

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Десна**

Виконав студент групи ГО-18
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Шевченко Олексій Павлович

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

Консультант _____

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
Рашидівна Шакірзанова Шакірзанова Ж.Р.
“ 02 ” березня 2022 року

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

студенту(ці) Шевченку Олексію Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Десна

керівник роботи Шакірзанова Жаннетта Рашидівна, д-р геогр. наук, проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від 21 грудня 2021 року № 267 “С”

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2022 р.
3. Вихідні дані до роботи щорічні дані характеристик снігового покриву, опадів, глибини промерзання ґрунту, температури повітря, гідрографічні та морфо-метричні характеристики території.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - 1) вивчення фізико-географічних умов формування стоку річки Десна, аналіз водного режиму весняного водопілля, вивченість басейну;
 - 2) основні гідрометеорологічні чинники та викладення теоретичних основ методу просторових довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля у басейні р. Десна;
 - 3) основи методики територіального довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля та картографічна форма представлення прогностичних величин та їх забезпеченості;
 - 4) комп'ютеризація процесу комплексного оперативного забезпечення про стан водності річок в період весняного водопілля;
 - 5) довгострокове прогнозування максимальних витрат води по гідрометеорологічним даним та їх забезпеченості, картографічна форма представлення прогностичних величин та їх забезпеченості для передчасної оцінки максимальних витрат води в річках під час весняного водопілля у 2020-2021 р.

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

Фізико-географічна карта басейну р. Десна, карта ґрунтів і рослинності, гідрографічна мережа річки Десна, гідрометеорологічна вивченість території, карта – схема розподілу модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р. та їх забезпеченості.

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. Десна.	02.03-09.03	90	відм.
2	Основні гідрометеорологічні чинники та методика територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного у басейні р. Десна.	10.03-15.03	90	відм.
3	Принципи роботи автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні р. Десна	16.03-20.05	85	добре
4	Рубіжна атестація			
5	Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Десна на основі комп'ютерного комплексу «СЕЙМ».	23.05-26.05	90	відм.
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	95	відм.
7	Оформлення магістерської роботи	01.06-05.06		
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)		90	відм.

Студент


(підпис)

Шевченко О.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шакірманова Ж.Р.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
1 Фізико-географічні умови формування меженного стоку річок в басейні річки Десна.....	8
1.1 Географічне положення і рельєф.	9
1.2 Ґрунти і рослинний покрив.	10
1.3 Кліматичні умови, які визначають характер меженного стоку річок.	11
1.3.1 Температура повітря.....	13
1.3.2 Оподи.....	14
1.3.3.Сніговий покрив.....	15
1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість басейну річки Десна.	15
1.5 Водний режим стоку річок.	18
1.6 Основні принципи роботи автоматизованого програмного комплексу АРМ-гідро.....	21
2 Основні гідрометеорологічні чинники та методика прогнозу максимальних витрат води весняного у басейні р. Десна.....	29
2.1 Основні закономірності формування витрат талих вод.....	29
2.1.1 Глибина промерзання ґрунту.....	30
2.2.2 Вологість ґрунту.....	31
2.2 Сніговий покрив.....	33
2.3 Визначення стокоутворюючих весняних опадів.....	35
2.4 Прогнози максимальних витрат та рівнів водопілля.....	36
2.5 Методичні основи методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну річки Десна.....	38

2.6	Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля	43
3	Принципи роботи автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні р. Десна.....	44
3.1	Автоматичне складання оперативного прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля.....	44
3.2	Складання бази вихідної та оперативної гідрометеорологічної інформації.....	46
3.3	Відновлення оперативної інформації по метеостанціях і гідрологічних постах.....	48
4	Територіальний довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна при використанні прогностичного комп'ютерного комплексу «Сейм».....	52
4.1	Методика довгострокового прогнозування прогноз максимальних витрат води весняного водопілля.....	53
4.2	Результати довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2020- 2021 р.....	56
4.3	Побудова карто-схем очікуваних модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості у багаторічному розрізі.....	59
4.4	Оцінка прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля.....	61
	Висновок.....	63
	Література.....	66

Вступ

Актуальність – у гідрологічному режимі більшості рівнинних річок України й зокрема басейну р. Десни, 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 важливою є задача прогностичної оцінки характеристик максимального стоку за сучасними прогностичними методами, які реалізовані у програмних комплексах.

Мета дослідження - здійснити аналіз основних гідрометеорологічних чинників й природних умов формування стоку в басейні р. Десна, при використанні автоматизованого програмного комплексів «АРМ-гідро» здійснити збір вихідної гідрометеорологічної інформації (у 2021 і 2022 рр.) та за програмним комплексом «СЕЙМ» здійснити прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р.

Методи досліджень – комплексний географічно теоретичний аналіз процесів формування весняного стоку в басейні річки Десна та інших річок. А також збір та узагальнення вихідних гідрометеорологічних даних, їх аналіз та вивчення роботи автоматизованими системами.

Практична значимість – результати роботи по довгостроковому прогнозуванню максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна будуть використані в УкрГМЦ при аналізі спрогнозованих величин за різними прогностичними моделями.

Апробація результатів – основні результати представлені на наукових студентських семінарах кафедри гідрології суші та на наукових студентських

конференціях ОДЕКУ 2021 та 2022 рр. Підготовлено доповіді з презентацією та тези конференцій.

Публікації. Тезиси студентської наукової конференції ОДЕКУ 2020-2021 н.р. за темою «Аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2020-2021 р. в басейні р. Десна при використанні даних автоматизованого комплексу АРМ-гідро», у 2021-2022 н. р. та стаття за темою «Територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна та 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.).

1 Фізико-географічні умови формування меженного стоку річок в басейні річки Десна.

Десна - найдовша ліва притока Дніпра, її витoki знаходяться в болотах Смоленщини, поблизу Єльні, на $54^{\circ} 33'$ пів. широти. Місцевість у верхів'ї представляє рівне і обширне піднесене плоскогір'я [1-3]. Впадає у Дніпро біля Києва, долаючи шлях до гирла по території Чернігівської і Київської областей (рис 1.1) [4].



Рисунок 1.1 - Карта географічного положення басейну річки Десна [4]

Десна протікає по Смоленській та Брянській областям Росії, Чернігівській та Київській областям України. У верхній течії берега річки низинні та заболочені, нижче Брянська правий берег підвищується. Після

впадіння р. Сейм долина розширюється, багато приток і стариць. Льодостав з грудня до початку квітня. Весною велике водопілля. Довжина річки – 1130 км. Площа басейну – 88,9 тис. км². Середня витрата води в гирлі 360 м³/сек. Впадає в Дніпро у північній частині Києва.

Заплава заболочена, багато проток, стариць і озер. Русло звивисте, шириною до 450 м. Глибина річки 2-4 м, найбільша - 17 м. Ухил складає 1 м на кілометр русла. Ґрунти піщані і замулені піски. Десна приймає 18 правих (найбільші Судость, Снов) і 13 лівих (основні Сейм, Остер) приток. Гідрологічний режим визначається весняною повінню і низьким літнім урізом. Амплітуда коливань рівнів води досягає 3-4 м. У басейні охороняються болотяні масиви, які мають водорегулююче значення.

Річкова система Десни включає понад три десятки річок. У головну річку впадають притоки першого порядку, в них - притоки другого порядку і так далі Десна разом з притоками утворює Деснянську гідрологічну область, що охоплює територію Чернігівської і північно-східну частину Сумської областей.

1.1 Географічне положення і рельєф

Територія Брянської області лежить на Російській плиті — стародавньому кристалічному утворенні, укриту могутнім чохлам осадових порід. Осадіві породи на території області лежать майже горизонтально. Вони-то і додали поверхні рівнинний характер. У пізніший час на рельєф активно впливав льодовик [1-2,5].

Сучасний рельєф Брянської області — це рельєф західної частини Російської рівнини, де низини змінювалися пагорбами і невеликими височинами. Тому область в цілому можна розглядати як слабо хвилясту рівнину. Вся західна і центральна частина її зайнята обширною придніпровською низовиною, яка на сході поступово переходить в

Придеснянську. На формування рельєфу цієї частини області величезний вплив зробив стародавній льодовик.

Змінили поверхню і талі води льодовика. Вони розчленували рівнину, згладили контрасти і додали долинам і пагорбам характерну м'якість контурів. Річки розмили раніше відкладені гірські породи і великі простори покрили наносами глини і піску. Переважаючі висоти в цих місцях – 125-200 метрів. Рельєф тут плоско рівнинний із значними слідами ерозії. Невеликі моренні горби і піднесеності змінювалися плоскими рівнинами, слабо ввігнутими низовинами.

Придеснянська низовина лежить по обидві сторони Десни. Річка ділить її на дві різні по рельєфу частини. Правобережжя Десни піднесене. Тут проходить один з нешироких і слабо виражених відрогів Середньо російської височини. Схили його порізані балками і ярами, в місцях оголення можна бачити виходи крейдяних відкладень. Ці породи при розмивах утворюють опуклі «крейдяні лоби».

Лівобережжя Десни — полого - хвиляста низовина, утворена річковими терасами. Тераси добре простежуються протягом майже всієї річки.

1.2 Ґрунти і рослинний покрив

На території області різноманітні ґрунти: від чорноземів до розвіяних пісків. На півночі басейну, в умовах вологішого клімату і глибшого промивання, переважають підзолисті ґрунти. На півдні і сході, де опадів менше, - сірі лісові. Підзолисті ґрунти займають приблизно 65% площі області, а сірі лісові - біля 25% [1-2,5] (рис.1.2).

Різнманітність ґрунтів пов'язана насамперед з геологічними особливостями області. Дерново-підзолисті ґрунти, широко поширені в області, мають ряд позитивних властивостей. Проте більш виражені ці

недоліки у піщаних ґрунтах, які бідні всіма елементами ґрунтового живлення. Супіщані і суглинні містять багато азоту, але вони кислі.

Широко поширені в області також сірі лісові ґрунти, що утворилися під впливом листяних лісів і рясного трав'яного покриву. Менш поширені в області заплавні ґрунти (ґрунти заплав річок). Весняні води приносять і залишають в заплавах піщані, глинисті і органічні частинки, змиті ними з полів.

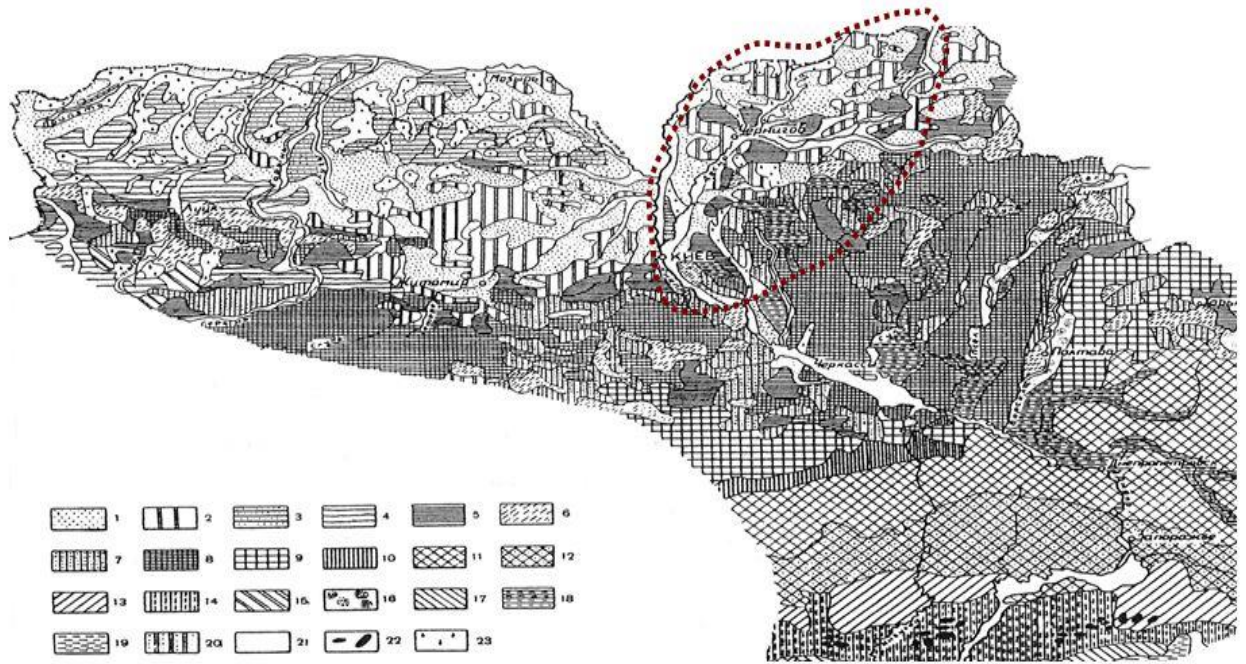
Досить широко поширені і болотяні ґрунти. Вони зустрічаються в лісах на заході і частково в центрі області. Зростаючі тут трави і мохи після відмирання дають багато органічної речовини, яка із-за надлишку вологи поволі розкладається і накопичується у вигляді товстого шару торфу. Торф заготовлюють на добриво, використовують як паливо і хімічну сировину.

Дуже цікаві і деякі піщані ґрунти, на яких ростуть соснові ліси (бори). Сформувалися вони на піску, що містить глауконіт. Цей зеленуватого кольору мінерал дуже багатий важливим елементом - калієм. У глауконітових пісках, крім того, містяться фосфорити - джерело другого важливого елемента - фосфору.

Рослинність розглядуваної території (рис.1.3) характеризується різноманітною і визначається фізико-географічними особливостями басейну. Це в основному соснові і широколистяно-соснові ліси. Поширені дубові, дубово-соснові, грабово-дубові ліси і низинні болота у заплавах річок; лугові степи розорані. Залісеність водозборів доволі значна та досягає 40-60%, а басейн р. Сев - с. Новоямське – і 96% [1].

