистого (*Acer platanotdes*)

Дубові з дуба скельного (*Quercus petrata*). місцями в поєднанні з буково-дубовими і буково-грабовими

Сільськогосподарські землі на місці дубових, грабово-дубових та інших широколистяно-дубових лісів

Степова рослинність

Лучні степи

Заповідні ковилово-типчакково-різнотравні (*Stipa joannis*, *S. stenophylla*, *Festuca sulcata*, *Bromus riparius*) і лучно-степове різнотрав'я

Сільськогосподарські землі на місці лугових степів і остепнених луків

Сільськогосподарські землі на місці кам'янистих передгірнокримських лучних степів

Кримські гірські різнотравно-злакові лучні степи і остепнені луки (яйли)

Справжні різнотравно-типчакково-ковилові степи

Заповідні різнотравно-типчакково-ковилові

Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових степів

Сільськогосподарські землі на місці кам'янистих різнотравно - (*Achillea leptophylla*) - типчакково-ковилових степів Донецького кряжу, на схилах в поєднанні з цими степами

Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових степів (*S. pontica*, *S. tessingiana*) у поєднанні з кам'янистими степами

Сільськогосподарські землі в поєднанні з кам'янистими різнотравно-типчакково-ковилового степу

Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових (*F. beckeri*, *S. borysthenica*) псамофітних степів, терас річок

Типчакково-ковилові степи

Заповідні типчакково-ковилові (*S. ucrainica*, *S. lessingiana*)

Сільськогосподарські землі на місці типчакково-ковилових степів

Сільськогосподарські землі на місці псамофітних типчакково-ковилових степів

Пустельні степи

Полинно-типчакково-ковилові (*Artemisia boschntakiana*, *S. capillata*, *S. lessingiana*) в комплексі з солонцями (здебільше розорані)

Полинно-злакові (*Artemisia taurica*. *F. suicata*. *S. lessingiana*, *Agropyron pectiniforme*). місцями в комплексі з солонцями (здебільше розорані)

Болотна рослинність

Високотравні болота (*Phragmites communis*, *Typha angustifolia*) тривало заплавні луки і деревно-чагарникова рослинність низин Дніпра, Дунаю та інших річок (плавні)

Низинні трав'яні і трав'яно-мохові, місцями а поєднанні з лісовими болотами і луками

Перехідні та верхові сфагнові, лісові сфагнові

Сільськогосподарські землі і сіяні луки на місці осушених болот

Галофільна і лучно-галофільна рослинність

Рослинність солончаків (*Halocnemum strobilaceum*. *Salicornia herbacea*. *Suaeda prostrata* та інші), місцями в комплексі з солонцевою (*Artemisia boschniakiana*. *Camphorosma monspeliacum*. *Limonium alufaceum* та інші)

Лугово-солончакова в поєднанні з рослинністю пісків морського узбережжя, перевисипів, кос, островів

Псамофітна рослинність

Рослинність пісків, місцями в комплексі з піщаними степами, дубовими (*Quercus robur*), березовими (*Betula borysthena*). вільховими гайками і посадками сосни

Додаток А.4 – Середньобагаторічні характеристики весняного водопілля річки Сула (осереднені станом на 2015 р. [8])

№ з/п	Індекс поста	Річка – пост	Дата			Тривалість повені, доба	Найбільша строкова витрата води, м ³ /с	Сумарний шар стоку за повінь, мм	Об'єм стоку за повінь, млн. м ³	Стік за повінь, % від стоку за рік
			початку повені	най-більшої строкової витрати води	закінчення повені					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	80350	р. Золотоношка – м. Золотоноша	04.03	18.03	20.04	45	5,78	19	8,40	35
2.	80354	р. Сула – с. Зеленівка	07.03	18.03	19.04	40	37,2	50	21,6	52
3.	80355	р. Сула – м. Ромни	06.03	24.03	08.05	60	108	39	155	54
4.	80359	р. Сула – м. Любни	06.03	03.04	28.05	80	184	38	533	65
5.	80369	р. Ромен – м. Ромни	04.03	23.03	28.04	54	23,8	27	44,2	47
6.	80372	р. Удай – м. Прилуки	07.03	27.03	08.05	60	27,7	41	62,1	54
7.	80380	р. Перевід – с. Сасинівка	04.03	22.03	23.04	48	5,38	14	10,8	30
8.	80386	р. Сліпород – с. Олександрівка	03.03	17.03	17.04	41	8,99	18	9,60	41
9.	80391	р. Оржиця – с. Маяківка	02.03	18.03	20.04	45	16,6	15	30,2	28