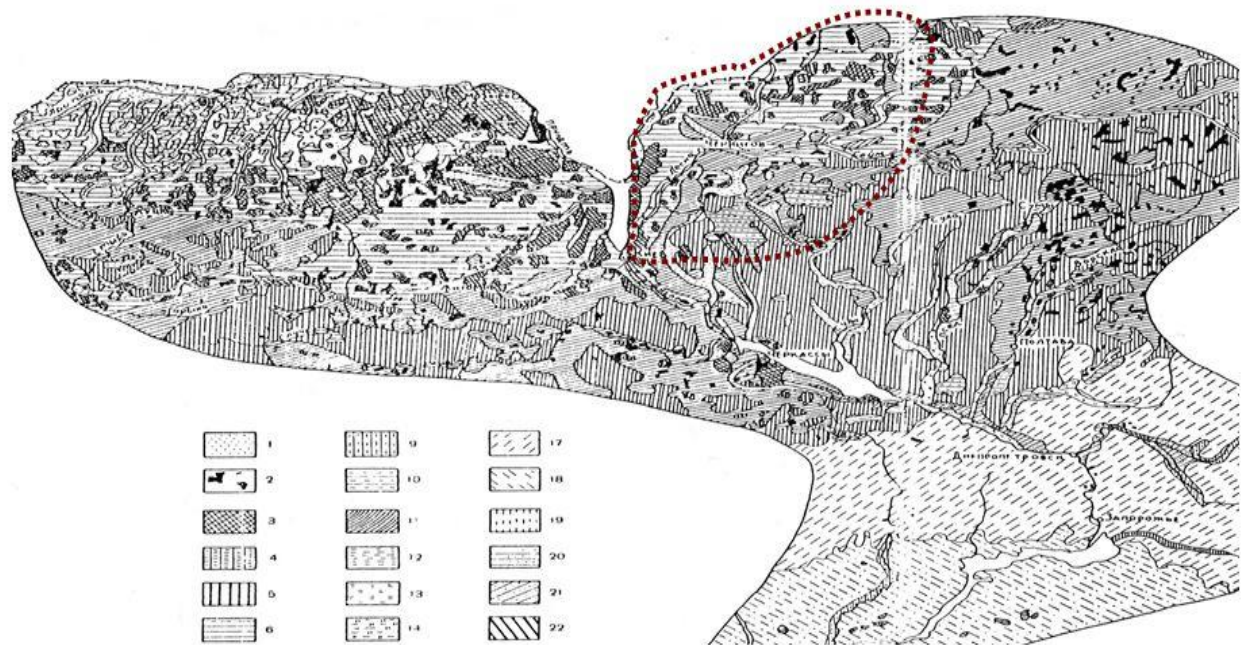
1.3 Кліматичні умови, які визначають характер меженного стоку річок

Дана територія розташована поблизу основних шляхів переміщення циклонів і антициклонів над Європейською територією Російської Федерації і північною частиною України.



1 – дерново-слабопідзолисті, піщані і глинисто-піщані 2 – супіщані 5 – світло-сірі і сірі опідзолені 6 – темно-сірі опідзолені 18 – чорноземи лугові солонцюваті 23 – торф’яно-болотні ґрунти та торф’яники

Рисунок 1.2 – Карта-схема ґрунтів басейну р. Десна [1]



1 – ліси з сосни звичайної 2 – з дуба череватого 3 – дубово-соснові ліси 6 – сільськогосподарські угіддя на місці соснових лісів 7 – сільськогосподарські угіддя на місці широколистяних лісів

Рисунок 1.3 - Карта-схема рослинності басейну р. Десна [1]

Зміна хвиль теплого і холодного повітря (особливо помітна в травні), що чергується, створює нестійку погоду, викликає грозові дощі влітку, короткочасна відлига взимку [1,6].

Приток атлантичних помірних мас обумовлює м'якість зими при значній хмарності, повернення холодів навесні, пізні весняні заморожування. Континентальні, гарячі і сухі маси повітря приносять посушливу погоду влітку.

Дія режиму вітрів, надходження і витрачання сонячного тепла, ступінь і характер хмарності, кількість опадів обумовлюють різноманітність типів погоди на території.

При всій різноманітності типів погоди найбільше число днів взимку доводиться на слабо - і помірного морозну погоду, а літом — на хмарну(різного ступеню), похмуру і дощову. Окремі календарні роки виділяються то лютою зимою, то посушливим літом.

Згідно метеорологічним показникам, клімат на даній території помірно континентальний - з теплим літом і помірно холодною зимою.

1.3.1 Температура повітря

Аналізуючи дані по температурі можна сказати, що: найхолодніший місяць – січень. Середня температура місяця змінюється в середньому від -6,2 до -8,4°C. Найтепліший місяць – липень. Середня температура місяця змінюється в середньому від 18,4 до 19,3°C. Абсолютний максимум температури спостерігається в липні або серпні і досягає 39°C. Абсолютний мінімум температури спостерігається в січні і досягає -41°C [1,6].

Весна починається з того часу, коли середньодобова температура повітря стає вищою +5°. Така температура настає зазвичай близько 8-15 квітня. Про те перші ознаки весни бувають помітні вже в березні.

В кінці травня середньодобова температура повітря перевищує +15°. Наступає літо.

Воно продовжується 105-110 днів. Середньодобова температура літніх місяців $+16^{\circ}$, $+18^{\circ}$.

Перші нічні заморожування на ґрунті бувають іноді і в кінці серпня. Але середні багаторічні терміни осінніх заморозків доводяться на території басейну на другу половину вересня.

Закінчується осінь в середині листопада, коли середньодобова температура стає нижчою 0 градусів.

За фенологічний початок зими вважається день льодоставу (1-3 грудня), коли замерзають річки і озера. Її настанню передують 2-3 «приморозки» з тимчасовим утворенням сніжного покриву. Середня тривалість зими 148 днів. На даній території зима відносно м'яка (січень- 7° , - 9°).

1.3.2 Опади

Згідно метеорологічним показникам, на території басейну р. Десна клімат помірноконтинентальний — з теплим літом і помірно холодною зимою. Опадів в середньому за рік випадає від 550 до 600 мм. Найбільша кількість опадів випадає в липні (від 80 до 100 мм), найменша — в грудні, січні, лютому (по 25-35 мм в місяць).

У кліматі даної території чітко виражено чотири пори року: весна, літо, осінь і зима [1,6].

Влітку в середньому випадає 220-230 мм опадів. На жаль, в окремі роки опади випадають у край не рівномірно.

Для кінця осені характерна смуга затяжних холодних дощів. За осінній період випадає 120 мм опадів. Закінчується осінь в середині листопада, коли середньодобова температура стає нижчою 0 градусів.

Стійкий сніжний покрив встановлюється зазвичай до 10-15 грудня. За зиму випадає 160 мм опадів.

До кінця весняного сніготанення в ґрунті накопичується до 200-250 мм вологи. Цієї кількості цілком достатньо для зволоження ґрунту в літні місяці.

1.3.3. Сніговий покрив

Сніговий покрив з'являється в середині жовтня. Стійкий сніжний покрив встановлюється зазвичай до 10-15 грудня (у 1956 році сніг ліг 25 жовтня і більше не танув). За зиму випадає 160 мм опадів.

В середньому сніжний покрив тримається 100-120 днів, особливо могутнім він буває в останній тиждень лютого. На полях товщина покриву досягає 10—25 см, в лісі - 40 см [1,6].

Руйнування стійкого сніжного покриву відбувається в третій декаді березня – першій декаді квітня.

Щільність сніжного покриву змінюється в часі і просторі. До моменту сніготанення щільність складає 0,20 – 0,26. Запаси води в снігу до цього часу зазвичай максимальні. Промерзання ґрунту починається в третій декаді листопада і складає 7-19 см і за зиму досягає 75-85 см.

1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість басейну річки Десна

У басейні р. Десна ведуться гідрологічні спостереження на 46 гідрологічних постах (рис. 1.4) [1]. Як видно з (рис. 1.4) гідрологічні пости розподілені по території рівномірно. Список гідрологічних постів і їх гідрографічні характеристики, приведені в табл. 1.1. Найбільш тривалий період спостережень (87 років) відмічений на р. Десна – м. Брянськ, найбільш короткий (7 років), - р. Трускарь – х. Вирки. В середньому кількість років спостережень – 30-40 років (87,5%). Розподіл постів по тривалості спостережень басейну р. Десна розглянуто в табл.1.2. Найбільша площа водозбору 36300 км² р. Десна – с. Разльоти, найменша – 29,5 км² -

Таблиця 1.1 – Список гідрологічних постів та дані спостережень в басейні р.Десна

№ з/п	№ поста	Река - пост	F, км ²	I, ‰	L, км	H, м	f _б , %	f _л , %	Широта
1	62	р. Десна - д. Олександрівка	1710	0,4	107	220	3	35	56,3
2	63	р. Десна - с. Голубея	4770	0,3	231	210	1	27	56,2
3	64	р. Десна - м. Брянськ	13700	0,3	352	190	1	40	53,12
4	65	р. Десна - м. Разльоти	36300	0,2	669	190	2	30	53,20
5	80	р. Івотка - с. Івот	1260	0,8	67	190	6	30	51,94
6	82	р. Убідь - с. Кудрівка	970	0,6	75	160	8	22	51,81
7	83	р. Сейм - с. Гущино	375	1,6	32	240	0	2	53
8	84	р. Сейм - с. Зуївка	2320	0,5	89	220	1	2	53,1
9	85	р. Сейм - с. Лебязьє	4870	0,3	161	220	1	4	53,3
10	86	р. Сейм - пос. Ришково	7460	0,5	176	220	3	5	51,70
11		р. Сейм - д. Глушково	8900	0,4	244	220	3	4	51,68
12		р. Сейм - м. Льгов	10700	0,3	292	210	3	5	51,70
13	87	р. Сейм - м. Рильськ	18100	0,3	395	210	3	8	51,50
14	88	р. Сейм - с. Мутино	25600	0,2	643	210	3	7	51,89
15	103	р. Клевень - с. Шарпівка	2440	0,6	134	180	2	8	51,63
16	104	р. Есмань - с. Ротівка	628	1	63	180	3	12	51,63
17	105	р. Снов - с. Носівка	7140	0,4	156	160	4	18	52,21
18	106	р. Ревна - с. Залізний Міст	380	1	34	170	3	12	52,27
19	69	р. Ветьма - с. Круча	1370	0,4	85	195	2	61	56,1
20	70	р. Болва - м. Кіров	2010	0,6	72	230	0	28	56,2
21	71	р. Болва - д. Песурь	3210	0,4	136	200	1	44	55,8
22	72	р. Снежеть - м. Карачев	282	1,3	25	220	5	5	55
23	73	р. Навля - смт. Навля	1560	0,7	73	210	3	15	54,9
24	74	р. Нерусса - с. Радогощ	1020	0,8	47	220	1	23	54,4
25	75	р. Сев - с. Новоямське	1150	0,6	45	180	3	96	54,5
26	77	р. Судость - смт. Погар	5180	0,3	156	180	6	16	55
27	78	р. Коста - д. Глазово	150	2	11	190	4	1	55,2
28	79	р. Рожок - с. Красное	60	2,3	12	200	1	8	55,1
29	89	р. Полная - д. Губанівка	333	1	29	225	7	7	53,2
30		р. Рать - с. Озерки	64	3,2	1	240	<1	1	51,83
31	90	р. Рать - с. Беседіно	630	0,9	40	220	<1	6	51,73
32	91	р. Тускарь - с. Свобода	1690	0,9	61	230	1	4	53,8
33		р. Тускарь - х. Вирки	2320	0,7	91	230	<1	5	51,97
34	92	р. Тускарь - м. Курськ	2380	0,5	104	230	1	5	53,7
35	93	р. Снова - д. Щурово	781	0,8	4,4	220	<1	8	53,2
36		р. Кур - сл. Козацька	66	4,7	15	230	<1	8	51,95
37	94	лог. Мересьє - х. Олексіївський	9,5	9	4,4	220	0	8	53,2
38	95	лог. Райчик - д. Польова Лукашівка	6,2	23	2,3	220	0	15	53,2
39	96	р. Реут - д. Любицька	960	0,6	75	210	1	6	53,2
40	97	р. Прут - с. Ширково	530	0,7	43	200	3	14	53,6

41	98	р. Свапа - д. Локтіоново	419	1,1	36	220	1	6	54
42	99	р. Свапа - с. Михайлівка	2800	0,8	72	210	1	10	52,07
43	100	р. Свапа - с.Старе Місто	3690	0,6	120	210	1	11	52,22
44	101	р. Усожа - м. Фатеж	364	1,5	24	220	<1	4	52,17
45	102	р. Чернь - с. Плоске	96,3	3,4	12	240	0	5	52,67
46	107	р. Білоус - х. Кошівка	526	1	33	150	<1	5	51,65

Таблиця 1.2 - Розподіл постів за тривалістю спостережень

Кількість років спостережень					Кількість пунктів спостережень	
<10	11=15	16=20	21-50	>50	46	Всього
2	3	5	25	11	46	Всього
4	6	12	54	24	100	Відсотки %

Таблиця 1.3 - Розподіл постів по величині площі водозбору

Площа водозбору річки, км ²								Кількість пунктів спостережень	
<100	101-500	501-1000	1001-5000	5001-10000	10001-20000	20001-50000	>50000	46	Всього
6	7	7	17	4	3	2	0	46	Всього
13	15	15	37	9	7	4	0	100	Відсотки,%

1.5 Водний режим стоку річок

Характер водного режиму річок більшою мірою визначається особливостями повені, його тривалість і частковою участю талих вод в річному стоці, що у свою чергу зумовлюється типом живлення річок. Річки району мають змішане живлення, причому в північній частині території роль талого стоку у формуванні річного стоку значно більше, ніж в південній [1,2,5].

Співвідношення снігового і дощового живлення змінюється в різних по водності роки. Стік весняного водопілля в багатоводні роки складає 70-80% річного стоку, в середніх по водності роки – 60-70%, а в маловодні 50-60%. У зв'язку з деякою відмінністю в режимі річок виділяють гідрологічні райони.

Для річок Верхнедеснянського і Нижнедеснянського гідрологічних районів характерна висока весняна повінь, така, що проходить двома-трьома піками, обумовленими нерівномірним таненням снігу або дощами. Найвищий рівень весняної повені на великих річках спостерігається в середині квітня, на малих - на початку квітня. Повінь починається на початку - середині березня, а закінчується на малих і середніх річках в середині - кінці квітня, на великих в середині - кінці травня.

У літньо-осінній період має місце дощові паводки невеликої інтенсивності, тривалість від 5-8 до 10-12 днів. Періоди відлиги спостерігаються досить значні паводки заввишки до 1,5 м і більше. У посушливі роки окремі ділянки малих річок пересихають на період від декількох днів до 3-5 місяців; У зимовий період має місце промерзання тривалістю від 3 до 60 днів.

Найбільш багатководними є річки, що беруть початок на відрогах Смоленсько-московської і Средньоруської височинах. Так, середній модуль стоку річки Десни у д. Олександрівки рівний 6,55 л/с з км² і вимірюється в окремі роки від 3,84 до 12,1 л/с з км².

У багатководні роки водні ресурси Десни з притоками в 1,5-2 рази більше, а в маловодних в 2 рази менше, ніж в середній по водності рік. Дуже високі модулі меженого стоку характерні також для приток річок Десни і Сейму.

У осінньо-зимовий період під час переходу температури до негативних значень на річках спостерігаються льодові утворення. На даній території зими нестійкі: періоди з негативними температурами уриваються відлигою різної тривалості [1,2,5].

Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Десна – с. Разльоти за період формування весняного водопілля 2021-2022 р. та р. Десна – м. Брянск за період формування весняного водопілля 2021-

2022 р. побудовані за даними УкрГМЦ у програмному комплексі АРМ-гідро (рис. 1.5, рис.1.6).

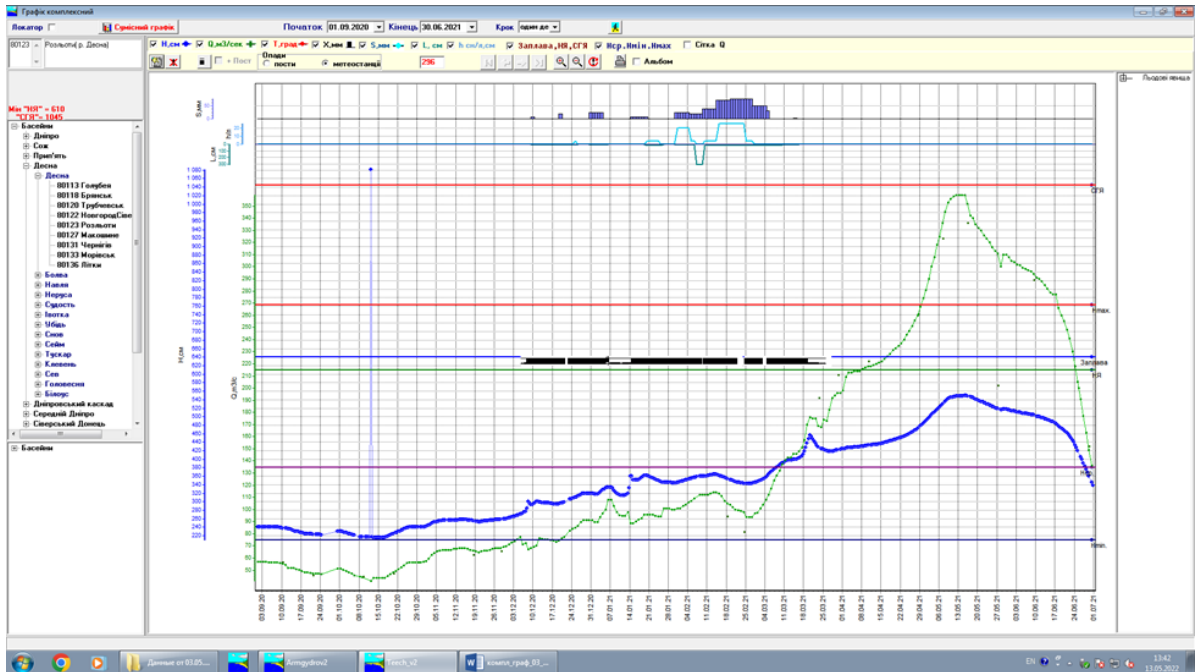


Рис. 1.5 – Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Десна – с. Розльоти за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.

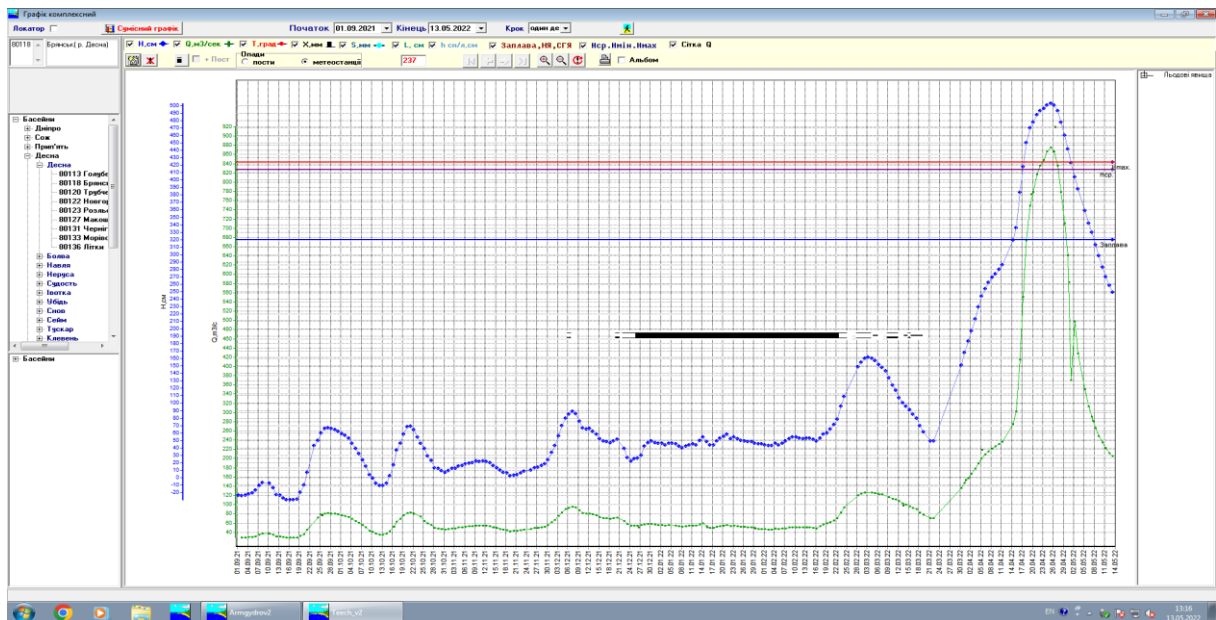


Рис. 1.6 – Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Десна – м. Брянськ за період формування весняного водопілля 2021-2022 р.

1.6 Основні принципи роботи автоматизованого програмного комплексу АРМ-гідро

Програмний комплекс автоматизоване робоче місце гідролога є спеціалізованою геоінформаційною системою, яка призначена для прийому, розкодування, обробки, збереження, використання, візуалізації, розповсюдження оперативної гідрометеорологічної інформації [7].

Програмний комплекс АРМ забезпечує виконання в автоматичному режимі комплексу робіт по розкодуванню, аналізу, обробці, візуалізації, створення та ведення (доповнення, коригування, копіювання, архівацію) оперативної гідрометеорологічної інформації. Дані які надходять у бази даних, згідно зі стандартами діючих кодів і які необхідні для гідрологічного прогнозування і забезпечення споживачів. А також АРМ забезпечує обробку оперативної гідрометеорологічної інформації, яка подається у вигляді звітів, таблиць у форматі Excel, графіків, карт.

АРМ - гідро складається з нормативно-довідкової бази об'єктів та показників і набору процедур, що позначені в основному меню АРМ як Телеграми, Нормативи, Дані на сервері, Сервіс, Звіти, Карти, Графіки. Доступ до блоків АРМ здійснюється через загальне меню (рис.1.7) [7].

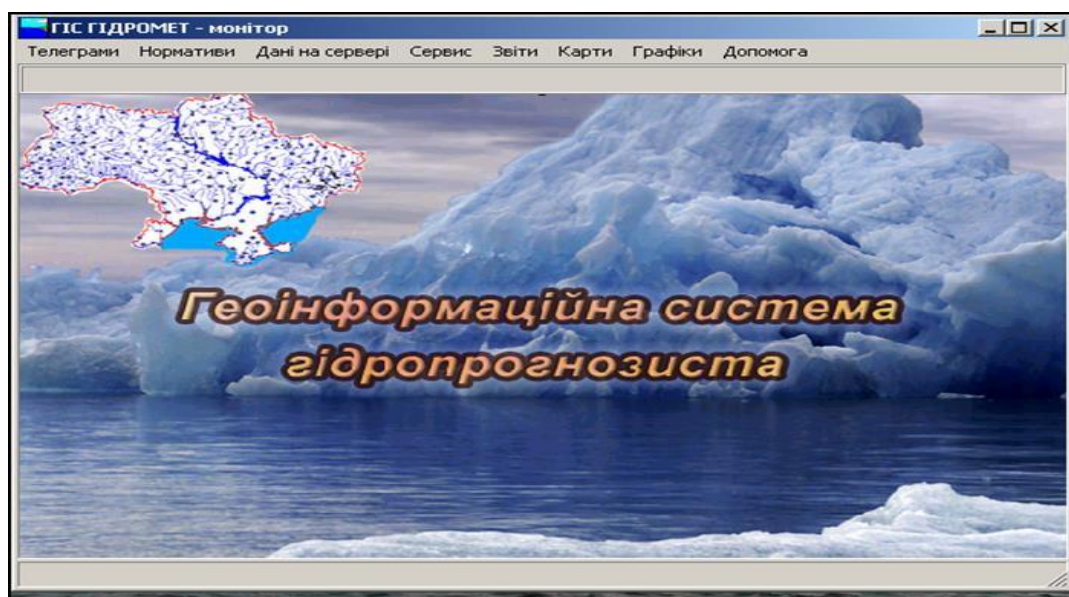


Рисунок 1.7 - Загальне меню АРМ-гідро [7]

Автором роботи здійснено аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2020-2021 р. та 2021-2022 р. в басейні р. Десна при використанні даних автоматизованого комплексу АРМ-гідро

Стік весняного водопілля – це стік весняного періоду, коли річки отримують максимальне живлення від танення снігу і мають приток від дощів чи підземних вод.

В роботі використані матеріали Українського гідрометцентру (https://meteo.gov.ua/ua/33345/hydrology/hydr_vodopillya/), що сформовані у програмному комплексі АРМ Гідролога-прогнозиста (АРМ-гідро). Комплекс дозволяє забезпечити безперервне отримання поточної гідрологічної і метеорологічної інформації на мережі Державної Гідрометслужби, автоматизувати технологію обробки і представлення гідрологічних та метеорологічних даних.

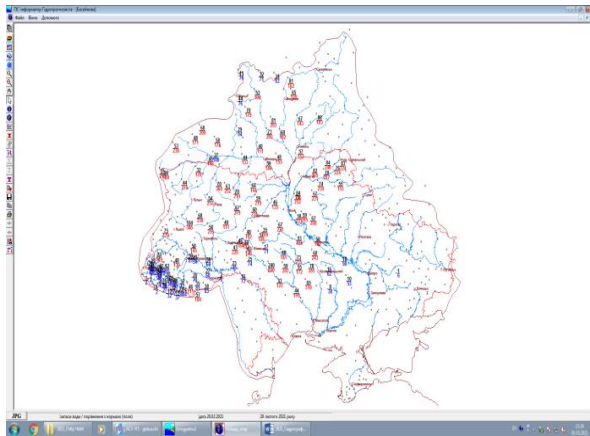
Протягом зими 2020-2021 р. метеорологічні умови характеризувалися нестабільністю, що притаманне для зимових періодів останніх років. Відмічались почергова зміна періодів зниження та підвищення температури, а стійкий її перехід через 0 градусів в бік від'ємних значень на більшій частині території України розпочався у першій декаді грудня (на 2-10 днів пізніше середніх багаторічних строків). Опади у грудні-січні, що випадали здебільшого у вигляді дощу під час відлиг(були близькими та вищими за середні показники) обумовили загальне незначне підвищення водності більшості річок та суттєве збільшення запасу продуктивної вологи у ґрунті.

У холодний період, який тривав із кінця січня до кінця другої декади лютого, відмічалось активне снігонакопичення, проте воно характеризувалось нерівномірністю розподілу по території. В басейні р. Десна стійкий сніговий покрив встановився наприкінці грудня – початку січня. За даними Укр ГМЦ станом на 20 лютого 2021 року висота снігового покриву на території північної та центральної частини України та у басейнах Верхнього Дніпра, Десни становила 10-50 см, у південній та східній частинах

України - 1-12 см (рис.1.8 а). Середні по басейнах річок запаси води у сніговому покриві станом на 20 лютого дорівнювали (у мм і відсотках норми на цю дату): Десна до Чернігова 78 (160); ліві притоки Середнього Дніпра у Сумській, Полтавській, Харківській обл.: Сула, Ворскла, Псел 32-63 (128-210).

Глибина промерзання ґрунтів станом на 20 лютого 2021 року у басейнах становила 10-46 см (рис.1.8 б). Зволоження метрового шару ґрунту по всій території за даними інструментальних вимірів 8 лютого значно збільшилось, внаслідок танення снігу і дощів у періоди відлиг, до величин, більших та близьких за середні показники.

а)



б)

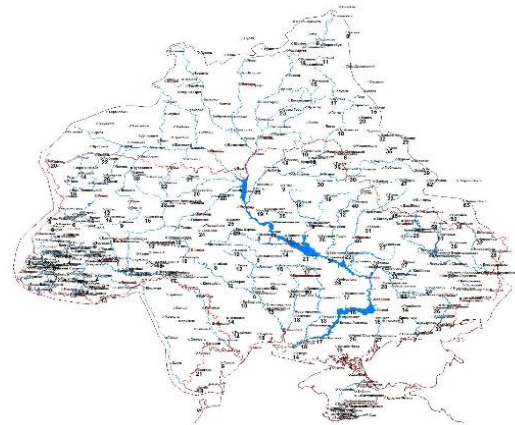


Рис.1.8 - Запаси води в сніговому покриві (а) та глибина промерзання ґрунтів(б) станом на 20.02.2021 р.

Таким чином, гідрометеорологічна ситуація, що склалася в басейні р. Десна у продовж осінньо-зимового періоду 2020-2021 рр. та виконані в УкрГМЦ за гідро прогностичними моделями розрахунки показують, що за висотою максимальні рівні води весняного водопілля 2021 р. на річках будуть переважно вищими за минулорічні значення та за нормального розвитку гідрометеорологічних умов у березні-квітні передбачаються близькими до норми та нижчими за неї на річках басейнів Десни, притоках Середнього Дніпра у Сумській та Полтавській областях (Сула, Псел, Ворскла).

Аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2020-2021 р. в басейні р. Десна при використанні даних автоматизованого комплексу АРМ-гідро зроблено автором у роботі [8].

Гідрометеорологічні умови, що склались в басейнах р. Десна станом на 20 лютого 2022 року у період формування весняного водопілля 2021 - 2022 рр.

За даними українського гідрометеорологічного центру (**web: www.meteo.gov.ua**) гідрометеорологічна ситуація у басейнах річок України, у тому числі басейнів річки Десна, характеризується підвищеною вологістю ґрунту (порівняно з осіннім періодом) та переважно близькою і нижчою за норму поточною водністю, нестабільним та нерівномірним снігонакопиченням, неглибоким промерзанням ґрунту.

Температурний режим у зимовий період характеризувався значною мінливістю – від аномально-теплого до нижчого за норму. Стійкий перехід температури повітря через 0°C у бік від'ємних значень відбувся переважно у кінці другої на початку третьої декади грудня (на 10-15 днів пізніше середніх багаторічних строків). Зимовий режим погоди переривався у кінці грудня та протягом першої декади січня інтенсивними відлигами. Перехід температури повітря через 0°C у бік позитивних значень на більшості річок відбувся у середині першої декади лютого, на річках, що на 15-20 діб раніше кліматичної норми.

Кількість опадів восени (вересень-листопад) була нижчою за середні показники, особливо сухим з дефіцитом опадів виявився жовтень. Достатня кількість опадів у грудні-січні, що випадали здебільшого у вигляді дощу, під час відлиг обумовили суттєве збільшення запасу продуктивної вологи у ґрунті та загальне підвищення водності більшості річок.

Снігонакопичення протягом зими 2021-2022 рр. було малоактивним, з чергуванням періодів утворення снігового покриву та відлиг. Стійкий сніговий покрив встановився у кінці другої та третій декадах грудня 2021 р. Накопичення снігу відбувалося переважно до кінця січня до лютого 2022 р.