Додаток А.5 – Список гідрологічних постів в басейні річки Сула

№ з/п	Індекс поста	Річка – пост	Площа водозбору, км ²	Період спостережень за стоком води (станом на 2015 р.)	Число років спостережень, <i>n</i>
1	2	3	4	5	6
1	80350	р. Золотоношка – м. Золотоноша	431	1945-2015	70
2	80354	р. Сула – с. Зеленівка	427	1932-1941, 1944-2015	80
3	80355	р. Сула – м. Ромни	4020	1926-1940, 1958-2015	71
4	80359	р. Сула – м. Любни	14200	1936-2015	79
5	80369	р. Ромен – м. Ромни	1650	1956-2015	59
6	80372	р. Удай – м. Прилуки	1520	1936-1941, 1944-2015	76
7	80380	р. Перевід – с. Сасинівка	745	1956-2015	59
8	80386	р. Сліпород – с. Олександрівка	527	1954-2015	61
9	80391	р. Оржиця – с. Маяківка	1950	1965-2015	50

Додаток А.6 – Список метеорологічних та агрометеорологічних станцій в басейні річки Сула

№ з/п	Індекс	Пункт	Область
1	33246	Ніжин	Чернігівська
2	33261	Конотоп	Сумська
3	33268	Ромни	Сумська
4	33356	Яготин	Київська
5	33362	Прилуки	Чернігівська
6	33377	Лубни	Полтавська
7	80354	Зеленківка	Полтавська
8	80380	Сасинівка	Полтавська
9	80386	Олександрівка	Полтавська
10	80391	Маяківка	Полтавська

Додаток А.7 – Спостережені НЯ та СГЯ в басейні р. Сула за даними АРМ-гідро

№ з/п	Річка	Назва поста	Індекс поста	Н, м	Тип явища	Явище	Об'єкт	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Сула	Зеленківка	80354	365	НЯ	Підтоплення 4 житлових будинків, розташованих на заплаві	с. Зеленківка	
2.	Сула	Ромни	80355	385	НЯ	Часткове підтоплення дворів жителів	м. Ромни, с.Засулля	
3.	Сула	Ромни	80355	396	НЯ	Підтоплення території	м. Ромни, територія автоклубу, посолбази райпотребсоюзу, облбіолабораторії, автогоспо-во, цех конст	
4.	Сула	Ромни	80355	437	НЯ	Часткове підтоплення 4 житлових будинків (приватний сектор)	м.Ромни, с.Засулля	1988
5.	Сула	Ромни	80355	465	НЯ	Підтоплення житлових будинків	с.м.т.Недригайлів, Зеленківка. Філонове, Новоселівка, Комишанка, Підсулля, Хоружівка	
6.	Сула	Ромни	80355	465	НЯ	Підтоплення житлових будинків за рахунок підпору води в р. Терни	с. Терни, Деркачівка	

Продовження дод. А.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	Сула	Ромни	80355	465	НЯ	Підтоплення житлових будинків	села Пустовійтівка, Загребелля, Вовківці, Плавинище, Біловоди. Піски, Мельники, Гудими, Чеберяки	
8.	Сула	Ромни	80355	465	НЯ	Підтоплення житлових будинків	Глинськ, Нова Гребля	
9.	Сула	Лубни	80359	520	НЯ	Часткове затоплення кількох дворів жителів	м. Лубни, вул. Короленка, Фрунзе	
10.	Сула	Лубни	80359	560	НЯ	Підтоплення фундаментів житлових будинків, розташованих на заплаві	м. Лубни, те ж по мосту Лубни, район Засулля	
11.	Сула	Лубни	80359	560	НЯ	Підтоплення території	с. Солониця, склади «Заготзерно»	
12.	Удай	Прилуки	80372	318	СГЯ	максимум		