На басейнах Верхнього Дніпра, Десни та Псла, Ворскли (притоки Середнього Дніпра) максимальні снігозапаси відмічалися у кінці першої декади лютого (рис.1.9).

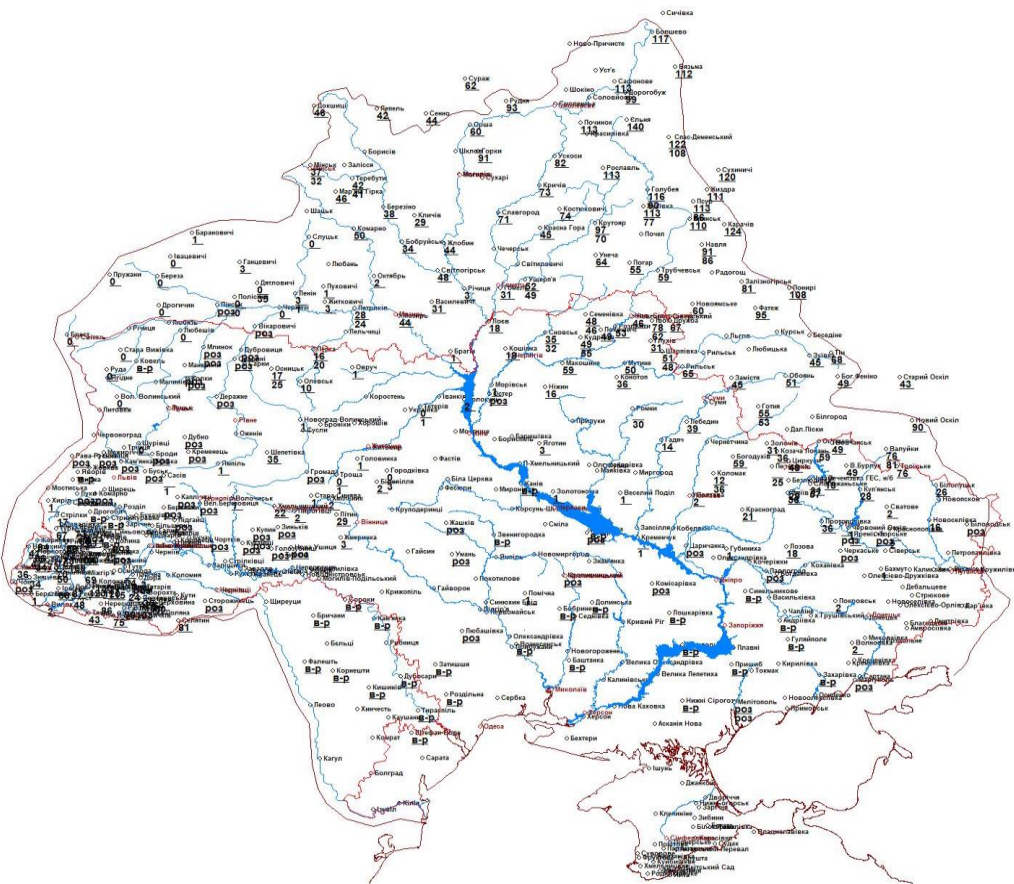


Рис 1.9 - Запаси води в сніговому покриві станом на 10.02.2022 р.

За результатами снігомірної зйомки на 20 лютого (рис 1.10) середні по басейнах річок запаси води у сніговому покриві дорівнювали (у мм і відсотках норми на цю дату):

- Десни до Чернігова 47мм. (98%);
- Середнього Дніпра: Ворскла, Псел 6-11мм. (24-42%).

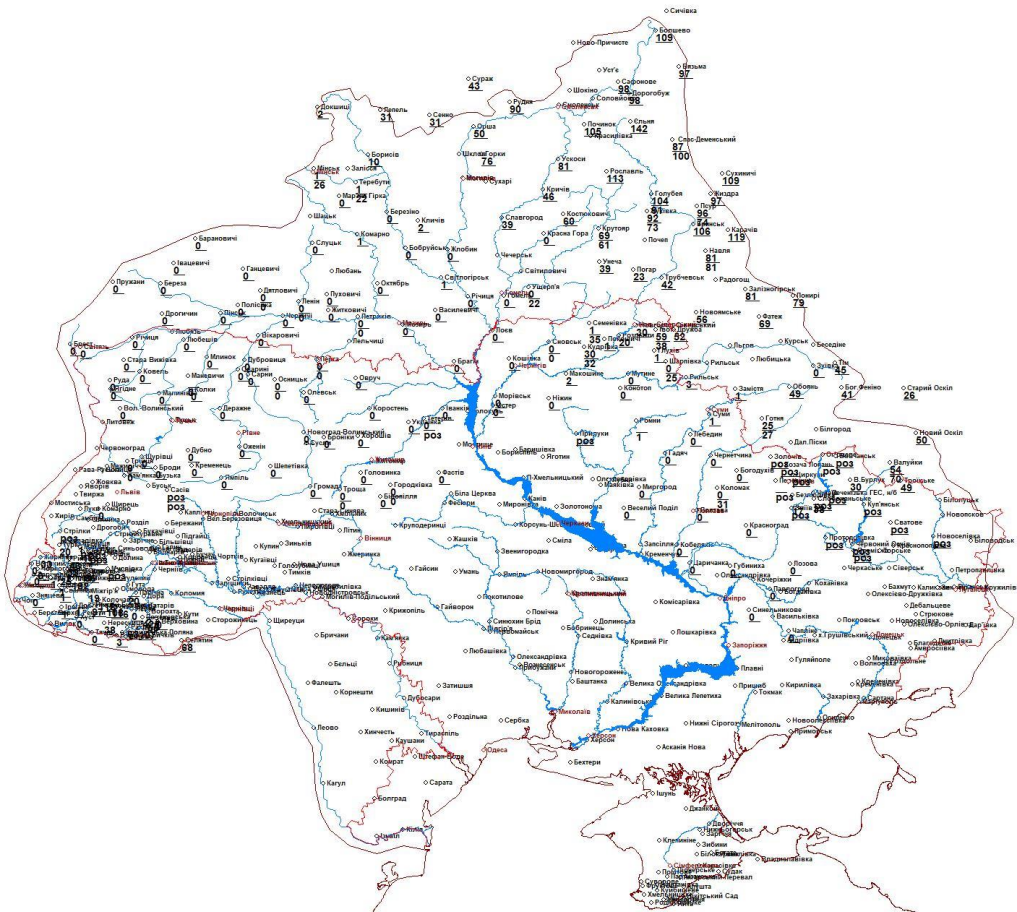


Рис 1.10 - Запаси води в сніговому покриві станом на 20.02.2022 р.

Підстильна поверхня річкових водозборів характеризується високою водопоглинальною здатністю і розраховані коефіцієнти весняного стоку дорівнюють 0,1-0,3.

Погодні умови не сприяли значному *промерзання ґрунту* по території країни. За даними на 20 лютого глибина промерзання ґрунту є меншою за середні багаторічні показники та становить у басейнах річок Лівобережжя, Росі (притока Середнього Дніпра) 10-33 см. (рис. 1.11).

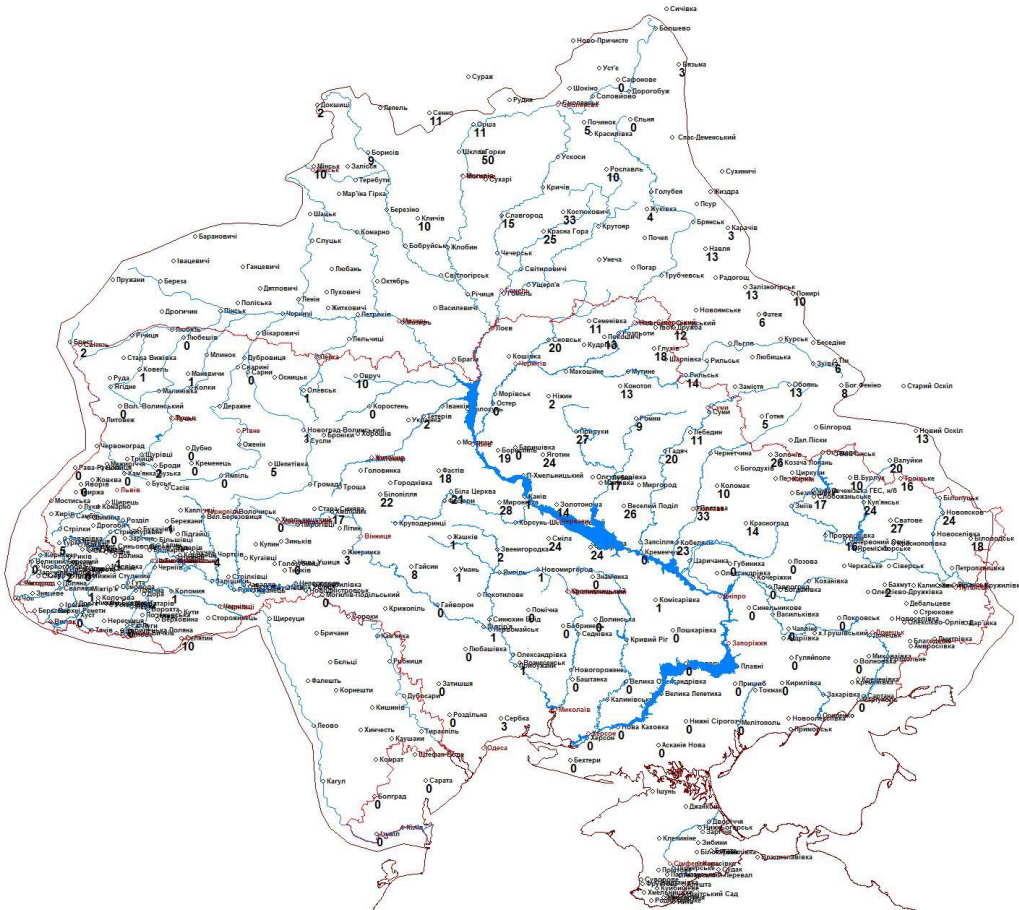


Рис 1.11 Глибина промерзання ґрунтів станом на 20.02.2022 р.

Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту. З осені метровий шар ґрунту був недостатньо зволожений. За даними інструментальних вимірів 8 лютого 2022 р. зволоження метрового шару ґрунту по всій території України значно збільшилось (особливо суттєво у південних та східних областях), внаслідок танення снігу і дощів у періоди відлиг, до величин, переважно близьких до середніх багаторічних показників.

Водність річок. Гідрометеорологічні умови восени 2021 року визначили формування й збереження на більшості рівнинних річок України низької водності, на окремих річках витрати води досягали критеріїв маловоддя (95% забезпеченість витрати води меженого періоду). Внаслідок достатньої кількості опадів у грудні-січні та відлиг на річках спостерігалось підвищення рівнів води та збільшення водності.

Середні за 20 днів лютого **витрати води** були:

- значно меншими за норму – на притоках Середнього Дніпра, малих річках Київської області;
- у межах та вище норми – на В. Дніпрі, Сожі, Десні, Сеймі.

Виходячи з гідрометеорологічної ситуації, що склалася у басейнах річок України упродовж осінньо-зимового періоду 2021-2022 рр. та за нормального розвитку гідрометеорологічних процесів у третій декаді лютого - травні, можна очікувати на розвиток весняного водопілля за максимальними рівнями/витратами води переважно нижчим за норму та близьким і нижчим за минулорічні показники.

Проходження водопілля та руйнування льодового покриву весною 2022 р. може супроводжуватися виходом води на заплаву та утримання води на ній, що є природнім процесом. Проте масового затоплення річкових заплав та досягнення небезпечних відміток за попередніми оцінками не передбачається.

Загальна амплітуда підвищення рівнів води над поточними відмітками може становити (у порівнянні з рівнями на 8 годину 20 лютого): на В. Дніпрі (ділянка Неданчичі-Дніпровське), пригирловій ділянці Прип'яті - на 0,8-1,1 м, Десні та її притоках 0,6-1,7 м, притоках Середнього Дніпра (рр.Сула, Псел та Ворскла) 0,6-1,2 м.

Негативні наслідки, які можливі під час весняного водопілля 2022 р.

Рівнинні річки. Найбільш ймовірний вихід води на ділянки заплав річок: Верхнього Дніпра (в межах України), Дніпра біля Києва, на Десні біля Новгород-Сіверського і її притоки р. Снов у Чернігівській обл.

У період розвитку водопілля не виключається можливість обтоплення водами Дніпра та Сожу (оточення водою), відрізання від основних шляхів сполучень та часткове затоплення територій, присадибних ділянок і об'єктів населених пунктів; порушення транспортного сполучення через розведення понтонних мостів на Десні, переливу води р. Снов через автодорогу між селами с. Великий Дирчин - с. Малий Дирчин у Чернігівській області.

2 Основні гідрометеорологічні чинники та методика прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля річок в басейні р. Десна

2.1 Основні закономірності формування втрат талих вод

Фізичні чинники інфільтрації талих вод у басейні та на елементарному майданчику (ділянці) одні й ті самі, проте в цілому процес абсорбції талих вод у басейні залежить також від великої просторової мінливості основних показників інфільтрації – глибини промерзання ґрунту та його вологості. Просторова мінливість зазначених характеристик визначається місцевими фізико-географічними умовами: типом ґрунтів, рослинністю, формою рельєфу, а також нерівномірністю випадання опадів. Один з основних факторів, що зумовлює глибину промерзання ґрунту, це сума негативних температур повітря – носить кліматичний, зональний характер і в межах середніх за площею (10-20 тис. км²) водозаборів змінюється незначно [9-11].

Басейн річки Десни являє собою підвищену, слабо хвилясту рівнину з загальною висотою над рівнем моря близько 200 м і невеликим похилом. Клімат на даній території помірно континентальний - з теплим літом і помірно холодною зимою [1].

Формування ґрунтового покриву зони повсюдно відбувається в умови підвищеного або надмірного зволоження. Основний фон ґрунтів (до 75%) складають дерново-підзолисті ґрунти різного механічного складу.

Рослинність залежить головним чином від фізико-географічних особливостей басейну. В межах даної території переважна роль належить сосновим і змішаними лісам. Ступінь покриття басейнів досягає 96% (р. Соля-с. Мальцево), заболоченість - до 11% (р. Первод - с. Сосинівка).

Водний режим річок даної території характеризується досить високим весняним водопіллям, яке може проходити кількома піками. Оподи у вигляді снігу формують від 40 до 80% річного стоку.

В басейнах річок діють 27 метеорологічних станцій, які ведуть спостереження за опадами, температурою повітря і промерзання ґрунтів.

Отримання оперативної інформації гідрометеорологічних спостережень ведеться при використанні комп'ютерної системи «Автоматизоване робоче місце» (АРМ гідро) через мережу Інтернет [7].

2.1.1 Глибина промерзання ґрунту

Вплив глибини промерзання ґрунту на втрати стоку весняних вод проявляється у зв'язку з наявністю площ з талими й слабо промерзлими (до глибини 15-29 см) ґрунтами, що добре вбирають воду. Виявити наявність таких площ дозволяють криві просторового розподілу глибини промерзання ґрунту [9-11].

Поширення за площею водозборів глибини промерзання ґрунту може бути оцінено за вимірюваннями на постійній снігомірних маршрутах шляхом узагальнення даних вимірювань на п'яти - шести маршрутах (шість точок на кожному маршруті) в межах площ водозборів від 2000 до 10000км².

Такі узагальнюючі криві розподілу та їх параметри виявилися близькими до кривих розподілу, отриманими на основі даних вимірювань глибин промерзання ґрунту при «суцільних» вимірюваннях. Отже, зміни на постійних снігомірних маршрутах, типових для оточення місцевості можуть з достатнім ступенем надійності давати уявлення про розподіл глибини промерзання ґрунту на водозборах в цілому [9-11].

В якості фактора витрат води під час водопілля при дискримінантному аналізі бралися значення глибин промерзання ґрунтів (під озимими) найбільші перед початком весняного танення снігу, осереднені по водозборах з урахуванням даних усіх пунктів спостережень, розташованих у їх межах, і віднесені до норм промерзання, тобто [12-14]

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0} \quad (2.1)$$

де L_i - середні по водозборах значення максимальних глибин промерзання ґрунтів для i -го року, см;

L_0 – середньо багаторічні глибини промерзання ґрунтів на окремих водозборах, см.

Узагальнення L_0 , розрахованих для кожного пункту спостережень (по даних на агрометеорологічних станціях), виконане в залежності від широтного положення пунктів. У цілому при збільшенні широти, тобто при переході від південних у більш північні райони розглядуваної території, глибини промерзання збільшуються у відповідності з рівнянням [12,14]

$$L_0 = 69 + 1,43(\varphi^0 - 50) \quad (2.2)$$

де φ^0 - географічна широта пунктів виміру глибин промерзання ґрунтів, в градусах півн. ш.

2.1.2 Вологість ґрунту

Вологість ґрунту у поєднанні з його промерзанням є визначальним фактором у абсорбції ґрунтом талих вод навесні [9-11].

Надаючи великого значення зволоженню водозборів, практика гідрологічних прогнозів стоку весняної повені досі спиралася на непрямі показники ступеня зволоження. Це зумовлено тим, що до останнього часу спостереження за вологістю ґрунту здебільшого проводилися з метою забезпечення агрометеорологічних прогнозів і тому період спостережень обмежується періодом вегетації рослин.

При використанні непрямих показників зволоження водозборів оцінювалися [9-11] лише їхня тимчасова мінливість рік у рік, а мінливість за площею зовсім не враховувалася.

Просторова мінливість запасів вологи у ґрунтах, як і глибини, їх промерзання, грає велику роль формуванні втрат весняних вод. Мінливість за площею водозборів визначається водно-фізичними властивостями ґрунту та його літологічною неоднорідністю, а також рівнем залягання ґрунтових вод та нерівномірністю випадання опадів.

На водозборах лісової зони, як у басейні річки. Десна, що характеризуються великою неоднорідністю ґрунтів і ґрунтів, що підстилаються (суглинки, супіски, піски), просторова мінливість запасів вологи визначається головним чином складом ґрунтів і рельєфом місцевості, від яких залежить глибина залягання ґрунтових вод.

При однорідному складі ґрунтів та високому рівні їх зволоження мінливість запасів вологи однакова для суглинків, супісків та пісків ($C_v \approx 0,09$). При змішаному складі мінливість зростає у 2 – 3 рази [9-11].

У прогностичній схемі у вектор-предикторі дискримінантної функції в якості інтегральної характеристики зволоження ґрунтів на водозборах прийнятий середній річковий модуль стоку в створі річки з вересня попереднього по січень поточного року $(q_{09-01})_i$, віднесений до його норми $(q_{09-01})_0$ [12-14]

$$(k_{q_{09-01}})_i = \frac{(q_{09-01})_i}{(q_{09-01})_0} \quad (2.3)$$

де $(q_{09-01})_i$ - середній модуль стоку з вересня по січень для i -ї весни, л/(с*км²):

$$(q_{09-01})_i = \frac{\sum_{09}^{01} Q_i}{F} 10^3 \quad (2.4)$$

де Q_i – середня місячна витрата води з вересня попереднього по січень поточного року, м³/с.

За відсутності спостережень прийняту характеристику зволоження ґрунтів можна визначити за встановленими залежностями середнього модуля стоку з вересня по січень q_{09-01} від широти геометричних центрів водозборів. Так, для визначення середньо багаторічних величин $(q_{09-01})_0$ використовується рівняння [12,14]

$$(q_{09-01})_0 = 0,417(\varphi^0 - 50) + 1,36, \quad (2.5)$$

де $(q_{09-01})_0$ – середньо багаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років, л/(с*км²);

φ^0 - широта геометричних центрів водозборів, в частках градусів півн. ш.

2.2 Сніговий покрив

При розробці методів прогнозів весняного стоку розраховуються середні для водозборів запаси води $S_{пр.}$ на дату випуску прогнозів $D_{пр.}$, а також їх максимальні значення $S_{макс.}$ для цієї зими [12-14].

Визначення максимальних снігових запасів $S_{макс.}$ є відомими труднощами. Вони пов'язані з різною датою наступу найбільших снігопадів, як у різних частинах великого річкового басейну, і по станціях, розташованим поруч.

Середні для водозбору запаси води у сніжному покриві обов'язково повинні обчислюватися як середньозважені значення з урахуванням площі, зайнятої полем, лісом та ярово-балковою мережею [9-11]

$$S = S_{п}f_{п} + S_{л}f_{л} + S_{ов}f_{ов}, \quad (2.6)$$

де $S_{п.}$, $S_{л.}$ та $S_{ов.}$ – середні за водозбором або на частині великого річкового басейну сніг запаси відповідно у полі, лісі та ярово-балочній мережі;

$f_{п.}$, $f_{л.}$ та $f_{ов.}$ - частки площі водозбору (частини басейну), зайняті зазначеними елементами ландшафту.

При великій кількості станцій та постів та рівномірному їх розподілі по водозбору снігових запасів в полі, лісі та ярово-балочній мережі обчислюються як середнє арифметичне. При нерівномірному розподілі пунктів вимірювань необхідно будувати карти з ізолініями снігозапасів у полі та лісі. Середні запаси картами обчислюються з допомогою палетки.

При недостатній мережі пунктів спостережень за снігозапасами в лісі $S_{л.}$ та в ярово-балочній мережі $S_{ов.}$ снігозапаси розраховуються за середніми значеннями коефіцієнтів співвідношень

$$\bar{k}_{л.} = \bar{S}_{л.} / \bar{S}_{п.} \quad \text{й} \quad \bar{k}_{ов.} = \bar{S}_{ов.} / \bar{S}_{п.} \quad (2.7)$$

Значення $k'_{л.}$ та $k'_{ов.}$ обчислюються за середніми сніго-запасами в лісі (в ярах) для тих станцій, на яких вимірювалися і запаси води в снігу $S'_{п.}$. Потім за значенням середнього для водозбору запаси води в полі $S_{п.}$ визначаються середні для водозбору сніго-запаси лісу $S_{л.}$ та в ярово-балочній мережі $S_{ов.}$

$$S_{л.} = k'_{л.} S_{п.} \quad \text{й} \quad S_{ов.} = k'_{ов.} S_{п.} \quad (2.8)$$

Підрахунок середніх по басейнах максимальних запасів води в сніговому покриві проводився по значеннях S , які обчислені за формулою за даними репрезентативних метеостанцій по вимірах їх на польових ділянках [12,14]

$$S_{m_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j, \quad (2.9)$$

де S_{m_i} - максимальні снігових запаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, мм;

m - кількість вимірювальних пунктів снігових запасів.

Максимальні запаси води у сніговому покриві перед весняним сніготаненням включені до вектор-предиктору дискримінантної функції DF та у прогнозну схему у вигляді модульних коефіцієнтів [12-14]

$$(k_s)_i = \frac{S_{m_i}}{S_0} \quad (2.10)$$

де S_{m_i} - значення середніх на водозборах максимальних сніг запасів в i -му році, мм;

S_0 – середньо багаторічні величини максимальних сніг запасів на водозборі, мм.

2.3 Визначення стокоутворюючих весняних опадів

У всіх наявних методах прогнозів донедавна використовувалася сума весняних опадів від дати складання прогнозу до кінця сніготанення. Детальні експериментальні водно-балансові дослідження показали, що для різних районів період, протягом якого весняні опади беруть активну участь у формуванні стоку, неоднаковий [9-11].

У лісових районах він закінчується датою сходу снігу в лісах, яка визначається за часом настання максимального стоку повені на водозборах (з площами 10 – 20 тис. км²), тоді опади слід враховувати протягом періоду повені. У районах з покриттям лісами водозборів менше ніж 30% період стокоутворюючих опадів закінчується через 10 діб після сходу снігу в полях,

бо водопроникність ґрунтів вперше 7 - 10 діб після сходу снігу практично не змінюється у порівнянні з періодом сніготанення. Це означає, що коефіцієнти стоку від дощів, що випускають на ще мерзлий або не повністю розмерзлий ґрунт, мають ті ж значення, що і для снігових вод. У лісових районах дати сходу снігу у лісах зазвичай відповідає ґрунту в полях на глибину 40 – 60 см.

Мінливість стокоутворюючих опадів рік у рік дуже велика, але практичні мало змінюються територією басейнів. Також мало змінюються норми опадів. Найбільші значення опадів у 2 – 2,5 рази перевищують норму, а найменші – близькі до нульових значень. Використання норми опадів різко знижує якість прогнозів стоку [9-11].

2.4 Прогнози максимальних витрат та рівнів водопілля

Довгострокові прогнози максимальної витрати та найвищого рівня повені ведуться в основному за очікуваною величиною стоку за повінь. Аналіз матеріалів багаторічних спостережень за стоком річок, сніговим покривом, інтенсивністю танення снігу та іншими явищами природи, що впливали на розміри та формування повені, показує, що на великих річках максимальна витрата повені тісно пов'язана з її обсягом. Чим більший обсяг повені, тим, як правило, більша максимальна його витрата і, отже, тим вищий максимальний рівень. Таким чином, максимальна витрата повені та найвищий її рівень значною мірою залежать від усіх тих факторів, від яких залежить і обсяг повені. Однак особливого значення при цьому набувають інтенсивності та перебігу танення снігу в басейні, тобто дружності весни [9-11].

Найбільш високим повінь буває тоді, коли при великих запасах снігу танення його йде дуже швидко, захоплює одночасно весь басейн річки та не переривається холодами. За таких умов сніготанення тривалість скидання талої води в річки різко скорочується, що веде до одночасного надходження

в русла величезних її мас і, отже, різкого збільшення висоти й максимальної витрати повені.

Особливо великий вплив надають інтенсивність та хід сніготанення на висоту повені малих річок. Хіба повені на таких річках часто цілком визначається ходом погоди. Відповідно до коливань температури повітря повінь на малих річках може мати кілька піків. У зв'язку з цим тісної залежності між максимальною витратою повені та її обсягом на малих річках часто не виявляється.

Ця закономірність і використовується у довгострокових прогнозах максимальної витрати та рівня повені.

Перехід від прогнозу максимальної витрати до найвищого рівня весняної повені здійснюється за кривою витрати або шляхом безпосередньої побудови графіка для визначення найвищого рівня в залежності від обсягу повені.

У багатьох випадках залежності максимальної витрати від обсягу повені близькі до лінійних. Побудова їх здійснюється дуже просто, а застосування до практичного використання для прогнозів визначається, як і в інших випадках, забезпеченістю припустимої помилки.

При розробці методики прогнозу максимальної витрати води та рівня повені описаним вище шляхом слід пам'ятати, що наявність досить тісного зв'язку між обсягом повені й максимальною її витратою для кожного конкретного басейну визначається, на сам перед, співвідношенням між тривалістю сніготанення та тривалістю добігання води в даному басейні. Такі залежності можуть мати місце, як правило, для басейнів, тривалістю добігання води, в яких значно перевищує тривалість танення снігу [9-11]. Саме у зв'язку з цим у південніших районах, де снігу порівняно мало і стає він швидко, наявність досить тісної залежності $H_{\max} = f(Y)$ виявляється значно менших за розмірами басейнів, ніж на півночі, особливо якщо вони мають витягнуту форму. Разом з тим в умовах півночі при великій лісистості

басейнів досить тісні залежності не виявляються і для великих річок вони часто не дуже тісні.

Пояснюється це, звичайно, не тільки великою тривалістю танення снігу, а отже, великим впливом його ходу на форму гідрографа стоку, а й неоднаковою кількістю весняних опадів, що випадають на спаді повені. Різна кількість цих опадів може істотно змінити загальний обсяг повені при тому самому максимальному його витраті.

Порушення залежності між обсягом повені та максимальною його витратою або найвищим її рівнем сприяють також затори льоду, які особливо часто спостерігаються на річках, що течуть на північ. Нерідко максимальний рівень повені таких річках обумовлюється не витратою води, а потужністю затору льоду. При побудові залежності необхідно враховувати цю обставину.

Розглянутий прийом довгострокового прогнозу максимальної витрати та рівня повені є простим, але точність його не завжди висока і застосовується не для всіх річок. Зокрема, для малих річок, для яких необхідно враховувати інтенсивність та хід сніготанення, завдання прогнозу максимальної витрати та рівня може поки що вирішуватись лише з малою завчасністю [9-11].

2.5 Методичні основи методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну річки Десна

Основу методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну р. Десна становлять регіональні залежності між максимальними модульними коефіцієнтами та максимальними запасами води в сніговому покриві перед весняним водопіллям, які мають вигляд [12-14]

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m}{S_0}\right) \text{ або } k_{q_m} = f(k_S) \quad (2.11)$$

де q_m і q_0 - максимальний модуль весняного водопілля і його середньо багаторічна величина, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

S_m і S_0 - максимальний запас води в сніговому покриві (з урахуванням льодової кірки) перед початком весняного сніготанення і його середньо багаторічна величина, мм;

k_{q_m} - максимальний модульний коефіцієнт весняного водопілля;

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

Для типізації весняних водопіль на графіках зв'язку (1.11) було використано багатомірну модель дискримінантного аналізу.

Лінійна дискримінантна функція DF виступає як вимірювач приналежності випадку (об'єкту) до тієї або іншої апріорної групи явищ. Функція DF записується у вигляді:

$$DF = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m \quad (2.12)$$

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 ($j = 1, 2, \dots, m$).

За знаком дискримінантних рівнянь водопілля диференційовані по категоріях водності (багато-, середньо- і маловодних) за комплексом провідних 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.

Прогнозні залежності (2.11), які побудовані за знаком дискримінантних функцій, описуються поліномами третьої степені [12-14]

$$\frac{q_m}{q_0} = b_0 + b_1 \left(\frac{S_m}{S_0}\right)^1 + b_2 \left(\frac{S_m}{S_0}\right)^2 + b_3 \left(\frac{S_m}{S_0}\right)^3 \quad (2.13)$$

де b_0, b_1, b_3 – коефіцієнти поліному.

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

По встановлених регіональних залежностях вигляду (2.11), а також даних снігомірних зйомок, за методикою знаходяться значення максимальних модульних коефіцієнтів (2.13). Одержання прогнозних величин максимальних модулів весняного водопілля q_m , $m^3/(c*km^2)$ відбувається як:

$$q_m = k_{q_m} q_0 \quad (2.14)$$

а максимальних витрат води (m^3/c)

$$Q_m = k_{q_m} q_0 F \quad (2.15)$$

де F - площа водозборів річок, km^2 .

Реалізація моделей, подібних (2.11), ускладнюється необхідністю розрахунку величини q_0 . Для річок, по яких є багаторічні ряди спостережень, його значення можна визначити як

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{m_i}}{n * F} \quad (2.16)$$

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

За відсутності даних спостережень за стоком норма q_0 визначається за методикою, яка спирається на модель типового редуційного гідрографа водопілля і розраховується за рівнянням [12,14]

$$q_0 = q'_0 \psi \left(\frac{t_p}{T_0} \right) \varepsilon_F * r \quad (2.17)$$

де q_0 – середньобогаторічний модуль максимального стоку, $m^3/(c \cdot km^2)$;

q'_0 – середньобогаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, $m^3/(c \cdot km^2)$;

$\psi \left(\frac{t_p}{T_0} \right)$ – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;

ε_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

r – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

Забезпеченість прогнозних величин Q_m встановлюється у вигляді [12-14]

$$P_1 < P_{Q_m} < P_2 \quad (2.18)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості.

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

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 (2.11) і описаній методиці значення k_{qm} наносяться на карту до геометричних центрів водозборів, а потім проводяться ізолінії очікуваних величин по території.

Оскільки модульний коефіцієнт нижньою межею має 0, то при $k_q(k_\gamma) = 1.0$ його значення співпадає з середнього багаторічною величиною (нормою) значення. Якщо прогнозований модульний коефіцієнт $k_q(k_\gamma) < 1.0$, то максимальні витрати (шари стоку) водопілля будуть нижчими за норму, якщо ж $k_q(k_\gamma) > 1.0$, то водопілля очікується вищим за норму, а якщо ж $k_q(k_\gamma)$ знаходиться в межах одиниці, то водопілля буде близьким до норми.

Одночасно з картами прогнозних значень модульних коефіцієнтів весняного водопілля надається й картосхема ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі (P %) за (2.18) 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.

Етапи реалізації запропонованого методу прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на річках відповідають комп'ютерній програмі „СЕЙМ” для автоматичного оперативного прогнозу максимальних витрат води і побудови картосхем очікуваних величин та їх забезпеченості.

Блок-схема прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля на основі запропонованої методики територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного режиму річок і програмою «СЕЙМ» представлена в [14].

2.6 Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна здійснюється за керівними документами [15,16].

Оцінювання точності прогнозів полягає у визначенні похибки прогнозів співставленням порівнянням прогнозованих x_{np} та фактичних x_{ϕ} значень гідрологічного явища, яку розраховують за формулою [16]:

$$\delta = x_{\phi} - x_{np}. \quad (2.19)$$

Похибку виражають у тих самих величинах, що й прогнозоване явище.

Точність прогнозу визначають порівнянням похибки прогнозу δ з допустимою похибкою δ_{don} , яка складає долю середнього квадратичного (стандартного) відхилення прогнозованого гідрологічного явища від норми.

У практиці оцінювання справджуваності прогнозів можна використовувати два способи. Найбільш розповсюдженим є спосіб, коли прогнозу дають одну з двох можливих оцінок: 100% — прогноз повністю виправдався ($\delta \leq \delta_{don}$) або 0%, коли прогноз не виправдався ($\delta > \delta_{don}$).

За допустиму похибку для зазначених прогнозів приймають одне з ймовірних відхилень $\pm 0,674 \sigma$ або $\pm 0,674 \sigma_{\Delta}$.

Середнє квадратичне відхилення σ прогнозованого значення рівня (витрати) води та об'єму стоку від норми розраховують за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (2.20)$$

де Y_i – значення гідрологічної характеристики, яку прогнозують;

\bar{Y} – середнє багаторічне значення (норма) гідрологічної характеристики, яку прогнозують;

n – кількість членів ряду.

Допустиму похибку прогнозу максимальної витрати (рівня) води весняного водопілля визначають так:

для прогнозу, складеного до початку водопілля, за формулою:

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0,674\sigma = \pm 0,674 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (2.21)$$

де Q_i – максимальна витрата (рівень) води водопілля, $\text{м} \cdot \text{с}^{-3}$;

\bar{Q} – норма максимальної витрати (рівня) води водопілля, $\text{м} \cdot \text{с}^{-3}$;

n – кількість членів ряду.

3 Принципи роботи автоматизованого програмного комплексу «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля басейні річки Десна

3.1 Автоматичне складання оперативного прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Програма використовується для випуску територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах р. Десна, Сейм та інших лівих приток Середнього Дніпра [12-14].

Мінімальні вимоги до конфігурації комп'ютера: Windows 2000 і вище, Microsoft Office XP, з обов'язковою установкою Ms Excel, Ms Access. Монітор: дозвіл екрана не менш 800×600 точок.

Програма «СЕЙМ» створена в середовищі програмування Microsoft Visual Basic 6.0 з використанням Microsoft Office XP, що створює користувачеві додаткові зручності при роботі з програмою.

Для запуску програми необхідно запустити файл Seim.exe з директорії, в яку встановлена програма. Після запуску цього файлу відкривається діалогове вікно програмного комплексу „СЕЙМ” (рис.3.1), в якому вибирається поточний рік і дата, а потім шляхом послідовного натискування кнопок користувачеві надається можливість:

- ввести необхідну вихідну інформацію;
- здійснити розрахунок; переглянути /зберегти/, роздрукувати таблиці з вихідними даними й розрахунковими характеристиками;
- нанести на карту отримані прогнозні характеристики.

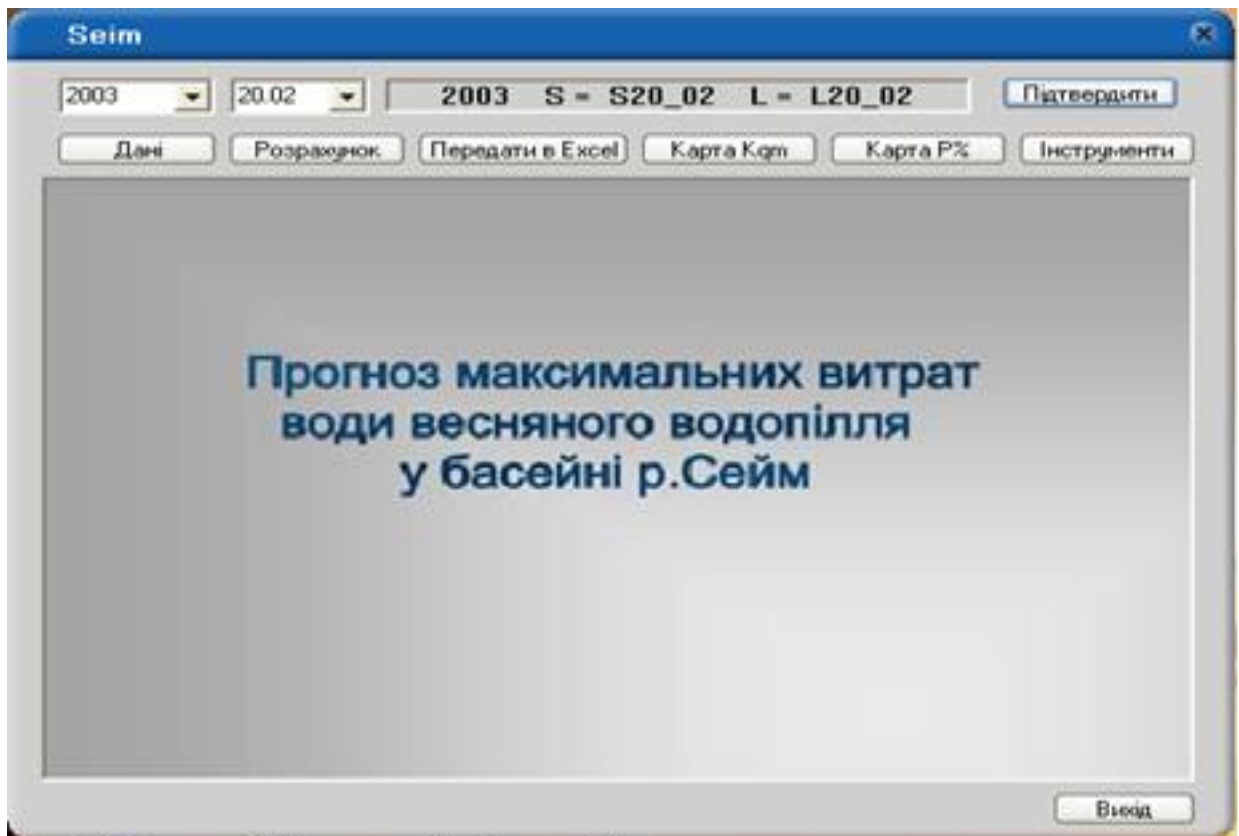


Рисунок 3.1 - Діалогове вікно програмного комплексу „СЕЙМ”

3.2 Складання бази вихідної та оперативної гідрометеорологічної інформації

При складанні довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля необхідна базова та оперативна вихідна інформація.

Складання базової інформації [14]:

а) Морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів:

- площа водозборів, F , км²;

- залісеність водозборів, $f_{л}$, в частках від площ водозборів F ;

- заболоченість водозборів, $f_{б}$, в частках від площ водозборів F ;

- географічна широта геометричних центрів водозборів φ° півн. ш. або в частках град.;

- приналежність гідрологічного поста до однорідного за умовами формування весняного водопілля району, відповідно районуванню де зберігається сталість параметрів прогнозованої схеми.

б) Середньо багаторічні величини вихідних даних:

- максимальних витрат води весняного водопілля Q_0 , м³/с або їх модулів q_0 , м³/(с·км²) – визначаються за рівняннями;

- максимальних запасів води у сніговому покриві або картосхема розподілу по території S_0 , мм;

- максимальних значень глибин промерзання ґрунтів під озимими L_0 , см;

- середньомісячних витрат води за зимові та весняні місяці, отримані як: середньо багаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років $(q_{09-01})_0$, л/(с·км²);

- 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 центрів тяжіння водозборів;

- коефіцієнтів варіації максимальних витрат води весняного водопілля на річках $(C_v)_{Q_m}$, що отримуються при статистичній обробці часових рядів стокових даних;

- величина допустимої похибки прогнозів максимальних витрат води $\delta_{\text{доп}}$, м³/с.

Оперативна гідрометеорологічна інформація поточного року включає гідрометеорологічні фактори водопілля, що входять до рівнянь дискримінантних функцій. До них відносяться [14]:

а) запаси води в сніговому покриві на дати складання прогнозів $S_{\text{ДСП}}$ і на дату їх максимального накопичення S_m , мм за даними снігомірних зйомок на метеорологічних станціях або у вигляді картосхем їх розподілу по території;

б) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунтів під озимими L , см за даними пунктів їх виміру або у вигляді картосхеми розподілу по території;

в) середньомісячні витрати води осінньо-зимового стоку по опорних створах річок з вересня попереднього по січень поточного року q_{09-01} , л/(с·км²);

е) середньомісячна температура повітря в лютому θ_{02} °С за даними метеорологічних станцій або у вигляді прогнозних величин;

ж) метеорологічний прогноз середньомісячної температури повітря в березні θ_{03} °С.

3.3 Відновлення оперативної інформації по метеостанціях і гідрологічних постах

Відновлення вихідної інформації по глибинах промерзання ґрунту здійснюється на конкретно задану дату на прикладі 2021 р. При відновленні інформації в діалоговому вікні „СЕЙМ” необхідно вибрати рік і дату, натиснути кнопку [Підтвердити], а потім натиснути кнопку [Дані], після чого відкриється діалогове вікно „Data” (рис. 3.2) [14].

Після цього натиснути кнопку [Відновити інформацію], при активній кнопці [OI_Meteo], в результаті чого заповняться дві нижні таблиці, при активній кнопці [OI_GST] - заповняться дві нижні таблиці (рис. 3.2).

2021 S = Sm L = Lm OI_Meteo OI_GST Відновити інформацію

Оперативна інформація по метеостанціях у 2021 році, при S = Sm, L = Lm

OI Meteo 2021						
Meteo_Num	Meteo	Hr1	S31_01	S05_02	S	
71	Унеча	52,67				
74	Семенівка	52,08	27	24	4	
75	Новгород-Сіверськ	52,05	27	39	3	
73	Семенівка	52,08	27	24	4	
76	Шорс	51,92				
19	Покошичі	51,83		25	5	
77	Макошине	51,50	25	26	3	
89	Нові Млини	51,50				

Відновлена інформація по метеостанціях у 2021 році, при S = Sm, L = Lm

OI Meteo 2021_A						
Meteo_Num	Meteo	Hr1	S31_01	S05_02	S	
75	Новгород-Сіверськ	52,05	27	39	3	
73	Семенівка	52,08	27	24	4	
76	Шорс	51,92				
19	Покошичі	51,83		25	5	
77	Макошине	51,50	25	26	3	
89	Нові Млини	51,50				

Key	Meteo_Num	Meteo	Hr1	Hr1 - 50	Lm	(Hr1-50)*L	(Hr1-50)^2
1	25	Рильськ	51,58	1,58	30	47,4	2,4964
2	26	Мугин	51,42	1,42	27	38,34	2,0164
3	29	Беседіне	51,67	1,67	37	61,79	2,7889

Лрас = K1 + K2 * (Hr1-50) K1 = 31,174157224834 K2 = -3.66799883726859 Вихід

Рисунок 3.2 - Діалогове вікно „Data” з відновленою інформацією по гідрологічних постах на задану дату 2021 р.

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 глибинах промерзання ґрунту на задану дату заноситься до відповідної таблиці (наприклад, OI Meteo 2021_A) (табл. 3.1), а по величинах q_{09_01} – до табл. OI GST 2021_A (табл. 3.2) програми.

Таблиця 3.1 - Вихідна інформація по метеостанціях в басейні р. Десна у 2021 р.

Вихідна інформація по метеостанціях - 2021 рік																		
Key	Meteo_Num	Meteo	Hr 1	S 31.01	S 05.02	S 10.02	S 15.02	S 20.02	S 25.02	S 28.02	S Sm	L 31.01	L 10.02	L 20.02	L 28.0	Lm	T2	T3
1	25	Рильськ	51,58								70	15	25	30		30	-13,2	3,0
2	26	Мутин	51,42	29	25	37	62	55	58	42	62	13	2	27		27	-13,5	3,0
3	29	Беседіне	51,67								62	28	27	37		37	-12,5	3,0
4	31	Курск	51,67								70	29	30	37		37	-12,8	3,0
5	39	Фатіж	52,08									30	32	35		35	-14,3	3,0
6	40	Шарпівка	51,50	22	21	39	59	59	62	42	59	8	7	25		25	-13,6	3,0
7	78	Понірі	52,50								60	24	39	29		39	-13,9	3,0
8	79	Желзногірськ	52,42								60	27	39	32		39	-12,9	3,0
9	80	Тім	51,92								60	27	25	39		39	-13,5	3,0
10	81	Льгів	51,67								60	22	28	28		28	-13,0	3,0
11	82	Тім	51,67								60	27	25	39		39	-12,5	3,0
12	83	Глухів	51,83	15	19	25	54		60	26	60	5	5	25		25	-13,4	3,0
13	88	Білопілля	51,25	10		36	42	57	46		57					26 589		3,0
14	100	Бог.Феніне	51,08								60	29	22	42		42	-11,5	3,0
15	2	Спас-Деменський	54,42								90	12	10	12		12	-14,9	3,0
16	3	Рославль	53,83									13	14	15		15	-13,2	3,0
17	4	Жиздра	53,75									14	14	14		14	-14,8	3,0
18	5	Сухиничі	54,08								90	14	15	14		15	-14,6	3,0
19	6	Жуківка	53,50								90	16	16	17		17	-14,1	3,0
20	7	Брянськ	53,25								90	15	15	16		16	-13,3	3,0
21	8	Розльоти	51,83	23	22	39	72	76	75	51	76					24 462	-13,2	3,0
22	9	Псур	53,42								80	15	14	16		16	-14,8	3,0
23	10	Карачів	53,17								85	15	14	15		15	-13,9	3,0
24	11	Навля	52,75									18	18	20		20	-12,8	3,0
25	12	Радогощ	52,50								83	22	23	24		24	-12,8	3,0
26	13	Ново-Ямське	52,17									15	18	24		24	-13,1	3,0
27	72	Трубчевськ	52,58								88	16	9	18		18	-13,0	3,0
28	70	Унеча	53,00								88	18	13	20		20	-12,6	3,0
29	71	Унеча	52,67								82	18	13	20		20	-12,6	3,0
30	74	Семенівка	52,08	27	24	43	82		85	58	85	21	1	10		10	-13,1	3,0
31	75	Новгород-Сіверський	52,05	27	39	35	83	83	84	66	84	0	1	6		6	-13,2	3,0
32	73	Семенівка	52,08	27	24	43	82		85	58		21	1	10		10	-13,1	3,0
33	76	Щорс	51,92								86					24 132		3,0
34	19	Покошичі	51,83		25	50	80	90	96	56	90	0	3	14		14	-13,1	3,0
35	77	Макошине	51,50	25	26	36	79	74	73	70	79	21	1	20		20	-12,4	3,0
36	89	Нові Млини	51,50								79					25 672		3,0

Таблиця 3.2 - Оперативна інформація по гідрологічних постах в басейні р. Десна у 2021 р.

Оперативна інформація по гідрологічних постах у - 2021 рік					
Key	GST_Num	GST	Q09_01	Qm	Ym
1	24	Сейм-м.Ришкове	1,49	70,2	
2	25	Сейм-м.Рильськ	1,04	136,0	
3	26	Сейм-м.Мутин	1,01	136,0	
4	31	Тускар-м.Курськ	2,06	23,6	
5	38	Свапа-ст.Город	0,827047		
6	40	Клевень-с.Шарпівка	1,7	14,0	
7	3	Десна-м.Брянськ	2,63	344,0	
8	4	Десна-с.Разльоти	1,52	359,0	
9	9	Болва-д.Псур	2,77	297,0	
10	15	Судость-д.Погар	1,04	41,0	
11	20	Снов-с.Щорс	1,58	66,3	

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.

Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна здійснюється за [15,16].

4. Територіальний довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна при використанні прогностичного комп'ютерного комплексу «Сейм»

Для випуску територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах рр. Десна, Сейм та інших лівих приток Середнього Дніпра використаний прогностичний комп'ютерний комплекс «Сейм». Блок-схема складання довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля представлена на рис. 4.1.



Рис. 4.1 - Блок-схема складання довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах р.Десна, Сейм та інших лівих приток Середнього Дніпра

4.1 Методика довгострокового прогнозування прогноз максимальних витрат води весняного водопілля

На дати випуску прогнозів 10, 20, 28 лютого та в дати максимальних снігових запасів (а також в інші дати) здійснюється складання довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річках розглядуваної території.

Етапи випуску прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля:

а) складання альтернативного (якісного) прогнозу типу водності майбутнього весняного водопілля виконується з урахуванням знаку лінійної дискримінантної функції DF.

Коефіцієнти рівнянь наведені в табл. 4.1 відповідно району приналежності гідрологічного поста до річкового басейну. За знаком дискримінантної функції встановлюється якісний (альтернативний) прогноз висоти майбутнього водопілля:

- дискримінантна функція $DF_1 > 0$ – максимальні витрати води будуть більшими за середньо багаторічні значення (ситуація 1);
- за $DF_1 \leq 0$, а $DF_2 \geq 0$ – максимальні витрати води весняних вод очікуються близьким до середньо багаторічних їх значень (ситуація 2);
- за $DF_1 < 0$ і $DF_2 < 0$ – максимальні витрати води водопілля прогнозуються меншим за середньо багаторічні їх значення (ситуація 3);

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій

$$DF = a_0 + a_1 k_S + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}^0$$

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

Умовні позначення до табл.4.1:

k_S – модульний коефіцієнт максимальних запасів води в сніговому покриві;

k – модульний коефіцієнт середнього модулю стоку осінньо-зимового періоду;

k_L – модульний коефіцієнт глибини промерзання ґрунтів;

θ_{02}^0 - температура повітря лютого ($^{\circ}\text{C}$).

б) прогноз величин модульних коефіцієнтів k_{qm} здійснюється на дату його складання за регіональними залежностями табл. 4.2, відповідно району приналежності гідрологічного поста і знаком дискримінантної функції DF;

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти поліному

$$k_{qm} = b_0 + b_1 k_S + b_2 k_S^2 + b_3 k_S^3$$

Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
Басейн р. Десна (вище впадіння р. Сейм) і р. Снов				
DF1>0	0,0412	-0,258	2,58	-0,66
DF1≤0; DF2≥0	0,036	-0,198	1,07	-0,0563
DF1<0; DF2<0	-0,04	0,462	-0,462	0,385
Басейни рр. Сейм, Сула, Псьол, Ворскла				
DF1>0	0,06	0,487	0,753	0,486
DF1≤0; DF2≥0	0,03	-0,06	0,61	0,04
DF1<0; DF2<0	0,04	-0,25	0,45	-0,03

в) здійснюється перехід від прогнозних максимальних модульних коефіцієнтів k_{qm} до значень максимальних витрат води Q_m , $\text{м}^3/\text{с}$ за рівнянням

$$Q'_m = k_{qm} * q_0 * K_{Q_{2010}} * F, \quad (4.1)$$

де q_0 – середньо багаторічні величини максимальних модулів весняного водопілля, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

$K_{Q_{2010}}$ – коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобагаторічних величин максимальних витрат води за період до 2010 р. і наступні роки, що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Q_{2010}} = 0,929 - 0,022(\varphi^0 - 50) \quad (4.2)$$

г) встановлення забезпеченості прогнозованих максимальних витрат води весняного водопілля здійснюється за таблицею трипараметричного гама-розподілу С. Н. Крицького і М. Ф. Менкеля за очікуваним k_q і значеннями коефіцієнтів варіації максимальних витрат води $(C_V)_{Q_m}$ при $C_S = 2,5C_V$. За відсутності часових рядів стокових на річках величина $(C_V)_{Q_m}$ одержується за регіональним рівнянням. Забезпеченість прогнозних величин Q_m надається у вигляді інтервалу $P\%$.

д) формою представлення прогнозів величин максимальний модульний коефіцієнтів весняного водопілля річок та їх забезпеченості у багаторічному періоді є картосхеми розподілу ізоліній цих величин;

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

Величина похибки прогнозу δ , $\text{м}^3/\text{с}$ визначається за рівнянням

$$\delta = Q_m - Q'_m \quad (4.3)$$

де Q_m і Q'_m – спостережені і прогнозні значення максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля, $\text{м}^3/\text{с}$.

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

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

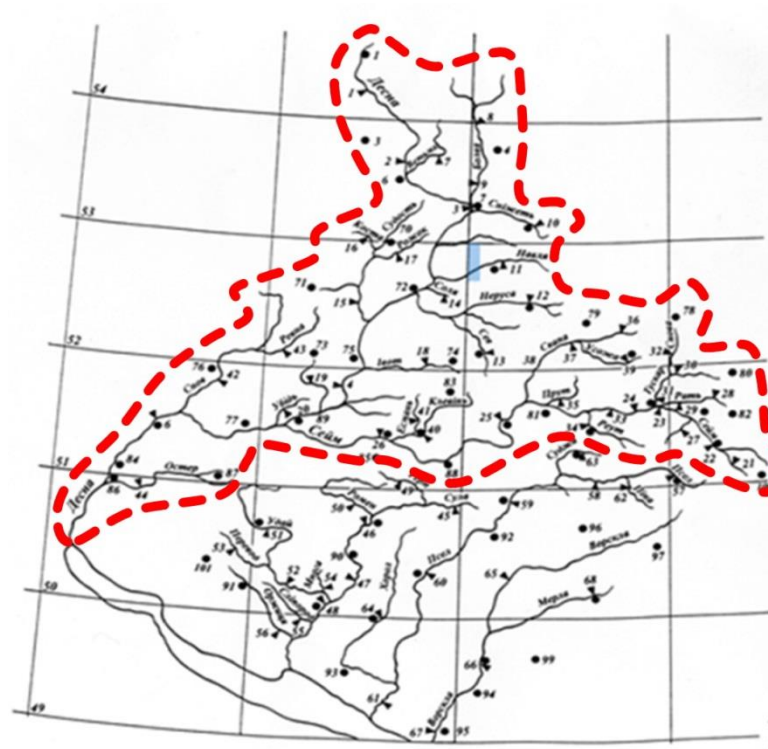
$$\delta_{\text{доп.}} = 0,0147F. \quad (4.4)$$

4.2 Результати довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2020- 2021 р.

Довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля та автоматична побудова картосхем очікуваних максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля та їх забезпеченості ведеться для опорних гідрологічних створів, кількість яких замикає 20 водозборів. Такі гідрологічні пости охоплюють діапазони водозбірних площ від 2380 км² (р. Тускар - м. Курськ) до 36300 км² (р. Десна - м. Розльоти). По території вони розміщені порівняно рівномірно, що видно з рис.4.2.

З метеорологічних величин, які використовуються при прогнозуванні максимальних витрат води весняного водопілля враховуються: температура повітря, атмосферні опади, запаси води в сніговому покриві. На досліджуваній території діє 27 метеорологічних станцій, які ведуть спостереження за опадами і температурою повітря.

Визначення запасів води в сніговому покриві на водозборах відбувається за даними 57 метеорологічних станцій та постів (рис.4.2), які проводять снігомірні зйомки на стандартних снігомірних маршрутах на відкритий місцевості та у лісі. Снігомірні пункти розміщені по площі рівномірно.



▼ – гідрологічні пости; ● – метеорологічні станції

Рисунок 4.2 - Гідрометеорологічна мережа спостережень в басейні Десни та інших лівих приток Середнього Дніпра.

Використовуються й дані агрометеорологічних спостережень – глибини промерзання ґрунтів. На розглядуваній території спостереження за промерзанням ґрунтів ведуться на метеорологічних станціях.

Отримання оперативної інформації гідрометеорологічних спостережень ведеться при використанні комп'ютерної системи «Автоматизоване робоче місце» (АРМ гідро) через мережу Інтернет [7]. Інформація про метеостанціях за 2021 рік представлена в табл. 3.1, а по гідрологічних постах – в табл. 3.2.

Складання довгострокових прогнозів максимальних витрат води водопілля та встановлення їх забезпеченості в автоматичному режимі виконувалося на дати прогнозів 10, 20, 28 лютого та в дату максимальних снігових запасів. Таблиці результатів прогнозів (в дату прогнозу максимальних снігових запасів) наведені в табл. 4.3.

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

Key	Gst_Num	Gst	F	SR	qOSi	Lli	T 2	T 3	DF1	DF2	Kqm	P%	QRm
1	3	Десна - м. Брянськ	13700	93	2,63	15	-14,1	3	-10,29	-7,16	0,35	87	323,17
2	4	Десна - с. Розльоти	36300	89	1,52	17	-13,3	3	-11,63	-7,88	0,4	89	377,33
3	9	Болва - д. Псур	3210	92	2,77	14	-14,8	3	-9,48	-6,59	0,33	99	78,44
4	15	Судость - д. Погар	5180	87	1,04	20	-12,6	3	-11,87	-7,63	0,45	80	173,4
5	20	Снов - с. Щорс	7140	85	1,58	18	-13,1	3	-13,84	-8,46	0,59	63	192,72
6	24	Сейм - м. Ришкове	7460	62	1,49	39	-12,8	3	-3,84	-3,4	0,11	98	65,43
7	25	Сейм - м. Рильськ	18100	63	1,04	37	-12,8	3	-5,01	-4,32	0,12	99	100,68
8	26	Сейм - м. Мутин	25600	62	1,01	33	-13	3	-5,49	-4,8	0,11	96	108,43
9	31	Тускар - м. Курськ	2380	60	2,06	39	-13,5	3	-2,36	-2,77	0,07	99	20,08
10	38	Свапа - ст. Город	3690	61	0,83	37	-12,9	3	-4,44	-4,53	0,08	99	31,49
11	40	Клевень - с. Шарпівка	2440	60	1,7	25	-13,4	3	-6,75	-5,18	0,14	91	18,23

4.3 Побудова карто-схем очікуваних модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості у багаторічному розрізі

На кожну дату складання прогнозів максимальних витрат води водопіль були автоматично побудовані картосхеми очікуваних максимальних модульних коефіцієнтів та їх забезпеченості.

Розподіл по території прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля 2021 р. (рис 4.3). В басейні р. Десна модульний коефіцієнт збільшується в межах у західному напрямку від 0,2 до 0,6 (без р. Сейм). В басейні річки Сейм спостерігається збільшення величин коефіцієнта в напрямку гирла від 0,1 до 0,3. В басейнах Сула, Псел та Ворскла модульний коефіцієнт змінюється від 0,1 до 0,3.

Аналізуючи карту прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля можна сказати, що в цілому максимальні витрати води будуть нижче за норму, особливо в центральних та східних частинах басейну.

Таким чином, розподіл по території прогнозних величин k_{qm} у 2021 відбувається у напрямку з північного заходу від 1,4 – 1,0 на південь і південний захід до 0,2- 0,6. Розподіл забезпеченостей прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля (P %) простежується при низької забезпеченості 80-90% і нижче (рис. 4.4).

Побудовані картосхеми прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів дають можливість оцінити розміри майбутнього водопілля, одразу на великій території, а картосхеми забезпеченості – повторюваність величини максимальних витрат води водопілля у багаторічному розрізі.

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.

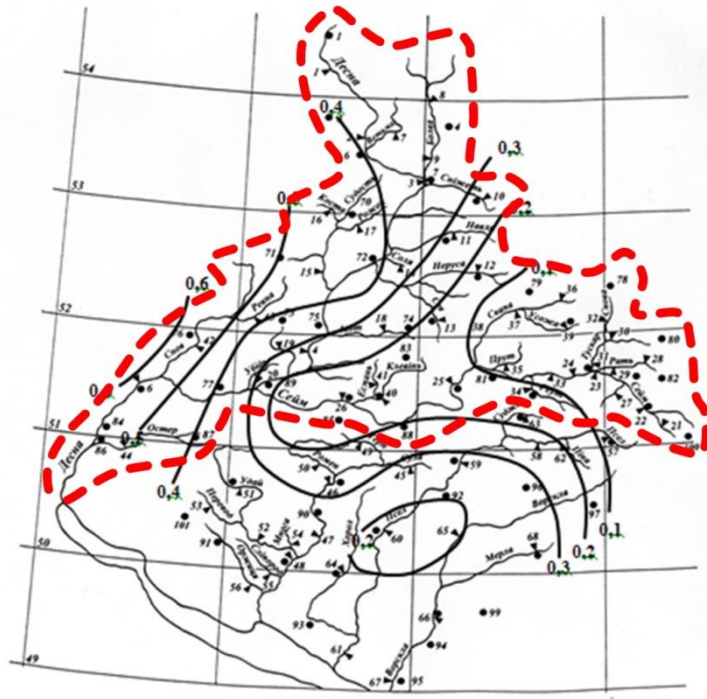


Рисунок 4.3 – Розподіл по території прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля 2020-2021 р.

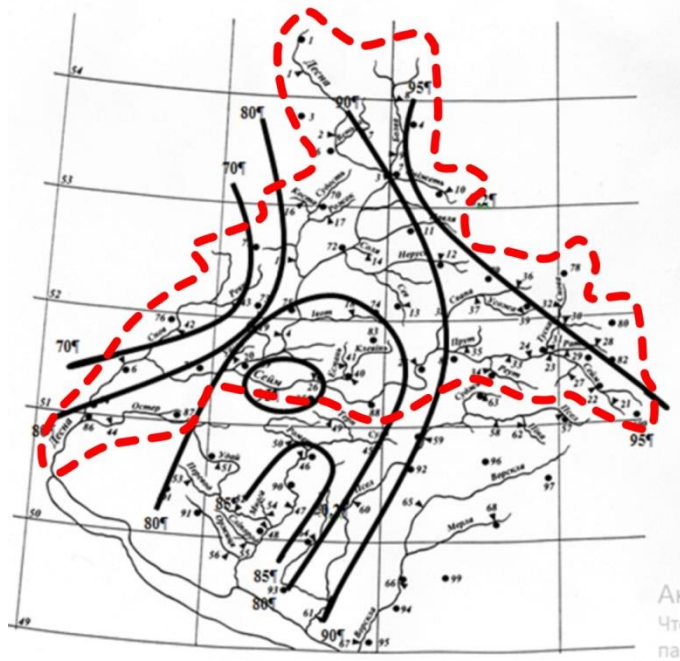


Рисунок 4.4 - Розподіл по території забезпеченості ($P\%$) прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р.

4.4 Оцінка прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля

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	Sigma Q	ddop	Qm	QRm	dQ	KR
1	3	Десна - м. Брянськ	13700	702	473	344	323	20,8	0,04
2	4	Десна - с. Розльоти	36300	654	441	359	377	-18,3	0,04
3	9	Болва - д. Псур	3210	115	77,5	297	78,4	219	2,82
4	15	Судость - д. Погар	5180	273	184	41	173	-132	0,72
5	20	Снов - с. Щорс	7140	255	172	66,3	193	-126	0,74
6	24	Сейм - м. Ришкове	7460	457	308	70,2	65,4	4,77	0,02
7	25	Сейм - м. Рильськ	18100	665	448	136	101	35,3	0,08
8	26	Сейм - м. Мутин	25600	676	456	136	108	27,6	0,06
9	31	Тускар - м. Курськ	2380	177	119	23,6	20,1	3,52	0,03
10	38	Свапа – ст. Город	3690	235	158	***	31,5	***	***
11	40	Клевень – с. Шарпівка	2440	81	54,6	14	18,2	-4,23	0,08

В цілому прогнози максимальних витрат води весняного водопілля на річках розглядуваної території у 2021 р. є справджуваними – критерій якості прогнозу на дату прогнозу KR, обчислений як $dQ/ddop$ змінюється від 0,01 до 0,74, тобто прогноз вважається відмінним, добрим чи задовільним. Виключення є створ р. Болва – д. Псур, де прогноз максимальних витрат води є невиправданим, для якого величина KR більша за одиницю, $KR = 2,82$. Забезпеченість допустимої похибки довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р. становить 95 %.

Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Болва – с. Псур і р. Сейм – с. Мутин за період формування весняного водопілля 2020-2021 р. представлені на рис. 4.5 і рис.4.6.

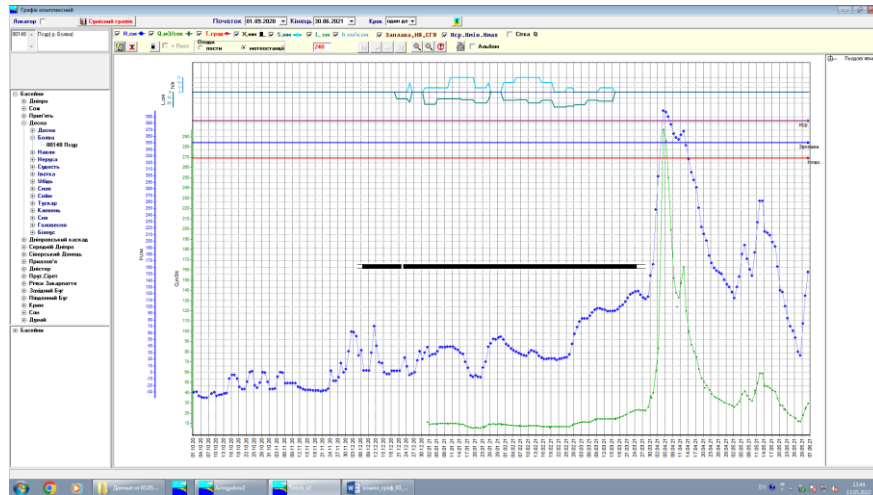


Рисунок 4.5 Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Болва – с. Псур за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.

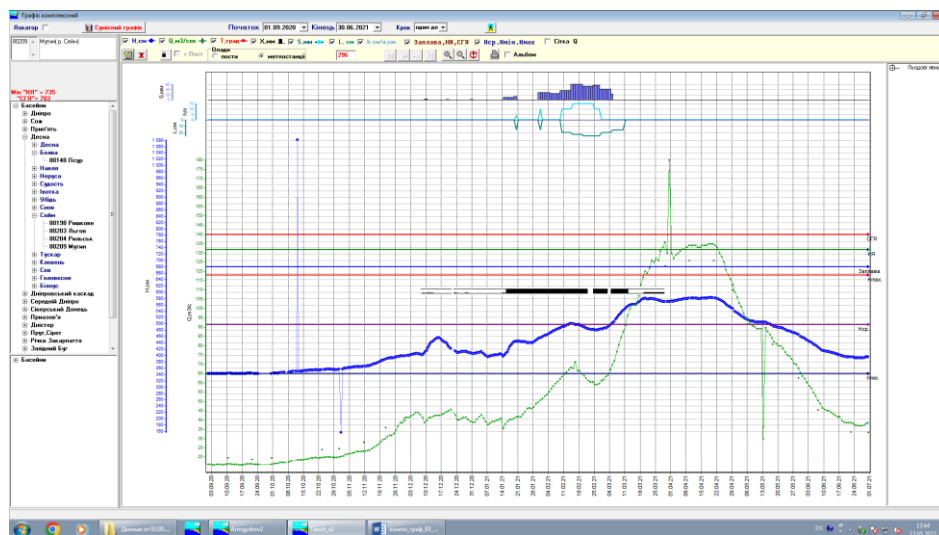


Рисунок 4.6 Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик р. Сейм – с. Мутин за період формування весняного водопілля 2020-2021 р.

Результати територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах рр. Десна, Сейм та інших лівих приток Середнього Дніпра при використанні прогностичного комп'ютерного комплексу «Сейм» представлені в роботі [17].

Висновки

В результаті виконання роботи здійснено територіальне довгострокове прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Десна. При цьому здійснений аналіз природних умов та гідрометеорологічні чинників формування стоку в басейні р. Десна, опрацьовані принципи роботи автоматизованих комплексів «АРМ – гідро» та «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля. Основні висновки наступні.

1. Річка Десна це найбільша лівобережна притока р. Дніпра. Басейн річки Десни являє собою підвищену, слабо хвилясту рівнину з загальною висотою над рівнем моря близько 200 м і невеликим похилом. Клімат на даній території помірно континентальний - з теплим літом і помірно холодною зимою.

Формування ґрунтового покриву зони повсюдно відбувається в умови підвищеного або надмірного зволоження. Основний фон ґрунтів (до 75%) складають дерново-підзолисті ґрунти різного механічного складу.

Рослинність залежить головним чином від фізико-географічних особливостей басейну. В межах даної території переважна роль належить сосновим і широколистяно-сосновим лісам. Залісеність басейнів досягає 96% (Соля-с. Мальцево), заболоченість - до 11% (Первод-с. Сосинівка).

Водний режим річок даної території характеризується досить високим весняним водопіллям, яке може проходити кількома піками. Опади у вигляді снігу формують від 40 до 80% річного стоку

По досліджуваній території гідрологічні пости розміщені порівняно рівномірно у кількості 44 гідрологічних поста. В басейнах річок діють 27 метеорологічних станцій, які ведуть спостереження за опадами, температурою повітря і промерзання ґрунтів.

2. Були зібрані й занесені у програму дані снігозапасів, промерзання ґрунту, температури повітря й витрат води у 2020-2021 та 2021-2022 роках, виконане відновлення інформації при пропусках спостережень.

3. Методика прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля у басейні річки Десна заснована на регіональних залежностях між максимальними модульними коефіцієнтами та максимальними запасами води в сніговому покриві перед весняним водопіллям, встановленні типу водності весни за дискримінантною функцією.

4. Комплекси АРМ - гідро дозволяє забезпечити безперервне отримання поточної гідрологічної і метеорологічної інформації на мережі Державної Гідрометслужби, автоматизувати технологію обробки і представлення гідрологічних та метеорологічних даних.

Автором у цій роботі було побудовано у системі АРМ - гідро карти висоти снігу та запасів води у сніговому покриву на території України у 2021 і 2022 рр. , графіки ходу рівнів води у басейні р. Десна й витрат води у басейні р. Десна. З Українського гідрометцентру були отримані дані (таблиці і карти) середньомісячних температур повітря і глибини промерзання ґрунтів у 2021 і 2022 рр.

5. Автоматизований програмний комплекс «СЕЙМ» для прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля дозволяє в автоматичному режимі здійснювати збір вихідної інформації, її відновлення при пропусках спостережень, прогнозувати максимальні витрати води весняного водопілля в басейні р. Десна і встановлювати ймовірність їх настання у багаторічному періоді.

6. Були проаналізовані основні гідрометеорологічні чинники весняного водопілля, до яких відносяться – глибина промерзання ґрунту, вологість ґрунту, снігозапаси, величина опадів у період водопілля, хід температур, витати води і т. д.

7. Проаналізовано гідрометеорологічна ситуація, що склалася в басейні р. Десна у продовж осінньо-зимового періоду 2020-2021 рр. і 2021-2022 р.

8. Був складений довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р., встановлено ймовірність прогнозних величин у багаторічному періоді та представлено прогнозні величини у

картографічному вигляді при використанні прогностичного комплексу «Сейм».

Аналізуючи карту прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля 2020-2021р. можна сказати, що в цілому максимальна витрата води буде нижче за норму, особливо в центральних та східних частинах басейну. Розподіл по території прогнозних величин k_{qm} у 2021 відбувається у напрямку з північного заходу від 1,4 – 1,0 на південь і південний захід до 0,2- 0,6.

Розподіл забезпеченостей прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля ($P\%$) простежується при низькій забезпеченості – 80-90% і нижче.

9. Оцінка оперативних прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля у 2020-2021 р. В цілому прогнози максимальних витрат води весняного водопілля на річках розглядуваної території у 2021 р. є справджуваними – критерій якості прогнозу на дату прогнозу, обчислений як змінюються від 0,01 до 0,74, тобто прогноз вважається відмінним, добрим чи задовільним. Забезпеченість допустимої похибки довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2020-2021 р. становить 95 %.

Література

1. Ресурсы поверхностных вод СССР Т.6. Украина и Молдавия. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье / [под ред. М.С.Каганера]. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
2. Вишневський В. І. Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с
3. Швєбс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
4. Електронний атлас України <http://geomap.land.kiev.ua/>
5. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
6. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
7. Методичні вказівки до чергувань з дисципліни «Гідрологічні прогнози» по темі: «Керівництво роботи з автоматизованим робочим місцем гідролога-прогнозіста АРМ-гідро», 2012. 59 с.
8. Шевченко П.О. Аналіз умов формування стоку весняного водопілля 2020-2021 р. в басейні р. Десна при використанні даних автоматизованого комплексу АРМ-гідро. *Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 19-23 квітня 2021р., ОДЕКУ, Одеса. 2021. С.171–172.*
9. Лобода Н.С. Гідрологічні прогнози: конспект лекцій. Одеса: Видавництво «ТЭС», 2009. 172 с.
10. Шакірзанова Ж.Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: конспект лекцій. Одеса: Вид-во ТЕС, 2010. 154 с.
11. Шакірзанова Ж.Р., Бурлуцька М.Е. Гідрологічні розрахунки і прогнози: конспект лекцій. Одеса: Вид. ТЕС, 2017. 156 с.

12. Шакірманова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 252 с.

13. Шакірманова Ж.Р., Докус А.О., Сербова З.Ф., Швець Н.М. Комплексний метод довгострокового прогнозування гідрологічних характеристик весняного водопілля річок : Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології : монографія / за ред. В.І. Осадчого та ін. Київ: Ніка-Центр, 2019. С.58 – 74. ISBN 978-966-7067-39-7

14. 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.

15. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ. Київ.: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.

16. Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші / Керівний документ. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2015. 70 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.*

18. Електронна бібліотека ОДЕКУ www.library-odeku.16mb.com

19. Репозитарій ОДЕКУ <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>